

(19)



Europäisches Patentamt

European Patent Office

Office européen des brevets



(11)

EP 0 899 020 B1

(12)

EUROPÄISCHE PATENTSCHRIFT

(45) Veröffentlichungstag und Bekanntmachung des
Hinweises auf die Patenterteilung:
29.09.2004 Patentblatt 2004/40

(51) Int Cl.7: **B05B 12/12**

(21) Anmeldenummer: **98113602.1**

(22) Anmeldetag: **21.07.1998**

(54) **Verfahren zur Erkennung von Werkstücken in einer elektrostatischen Beschichtungsanlage und eine elektrostatische Beschichtungsanlage**

Method for detecting the presence of a workpiece in an electrostatic coating installation and electrostatic coating installation

Procédé de détecter la présence d'une pièce dans une installation de revêtement électrostatique et installation de revêtement électrostatique

(84) Benannte Vertragsstaaten:
CH DE FR GB IT LI

(30) Priorität: **01.09.1997 DE 19738142**

(43) Veröffentlichungstag der Anmeldung:
03.03.1999 Patentblatt 1999/09

(73) Patentinhaber: **WAGNER INTERNATIONAL AG**
9450 Altstätten (CH)

(72) Erfinder:
• **Seitz, Kurt**
9443 Widnau (CH)

• **Hasler, Markus**
9462 Montlingen (CH)
• **Adams, Horst Dr.**
9016 St. Gallen (CH)

(74) Vertreter: **Liesegang, Roland, Dr.-Ing. et al**
FORRESTER & BOEHMERT
Pettenkoferstrasse 20-22
80336 München (DE)

(56) Entgegenhaltungen:
US-A- 3 851 618 **US-A- 4 284 032**
US-A- 4 324 812

EP 0 899 020 B1

Anmerkung: Innerhalb von neun Monaten nach der Bekanntmachung des Hinweises auf die Erteilung des europäischen Patents kann jedermann beim Europäischen Patentamt gegen das erteilte europäische Patent Einspruch einlegen. Der Einspruch ist schriftlich einzureichen und zu begründen. Er gilt erst als eingelegt, wenn die Einspruchsgebühr entrichtet worden ist. (Art. 99(1) Europäisches Patentübereinkommen).

Beschreibung

[0001] Die Erfindung betrifft ein Verfahren zum Erkennen von Werkstücken in einer elektrostatischen Beschichtungsanlage sowie eine elektrostatische Beschichtungsanlage, bei der dieses Verfahren angewendet werden kann.

[0002] Herkömmliche automatische Beschichtungsanlagen werden über speicherprogrammierbare Steuerungen (SPS) gesteuert. Hierfür ist eine zentrale Recheneinheit vorgesehen, von der aus eine Vielzahl von elektrischen und pneumatischen Leitungen zu Sensoren und Stellgliedern (oder Aktoren) der Anlage gehen.

[0003] Die aktuellen Zustände der Sensoren (z.B. Fördertakt des Werkstücks, Füllstand der Vorratsbehälter etc.) werden zyklisch von der Zentraleinheit erfaßt, die notwendigen Reaktionen der zugehörigen Stellglieder werden jeweils errechnet, und entsprechende Steuerbefehle werden an die Stellglieder weitergeleitet.

[0004] Bei den üblichen elektrostatischen Pulverbeschichtungsanlagen läuft ein Werkstück in horizontaler Richtung durch eine Beschichtungskabine, in deren Seitenwand vertikale Schlitze vorgesehen sind. Durch diese Schlitze geben elektrostatische Beschichtungspistolen Beschichtungspulver in die Beschichtungskabine ab. Während das Werkstück durch die Beschichtungskabine geführt wird, bewegen sich die hintereinander angeordneten, mehreren Beschichtungspistolen in vertikaler Richtung auf und ab, wobei das Werkstück durch die Werkstückbewegung in der Horizontalen und der Vertikalen mit mehreren aneinander angrenzenden oder sich teilweise überdeckenden sinusförmigen Pulverschwadern beschichtet wird.

[0005] Um eine gleichmäßige und ausreichende Beschichtungsdicke auf dem Werkstück zu erhalten und um den Wirkungsgrad beim Pulverauftrag zu optimieren, werden der Vertikalhub der Beschichtungsgeräte sowie die Pulverabgabe gesteuert. Zusätzlich wird der Abstand zwischen Beschichtungsgerät und Werkstück in der Sprühhichtung eingestellt, um zu vermeiden, daß bei einem zu geringen Abstand das Pulver wieder abgeblasen wird oder sich elektrostatische Krater bilden bzw. daß sich im umgekehrten Fall der Wirkungsgrad der Pulverbeschichtung verschlechtert und z.B. das Eindringvermögen in Hohlräume abnimmt.

[0006] Zu diesem Zweck haben bekannte Pulverbeschichtungsanlagen eine Teileerkennungs- und Identifikationseinrichtung sowie eine Zeitgebereinrichtung.

[0007] Die Teileerkennung wird zum Beispiel in Lackieranlagen zur Realisierung einer Lückensteuerung verwendet. Dabei wird in Werkstücklücken die Förderung und somit das Auftragen von Pulverlack oder Naßlack unterbrochen. Dadurch reduziert sich der Verbrauch an Beschichtungsstoffen, die Abfallmenge bei Naßlacken und der rezirkulierte Anteil bei Pulverlacken. Der prinzipielle Aufbau einer Lückensteuerung des Standes der Technik ist in Figur 9 gezeigt.

[0008] Eine Werkstückfördervorrichtung 902 trans-

portiert Werkstücke 904 durch eine Beschichtungskabine 901 in der gezeigten Richtung. Zur Realisierung der Lückensteuerung wird eine Vorrichtung zur Erkennung eines Werkstücks 904 benötigt. Diese besteht aus einer Lichtschranke 906 oder 906', 908, wobei Licht vom Lichtsender 906 oder 906' gesendet und vom Empfänger 908 empfangen wird, und wobei entsprechende Signale an eine Steuerung 912 weitergeleitet werden.

[0009] Die Lichtschranke liegt vornehmlich außerhalb der Beschichtungskabine 901. Für die zeitverzögerte Steuerung der Materialförderung benötigt die Steuerung 912 ein zusätzliches Signal, das proportional zur Geschwindigkeit der Fördervorrichtung 902 ist. Dieses Signal kommt nun direkt von einer Fördersystem-Steuerung 915, oder es wird mit einer speziellen Einrichtung 913 zur Messung der Fördergeschwindigkeit ermittelt. Diese Geschwindigkeitsmessvorrichtung erzeugt ein zur Fördergeschwindigkeit proportionales Signal und leitet es zur Steuerung 912. Die Steuerung 912 bestimmt aus der Geschwindigkeitsinformation und dem Signal von der Lichtschranke 806, 908 die Zeit, die das Werkstück 904 benötigt, um bis zur Sprühhvorrichtung 905 zu gelangen.

[0010] Die Lichtschranke 906, 908 "informiert" die Steuerung 912 auch von dem Ende eines Werkstücks. Damit hat man nun eine Einrichtung die das Einfahren eines Werkstücks 904 in die Kabine 901 erkennt, dessen Länge ermittelt und zeitverzögert, abhängig von der Geschwindigkeit des Förderers 902, die Materialförderung 910, 911 ein- und ausschalten kann.

[0011] Zur Steuerung der Beschichtungsgeräte sind im Stand der Technik weiterhin eine Positionssteuereinrichtung und eine Bewegungssteuereinrichtung vorgesehen, die ebenfalls die Information über Anfang, Ende und Geschwindigkeit des Werkstücks benötigen. Die Positionssteuereinrichtung steuert die Abstände der Beschichtungsgeräte zu den Werkstücken. Die Bewegungssteuereinrichtung steuert den Vertikalhub der Beschichtungsgeräte.

[0012] Die Beschichtungsanlage erfordert einen großen Rechenaufwand, um die mehreren Beschichtungsgeräte aufeinander abgestimmt so ein- und auszuschalten, auf und ab sowie vor und zurück zu bewegen, daß ein optimales Beschichtungsergebnis erhalten wird.

[0013] Ferner ist für die Teileerkennung und -identifikation eine relativ komplexe und teure optische Erfassungsvorrichtung notwendig.

[0014] Das U.S. Patent 4,324,812 beschreibt eine Pulverbeschichtungsanlage, bei welcher der Sprühstrom erfaßt wird, um abhängig von dem Sprühstrom den Pulvermassenstrom, der an ein zu beschichtendes Werkstück abgegeben wird, zu steuern. Dem Patent liegt die Erkenntnis zugrunde, daß kleinere zu beschichtende Flächen das elektrische Feld konzentrieren, so daß ein höherer Strom gezogen wird, während größere Flächen weniger Strom ziehen. Daraus folgt, daß kleinere Flächen stärker beschichtet werden als größere Flächen. Um dem entgegenzuwirken, ist in dem ge-

nannten U.S. Patent vorgesehen, daß bei einer Abnahme des Sprühstroms der Pulvermassenstrom erhöht wird, während bei einer Zunahme des Sprühstroms der Pulvermassenstrom gesenkt wird. Ein Verfahren oder eine Vorrichtung zur Teileerkennung und -identifikation ist in dieser Druckschrift nicht beschrieben.

[0015] Der Erfindung liegt die Aufgabe zugrunde, ein Verfahren zum Erkennen eines Werkstücks in einer elektrostatischen Beschichtungsanlage und eine neue Beschichtungsanlage anzugeben, bei denen der Hardware- und Softwareaufwand für die Teileerkennung und -identifikation verringert und die Steuerung vereinfacht werden kann.

[0016] Diese Aufgabe wird durch ein Verfahren mit den Merkmalen des Anspruchs 1 sowie eine Beschichtungsanlage mit den Merkmalen von Anspruch 7 gelöst.

[0017] Die Erfindung nutzt die Tatsache aus, daß in einem elektrostatischen Beschichtungsgerät eine Hochspannungselektrode oder Sprühelektrode, elektrostatische Ladungen an die Umgebung abgibt, welche einen elektrischen Sprühstrom von der Hochspannungselektrode durch die Luft zur Erde erzeugen, und zwar unabhängig davon, ob gleichzeitig von dem Beschichtungsgerät ein Beschichtungsmaterial an das Werkstück abgegeben wird oder nicht. Wenn ein elektrisch leitendes, geerdetes Werkstück vor dem Beschichtungsgerät vorbeigeführt wird, fließt der elektrische Sprühstrom von der Hochspannungselektrode durch das Werkstück zur Erde.

[0018] Beim Annähern des Werkstücks an die Sprühpistole steigt der Sprühstrom kontinuierlich an (siehe Figur 2). Befindet sich nun die Sprühelektrode auf gleicher Höhe wie das Werkstück, so ändert sich der Sprühstrom nur noch unwesentlich. Die Erhöhung des Sprühstroms wird für die Teileerkennung ausgenutzt. Messungen haben belegt, daß der Gesamtstrom der durch die Elektrode fließt zum größten Teil vom Abstand zwischen Sprühelektrode und Werkstück bestimmt wird, sowie von der eingestellten Hochspannung.

[0019] Die Messung des Sprühstroms kann daher als Mittel zur Erkennung eines Werkstücks vor dem Beschichtungsgerät verwendet werden. Gemäß der Erfindung wird abhängig von der Größe des Sprühstroms der Betrieb des Beschichtungsgerätes gesteuert.

[0020] Die im Stand der Technik übliche optische Werkstückerkennung kann dadurch ganz entfallen.

[0021] Durch Definieren geeigneter Schwellwerte kann erkannt werden, ob sich das Werkstück an das Beschichtungsgerät annähert, sich vor diesem befindet oder ob es sich entfernt und ob es den richtigen Abstand zur Sprühelektrode hat.

[0022] Das neue Verfahren zur Teileerkennung gemäß der Erfindung, ermöglicht es, z.B. eine Lückensteuerung viel einfacher zu realisieren als im Stand der Technik, indem direkt vor Ort, an der Beschichtungsanlage ein Werkstück erkannt wird und abhängig von dem Vorhandensein eines Werkstücks die Förderung und Abgabe des Beschichtungsmaterials aktiviert wird. Bei

dem neuen System wird somit keine externe "Lückensteuerung" benötigt.

[0023] Wie bereits erwähnt, ist für die Größe des Sprühstroms neben der Hochspannungsvorwahl vor allem der Abstand von Werkstück und Elektrode maßgebend.

[0024] Für eine optimale Beschichtung sollte dieser Abstand konstant sein. Da es jedoch viele Werkstücke mit sich in Längsrichtung ändernden Konturen gibt, und die Sprühpistole einen Vertikalhub durchläuft, ändert sich dabei der Abstand. Abhängig von dem gemessenen Sprühstrom kann nun der Abstand zwischen dem Werkstück und dem Beschichtungsgerät in Sprühhichtung ermittelt und konstant gehalten werden.

[0025] Die Teileerkennung kann auch zur Ermittlung der Geschwindigkeit eines Werkstücks herangezogen werden. Da in der Praxis meistens drei und mehr Pistolen horizontal hintereinander in gleichem Abstand angeordnet sind, kann daraus die Fördergeschwindigkeit hergeleitet werden. Da eine einmal gewählte Geschwindigkeit über einen längeren Zeitraum konstant bleibt, kann aus mehreren aufeinander folgenden relativ ungenauen Messungen durch statistische Methoden die Fördergeschwindigkeit genauer berechnet werden.

[0026] Die Geschwindigkeitsinformation kann dann zur Steuerung und Synchronisierung des Vertikalhubs der Beschichtungsgeräte verwendet werden.

[0027] Die Erfindung schafft mit dem Verfahren zur Erkennung von Werkstücken mit Hilfe der Sprühströme der elektrostatischen Beschichtungsgeräte ein zuverlässiges, schnelles und kostengünstiges Mittel für die Erfassung und Identifikation der zu beschichtenden Werkstücke, das die im Stand der Technik üblichen Teileerkennungs- und Identifikationseinrichtungen vollständig ersetzen kann. Ferner hat die Erfindung den Vorteil, daß die Anwesenheit eines Werkstücks vor den jeweiligen Beschichtungsgeräten während des Betriebs laufend überprüft werden kann und nicht, wie im Stand der Technik, nur aufgrund einer einmaligen Messung beim Eintritt des Werkstücks in die Beschichtungskabine vorausgesagt wird. Bei einem außerplanmäßigen Stillstand der Werkstückförderung kann dadurch z.B. sofort die Pulverabgabe gesperrt werden. Weiterhin ermöglicht die Erfindung eine weitgehende Dezentralisierung der Beschichtungsanlage, weil jedes Beschichtungsgerät selbständig erkennt, ob ein Werkstück vorhanden ist, und abhängig vom Sprühstrom seine Pulverabgabe und seinen Abstand zum Werkstück steuern kann.

[0028] Die Erfindung ist im folgenden anhand des Beispiels einer elektrostatischen Pulverbeschichtungsanlage mit Bezug auf die Zeichnungen näher erläutert. In den Figuren zeigen:

- Fig. 1 eine elektrostatische Pulverbeschichtungsanlage gemäß der vorliegenden Erfindung;
 Fig. 2 ein Diagramm des Sprühstrom abhängig

- von dem Abstand zwischen einer Sprühelektrode und einem Werkstück;
- Fig. 3 eine schematische Darstellung zur Erläuterung der Abstandseinstellung zwischen Werkstück und Sprühpistole gemäß der Erfindung;
- Fig. 4 eine schematische Darstellung zur Erläuterung des Verfahrens zur Ermittlung der Geschwindigkeit eines Werkstücks gemäß der Erfindung;
- Fig. 5a, 5b zwei Diagramme unterschiedlicher Wellenlinien aus Beschichtungsmaterial, die mit zwei synchronisierten bzw. zwei nicht synchronisierten Beschichtungsgeräten erhalten werden;
- Fig. 6 eine ideale und eine real U/I-Kennlinie einer Hochspannungselektrode eines Beschichtungsgerätes;
- Fig. 7 eine Kurvenschar aus U/I-Kennlinien für unterschiedliche Versorgungsspannungen des Hochspannungserzeugers eines Beschichtungsgerätes;
- Fig. 8 eine Einrichtung zur Erfassung des elektrischen Sprühstroms; und
- Fig. 9 eine Beschichtungsanlage nach dem Stand der Technik mit einer Lückensteuerung;

[0029] Figur 1 zeigt eine Pulverbeschichtungsanlage gemäß der Erfindung. Diese Pulverbeschichtungsanlage ist ausführlicher in der deutschen Patentanmeldung "Steuersystem einer Beschichtungsanlage" derselben Anmelderin, mit demselben Anmeldetag beschrieben. Auf die Offenbarung dieser Patentanmeldung und insbesondere die dortige Erläuterung der Netzwerkstruktur wird ausdrücklich Bezug genommen.

[0030] In Fig. 1 sind mehrere (fünf) Beschichtungsmodule aus jeweils einem digitalen Steuergerät 60, einem Injektor 64 und einer Sprühpistole 66 dargestellt, die über einen Pistolenbus 62 verbunden sind. Für den Betrieb notwendige Informationen über die Betriebszustände der Beschichtungsanlage erhalten die Steuergeräte 60 über einen internen Bus 80.

[0031] Über den internen Bus 80 sind die mehreren Beschichtungsmodule ferner miteinander und mit einer zentralen Steuereinheit 82 sowie mit weiteren Komponenten des Systems verbunden. Zusätzliche, an den internen Bus anschließbaren Module sind z. B. ein Pulverpegelsteuermodul 88, ein Positionssteuermodul 90 und ein Bewegungssteuermodul 92.

[0032] Es sind noch weitere Baugruppen vorgesehen, die über einen externen Bus 100 ebenfalls mit der zentralen Steuereinheit 82 verbunden sind; diese umfassen ein Pulverzentrum 102 mit einem Pulvervorratsbehälter 104, eine Schichtdickenmeß- und Regeleinrichtung 107, 108 und eine Luftmengenregeleinrichtung 109 für ein Pulverrückgewinnungssystem 110, 114 u.a.

[0033] Die Busse 62, 80, 100 sind vorzugsweise Lon-

Busse (LON = local area network). Die einzelnen Komponenten, die als LON-Knoten konfiguriert sind, können sich im System selbst anmelden, andere Systemkomponenten erkennen, sich auf diese einstellen und mit diesen kommunizieren. Sie können die Information über die jeweiligen Betriebszustände der Beschichtungsanlage, die sie über den Bus 80 oder 100 erhalten, auswerten und nutzen.

[0034] In groben Zügen läuft der Betrieb in der in Figur 1 gezeigten Pulverbeschichtungsanlage wie folgt ab. Ein Werkstück 200 nähert sich der Beschichtungskabine 120. An den Hochspannungselektroden der Sprühpistolen 66-1, 66-2, ..., 66-n liegt eine Hochspannung von etwa 100 kV an, so daß ein elektrischer Sprühstrom von den jeweiligen Elektroden durch die Luft zu Erde fließt. Dieser Sprühstrom ist, solange sich kein geerdetes Werkstück vor der jeweiligen Sprühpistole befindet, sehr klein (sog. Nullstrom).

[0035] Figur 2 zeigt den Zusammenhang zwischen dem elektrischen Sprühstrom und dem Abstand zwischen dem Beschichtungsgerät 66 und dem Werkstück 200 bzw. der Zeit. Die y-Achse zeigt den Strom, auf der x-Achse sind der Abstand in cm und die Zeit in Sekunden dargestellt, wobei eine konstanten Fördergeschwindigkeit von 10 cm/s angenommen wird.

[0036] Zum Zeitpunkt t_1 ist das Werkstück noch sehr weit von der Sprühpistole 66 entfernt. Es fließt ein Sprühstrom I_1 zur nächstgelegenen Erde, dieser Sprühstrom wird laufend gemessen und mit vorhergegangenen Meßwerten verglichen. Bis zum Zeitpunkt t_2 ändert sich der Strom unwesentlich. Ab dem

[0037] Zeitpunkt t_2 beginnt nun der Strom zu steigen. Vom zuvor beschichteten Werkstück kann bereits der ungefähre Endwert I_2 bekannt sein. Zum Zeitpunkt t_3 ist das Werkstück noch ca. 20 cm von der Sprühpistole entfernt. Die frei wählbare Einschaltsschwelle wird in diesem Beispiel auf 25% von ΔI_s gesetzt.

[0038] Zum Zeitpunkt t_3 wird somit die Einschaltbedingung erkannt und das Steuergerät 60 schickt über den Pistolenbus 62 einen Einschaltbefehl an den Injektor 64. Der Injektor 64 enthält zwei Luftmengenregler zur Einstellung von Förderluft und Dosierluft für das Beschichtungsgerät. Damit wird die Pulverförderung eingeschaltet. Kommt nun das Werkstück 200 zur Beschichtungspistole 66, so wird es beschichtet. Im Zeitintervall t_4 bis t_5 läuft das Werkstück an der Pistole vorbei. Im beschriebenen Fall ist die Länge des Werkstücks 20 cm. Ab dem Zeitpunkt t_5 entfernt sich nun das Werkstück 200 von der Sprühpistole 66 und der Sprühstrom sinkt. Zum Zeitpunkt t_6 ist das Werkstück 10 cm von der Sprühpistole entfernt, wiederum wird eine vorgewählte Schaltschwelle (hier 50% von ΔI_s) überquert und über den LON-Bus 92 wird die Pulverförderung abgeschaltet.

[0039] Der gemessene Sprühstrom kann auch zur Einstellung des Abstandes zwischen Werkstück 200 und Sprühpistole 66 verwendet werden.

[0040] In Figur 3 ist eine mögliche Konfiguration des Positionssteuermoduls dargestellt. Die Positionssteue-

rung wird häufig als Z-Achsensteuerung bezeichnet. Solche Steuerungen sind bekannt, doch bewegen sich die Beschichtungsgeräte bisher auf einer fest einprogrammierten Bahn. Bei der neuen Methode, erfolgt die Anpassung an die Werkstückkontur automatisch.

[0041] Der in der Sprühpistole 66 integrierte Hochspannungserzeuger erzeugt einen Sprühstrom von der Elektrode 17 zum Werkstück 200. Dieser Sprühstrom wird von einem Hochspannungsmodul 300 gemessen und an einen Abstandsregler 302 weitergeleitet. Dieser Regler versucht einen vorgegebenen Sprühstrom einzuregulieren. Ist z.B. der Sprühstrom kleiner als vorgegeben, so wird vom Regler 302 ein Korrektursignal an eine Verschiebeachsensteuerung 304 übertragen. Diese wiederum veranlaßt einen Servomotor 306 eine Pistolhalterung 308 und mit ihr die Pistole 66 näher an das Werkstück 200 zu schieben.

[0042] Dieser Regelvorgang muß relativ schnell vor sich gehen. Durch die Auf- und Abbewegung der ganzen Einheit mit Hilfe eines Hubgeräts 310, wird die Elektrode 17 entlang der gestrichelten Linie 312 bewegt. Dadurch wird die Pistole immer in einem korrekten Abstand zum Werkstück 200 gehalten. Der Regler 302 ist in der Praxis als ein "Softwareteil" des Hochspannungsmoduls 300 realisiert. Der erwähnte Regler ist vorzugsweise kein Standard PI oder PID Regler, sondern ein sogenannter intelligenter Regler.

[0043] Die Fördergeschwindigkeit des Werstücks kann aus den Zeitpunkten ermittelt werden, zu denen die Sprühströme einer ersten und einer zweiten Sprühpistole 66-1 und 66-2 einen vorgegebenen Schwellwert überschreiten, und abhängig von den ermittelten Zeitpunkten und dem bekannten Abstand zwischen der ersten und der zweiten Sprühpistole wird die Geschwindigkeit des Werkstückes berechnet.

[0044] Figur 4 zeigt prinzipiell die Anordnung von 3 Pistolen.

[0045] Ein Fördersystem bringt verschiedene Werkstücke 200 in der gezeigten Richtung in die Beschichtungskabine 120. Ein Werkstück 200 bewegt sich nun zur ersten Beschichtungspistole 66-1. Ein erstes Hochspannungsmodul 400-1 registriert einen Anstieg des Sprühstroms. Eine im Modul eingebaute Echtzeituhr registriert den genauen Zeitpunkt der Erkennung und sendet den Startzeitpunkt der Messung an ein zweites Hochspannungsmodul 400-2. Das Werkstück bewegt sich nun zur zweiten Beschichtungspistole 66-2 und löst dort wiederum einen Startzeitpunkt mit Hilfe einer Echtzeituhr aus. Dieser Startwert der zweiten Messung wird sogleich über das Bus-System 402 zum dritten Hochspannungsmodul gesendet. Der Startzeitpunkt der zweiten Messung ist zugleich der Stoppzeitpunkt der ersten Messung. Mit Hilfe des bekannten Abstandes A zwischen erster und zweiter Pistole und der Zeitdifferenz zwischen Start- und Stoppzeitpunkt wird die Geschwindigkeit des Werkstücks berechnet und über den Bus 402 an einen beliebigen anderen Busteilnehmer 404 gesendet, der für seine Funktion die Geschwindig-

keit des Fördersystems kennen muß.

[0046] Bewegt sich nun das Werkstück 200 weiter zur dritten Pistole 66-3, so wird der zweite Stoppzeitpunkt ausgelöst. Aus der zweiten Zeitdifferenz (Startzeitpunkt Nr.2 und Stoppzeitpunkt Nr.2) und dem bekannten Abstand B wird der zweite Geschwindigkeits-Meßwert ermittelt und an den Bus 402 übergeben.

[0047] Auch läßt sich zur Kontrolle und/oder zum Runden aus dem ersten Startzeitpunkt und dem zweiten Stoppzeitpunkt, sowie der Strecke A + B ein dritter Geschwindigkeitsmeßwert errechnen. Dieser dritte Meßwerte wird der genaueste sein, weil sich Ungenauigkeiten in der Zeitmessung und in der Werkstückerkennung um so weniger auswirken, je länger die Meßstrecke und die Meßzeit sind. Da bei jedem Werkstück die Geschwindigkeit neu ermittelt wird, kann aus mehreren Messungen die durchschnittliche Geschwindigkeit des Förder systems errechnet werden.

[0048] Die Information über die Werkstückgeschwindigkeit kann zur Steuerung und Synchronisation der Hubbewegung der Sprühpistolen verwendet werden.

[0049] Für den einfachsten Fall wird angenommen, daß zwei Beschichtungspistolen horizontal nebeneinander angeordnet sind. Diese beiden Beschichtungspistolen sind im Abstand A angeordnet (Figuren 5a und 5b).

[0050] Diese beiden Beschichtungspistolen sind auf einem sogenannten Hubgerät 306 (Figur 3) befestigt. Das Hubgerät bewegt die Pistolen senkrecht auf und ab, und zwar mit einer konstanten Geschwindigkeit von unten nach oben, und mit der gleichen Geschwindigkeit von oben nach unten. In den Umkehrpunkten wird jeweils so schnell wie möglich die Geschwindigkeitsrichtung umgeschaltet. Bei einem rechteckigen Werkstück das kontinuierlich in die Beschichtungskabine hineinfährt wird dadurch die ganze Fläche gleichmäßig beschichtet, sofern die Geschwindigkeit der Fördereinrichtung und des Hubgeräts "synchronisiert" sind. Zum besseren Verständnis sind in Figur 5a und 5b verschiedene Fälle dargestellt.

[0051] Der Materialniederschlag auf dem Werkstück ähnelt bezüglich der Schichtdicke einer Gausschen Verteilung, deshalb kann die Beschichtungsgrenze in der Breite nicht genau angegeben werden. Jedoch ist im synchronisierten Fall (Figur 5a) ersichtlich, daß die Sprühpistole (2) denjenigen Bereich des Werkstücks beschichtet, der von der Sprühpistole (1) nicht beschichtet werden konnte. Durch die Verwischung der Sprühzonen wird im Fall der Figur 5a die Materialverteilung optimal. Nicht so im nicht synchronisierten Fall der Figur 5b. Dort beschichtet die zweite Pistole (2) vorwiegend den gleichen Bereich, den zuvor Pistole (1) beschichtet hat. Zudem gibt es Zwischenzonen die nicht beschichtet wurden.

[0052] Werden mehr als zwei Pistolen nebeneinander angeordnet, so gibt es mehrere Konstellationen, bei denen eine optimale Abdeckung erreicht wird.

[0053] Jedes Beschichtungsmodul kann somit so-

wohl die Tatsache, daß ein Werkstück 200 sich annähert, als auch die Art, insbesondere Größe und Form des Werkstücks 200, die Geschwindigkeit des Werkstücks und den Abstand von Werkstück zu Sprühpistole erfassen. Diese Informationen werden auf den Bus 100, 80 gegeben und stehen sofort bei den anderen Komponenten der Pulverbeschichtungsanlage zur Verfügung.

[0054] Zum Verständnis der Sprühstrommessung sei folgendes vorausgeschickt.

[0055] Im allgemeinen ist die Erzeugung einer Hochspannung in einem elektrostatischen Beschichtungsgerät bekannt. In der DE-A-42 32 026 wird beschrieben, wie eine Schaltung aufgebaut ist, die exakt reproduzierbare Strom/Spannungskennlinien produziert. Diese exakt reproduzierbaren Kennlinien sind eine Grundlagen des erfindungsgemäßen Verfahrens.

[0056] Eine Hochspannungserzeugungseinheit besteht in der Regel aus einem Hochspannungssteuermodule mit Oszillator, Endstufe und Steuereinheit und einem Hochspannungserzeuger in der Pistole, bestehend aus Hochspannungstransformator, Vervielfacherkaskade und Schutzwiderständen. Sie besitzt eine U/I-Kennlinie, die das elektrische Verhalten der Gesamteinheit bestimmt. Wäre der Gesamtinnenwiderstand ein ohmscher Widerstand, so wäre die U/I-Kennlinie eine Gerade, mit den Eckpunkten: Kurzschlußstrom und Leerlaufspannung. Siehe dazu Kurve A in Figur 6. In der Praxis ist der Innenwiderstand aufgeteilt in viele, sich summierende komplexe Innenwiderstände und ohmsche Anteile. Die daraus resultierende Kennlinie ist in Figur 6 als Kurve B dargestellt. Der eigentliche Lastwiderstand einer Beschichtungseinheit ist die Luft zwischen Sprühelektrode und Werkstück und besitzt rein ohmschen Charakter. Jedoch ist dieser ohmsche Widerstand abhängig von der Form des Werkstücks, dessen Größe, Oberflächenbeschaffenheit, der Form der Sprühelektrode, der Luftbeschaffenheit, Temperatur, Druck, Feuchtegehalt sowie dem Abstand zwischen Elektrode und Werkstück und zudem vom Hochspannungserzeuger.

[0057] Die Form der realen U/I-Kennlinie B ist mit einer geeigneten Ansteuerung bei jeder Kombination aus Steuereinheit und Hochspannungserzeuger die Gleiches.

[0058] Figur 7 zeigt eine Kurvenschar, gebildet aus mehreren unterschiedlichen Spannungseinstellungen oder, genauer gesagt, unterschiedlichen Endstufen-Versorgungsspannungseinstellungen. Dabei entsprechen in Figur 7 die Werte U_{0x} den Leerlaufspannungen, die zu den jeweils gewählten Versorgungsspannungen proportional sind. (Der Einfachheit halber wird die gekrümmte Kennlinie durch einen Knick dargestellt.)

[0059] Nehmen wir z.B. die Kurve B_1 mit ihren Eckpunkten U_{01} und I_{k1} . Darauf sind nun vier mögliche Arbeitspunkte dargestellt. AP_1 entspricht einem sehr großen Abstand zwischen Werkstück und Sprühelektrode, wobei das Werkstück immer geerdet ist. Der Abstand ist so groß, daß die in der Luft bewegten Ladungsträger gar nicht zum Werkstück, sondern z.B. zum Pistolenhal-

ter gelangen. Der Punkt AP_1 stellt somit in der Praxis die maximale Hochspannung und den minimalen Strom dar. (Der Punkt U_{01} kann nur im Labor unter gewissen Bedingungen erreicht werden.) Wird nun der Abstand zwischen Werkstück und Elektrode verringert, so bewegt sich der Arbeitspunkt entlang der Kurve B_1 auf AP_2 zu. Bei diesem Punkt fließt bereits ein beachtlicher Teil der Ladung über das Werkstück ab. Verringert man nun den Abstand von Werkstück zu Elektrode weiter bis zur Berührung, so wandert der Arbeitspunkt weiter über AP_3 bis zu AP_4 (Kurzschluß).

[0060] Wollte man nun eine Spannungsmessung durchführen, so müßte in dem Hochspannungserzeuger ein Spannungsteiler eingebaut werden, der eine kleine, der Hochspannung proportionale Spannung liefert. Dieser Spannungsteiler muß für hohe Spannung bis 100 KV dimensioniert werden und ist somit groß und voluminös.

[0061] Günstiger ist dagegen die Messung des Sprühstroms, die unten noch erläutert ist.

[0062] Die Form der U/I-Kennlinie ist im Hochspannungsmodul abgespeichert. Zudem kennt das Hochspannungsmodul den Zusammenhang zwischen Versorgungsspannung und U_0 . Damit ist dem Hochspannungsmodul die gesamte tatsächliche Kurvenschar von Figur 7, auch mit allen nicht gezeichneten, dazwischenliegenden Kurven, bekannt.

[0063] Aus dem linearen Zusammenhang der Versorgungsspannung des Hochspannungserzeugers (die gemessen wird) und U_0 errechnet das Hochspannungsmodul die aktuelle Leerlaufspannung U_{0a} . Die dazugehörigen U/I Kennliniendaten werden aus dem Speicher abgerufen. Der gemessene Sprühstrom I_{sm} wird vom Rechner zur Bestimmung des aktuellen Arbeitspunktes AP_a benutzt. Dadurch ist auch die aktuelle Elektrodenspannung U_a bestimmt.

[0064] Für die vorstehend erläuterte Werkstückerkennung genügt die Kenntnis der jeweils zu verwendenden Kennlinie und des gemessenen Sprühstroms. Häufig ist es jedoch wünschenswert, neben dem Sprühstrom auch die aktuelle Elektrodenspannung U_a anzuzeigen.

[0065] In Figur 8 ist eine Strommeßschaltung gezeigt. Die Schaltung der Figur umfaßt eine Steuereinrichtung 10, zwei Koppelkondensatoren 11, 37, einen Transformator 13 mit einer Primärspule 14 und einer Sekundärspule 15, die über eine Brücke 12 verbunden sind, eine Hochspannungskaskade 16, eine Elektrode 17 mit einem Elektrodenwiderstand und einen Widerstand 18, welche auf die in Figur 8 gezeigte Weise miteinander verbunden sind. Weiterhin ist ein mit 22 bezeichneter Tiefpaß sowie ein mit 25 bezeichneter Strom-Spannungs-Wandler vorgesehen. Ebenfalls in Figur 8 gezeigt ist ein zu beschichtendes Werkstück 19.

[0066] Der Tiefpaß umfaßt eine erste Tiefpaß-Spule 21, die auf der Seite der Brücke 12 mit der Primärspule 14 und über einen Kondensator 23 mit Erde 9 verbunden ist, und eine zweite Tiefpaß-Spule 26, welche den

Strom-Spannungs-Wandler 25 mit dem Verbindungspunkt 35 von erster Tiefpaß-Spule 21 und Kondensator 23 verbindet. Zusätzlich ist noch ein Widerstand 24 zu dem Kondensator 23 in Reihe geschaltet.

[0067] Der Strom-Spannungs-Wandler 25 weist einen Operationsverstärker 27 auf, dessen Ausgang über einen Rückkopplungswiderstand 28 mit seinem invertierenden Eingang verbunden ist. Die zweite Tiefpaß-Spule 26 ist ebenfalls an den invertierenden Eingang 38 des Operationsverstärkers 27 angeschlossen, und der nicht-invertierende Eingang 39 des Operationsverstärkers 27 ist mit Erde 9 verbunden.

[0068] Am Ausgang des Strom-Spannungs-Wandlers 25 ist ein Filternetzwerk 29 aus zwei Widerständen 30 und 31 und zwei Kondensatoren 32 und 33 sowie ein Ausgangsverstärker 34 angeordnet, welche auf die in Figur 8 gezeigte Weise miteinander verbunden sind.

[0069] Die Schaltung der Figur 8 arbeitet wie folgt. Wenn sich ein Werkstück 19 vor der Elektrode 17 befindet und elektrische Ladung auf das Werkstück 19 übertragen wird, fließt ein Sprühstrom über Luftpartikel (Ionen) und Pulverteilchen zum Werkstück und über Erde zurück zum Steuergerät. Dieser Sprühstrom fließt durch den Operationsverstärker 27, den Tiefpaß 22 und über die Transformatorbrücke 12 in die Hochspannungskaskade 16 zurück. Der Strom-Spannungs-Wandler 25 ist so aufgebaut und dimensioniert, daß sich am Ausgang des Operationsverstärkers 27 eine Spannung einstellt, die proportional zu dem elektrischen Sprühstrom von der Elektrode 19 zu Erde 9 ist.

[0070] Die Spannung am Ausgang 36 dieser Meßschaltung kann auf die oben beschriebene Weise ausgewertet werden.

[0071] Die in der vorstehenden Beschreibung, den Ansprüchen und der Zeichnung offenbarten Merkmale können sowohl einzeln als auch in beliebiger Kombination für die Realisierung der Erfindung in den verschiedenen Ausgestaltungen von Bedeutung sein.

Patentansprüche

1. Verfahren zum Erkennen von Werkstücken in einer elektrostatischen Beschichtungsanlage mit mindestens einem elektrostatischen Beschichtungsgerät (66), das eine Hochspannung an eine Hochspannungselektrode (17) anlegt, bei dem von der Hochspannungselektrode ein Sprühstrom, enthaltend elektrostatische Ladung zum Aufladen von Partikeln eines zu versprühenden Beschichtungsmaterials erzeugt wird, ein zu beschichtendes, elektrisch leitendes Werkstück (19; 200) an dem Beschichtungsgerät vorbeigeführt wird, und der Sprühstrom der Hochspannungselektrode (17) ermittelt wird **dadurch gekennzeichnet, dass** der ermittelte Sprühstrom mit einem ersten Schwellwert verglichen wird und dann, wenn der Sprühstrom den ersten Schwellwert überschreitet, erkannt wird, daß

sich das Werkstück (19; 200) an das Beschichtungsgerät (66) annähert.

2. Verfahren nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet, daß** abhängig von der Größe des ermittelten Sprühstroms wenigstens eine Funktion der Beschichtungsanlage gesteuert wird, insbesondere die Abgabe des Beschichtungsmaterials und/oder die Bewegung des oder jedes Beschichtungsgerätes (66) in vertikaler und/oder in horizontaler Richtung.
3. Verfahren nach Anspruch 1 oder 2, **dadurch gekennzeichnet, daß** das Beschichtungsgerät (66), mit der Abgabe des Beschichtungsmaterials beginnt, wenn der Sprühstrom den ersten Schwellwert überschreitet, und die Abgabe beendet, wenn der Sprühstrom unter einen zweiten Schwellwert fällt.
4. Verfahren nach einem der vorangehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, daß** abhängig von dem ermittelten Sprühstrom der Abstand zwischen dem Werkstück (19; 200) und der Hochspannungselektrode (66) in der Sprührichtung ermittelt und eingestellt wird.
5. Verfahren nach einem der vorangehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, daß** wenigstens zwei Beschichtungsgeräte (66) vorgesehen werden, daß die Zeitpunkte (t_1 , t_2) ermittelt werden, zu denen die Sprühströme eines ersten und eines zweiten Beschichtungsgerätes einen vorgegebenen Schwellwert überschreiten, daß daraus eine Zeitdifferenz ($t_2 - t_1$) berechnet wird, und daß abhängig von der Zeitdifferenz und dem Abstand zwischen dem ersten und dem zweiten Beschichtungsgerät (66) die Geschwindigkeit des Werkstücks (19; 200) ermittelt wird.
6. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, daß** mehrere U/I-Kennlinien für das oder jedes Beschichtungsgerät (66) gespeichert werden, abhängig von der Versorgungsspannung eines Hochspannungserzeugers (12-16) für die Hochspannungselektrode (17) eine zugehörige U/I-Kennlinie ausgewählt wird, der Sprühstrom (I_{17-9}) gemessen wird, abhängig von dem Sprühstrom ein Arbeitspunkt auf der U/I-Kennlinie bestimmt wird, und damit die Ist-Hochspannung an der Elektrode ermittelt wird.
7. Elektrostatische Beschichtungsanlage mit mindestens einem Beschichtungsgerät (66), enthaltend eine Hochspannungselektrode (17), welche einen Sprühstrom enthaltend elektrostatische Ladungen zum Aufladen von Partikeln eines zu versprühenden Beschichtungsmaterials abgibt, wobei dem oder jedem Beschichtungsgerät (66) eine Meßvor-

richtung (22, 25) zur Ermittlung des Sprühstroms und eine Auswertungsvorrichtung (60) zugeordnet sind, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Auswertungsvorrichtung derart ausgebildet ist, dass sie den ermittelten Sprühstrom mit einem ersten Schwellwert vergleicht und dann, wenn der Sprühstrom den ersten Schwellwert überschreitet, erkennt, daß sich das Werkstück (19; 200) an das Beschichtungsgerät (66) annähert.

8. Beschichtungsanlage nach Anspruch 7, **dadurch gekennzeichnet, daß** dem oder jedem Beschichtungsgeräte (66) ein digitales Steuergerät (60) zur Steuerung des Betriebs des Beschichtungsgerätes abhängig von dem ermittelten Sprühstrom zugeordnet ist, und daß das Beschichtungsgerät und das Steuergerät über eine Busstruktur (62) verbunden ist.

9. Beschichtungsanlage nach Anspruch 8, **dadurch gekennzeichnet, daß** mehrere Beschichtungsgeräte (66) vorhanden sind, die jeweils über einen Pistolenbus (62) mit ihren digitalen Steuergeräten (60) verbunden sind, und Netzwerk-Knoten bilden, und daß die digitalen Steuergeräte (60) über einen Beschichtungsbus (80) mit weiteren Komponenten der Beschichtungsanlage verbunden sind, wobei die Netzwerk-Knoten LON-Knoten sind.

10. Beschichtungsanlage nach einem der Ansprüche 7 bis 9, **gekennzeichnet durch** einen Hochspannungserzeuger (13, 16) in dem oder jedem Beschichtungsgerät (66), der einen Transformator (13) mit einer Primärspule (14) und einer Sekundärspule (15) aufweist, die über eine Brücke (12) verbunden sind, wobei die Primärspule mit einer Wechsel-Steuerspannung beaufschlagbar ist, und wobei die Meßvorrichtung einen Tiefpaß (22), der zwischen der Primärspule und Erde angeschlossen ist, und einen Strom-Spannungs-Wandler (25), der mit dem Tiefpaß verbunden ist, enthält.

11. Beschichtungsanlage nach Anspruch 10, **dadurch gekennzeichnet, daß** der Tiefpaß (22) zwei Spulen (21, 26) aufweist, wobei die erste Spule mit der Primärspule (14) und über einen Kondensator (23) mit Erde (9) verbunden ist, und wobei der Strom-Spannungs-Wandler (25) eine stromgesteuerte Spannungsquelle (27, 28) ist, die über die zweite Spule (26) an den Verbindungspunkt (35) von erster Spule (21) und Kondensator (23) angeschlossen ist.

12. Beschichtungsanlage nach einem der Ansprüche 8 bis 11, **dadurch, gekennzeichnet, daß** dem oder jedem Beschichtungsgerät (66) eine Speichervorrichtung zum Speichern mehrerer U/I-Kennlinien für verschiedene Versorgungsspannungen der Hochspannungselektrode (17), eine Vorrichtung

(60) zur Ermittlung der aktuellen Versorgungsspannung und eine Auswertevorrichtung (60) zugeordnet sind, um abhängig von der Versorgungsspannung eine U/I-Kennlinie auszuwählen und abhängig von dem Sprühstrom einen Arbeitspunkt auf der U/I-Kennlinie zu bestimmen, der für die Ermittlung der Ist-Hochspannung an der Elektrode verwendet wird.

Claims

1. A method of detecting workpieces in an electrostatic coating system, comprising at least one electrostatic coating device (66) which applies a high voltage to a high voltage electrode (17), in which a spray current containing electrical charges for charging particles of a coating material to be sprayed is generated by the high voltage electrode, an electrically conductive workpiece (19; 200) to be coated is passed by the at least one coating device, and the spray current of the high voltage electrode (17) is determined, **characterized in that** the spray current is compared to a first threshold value and, if the spray current exceeds the first threshold value, it is detected that the workpiece (19; 200) approaches the coating device (66).

2. A method according to claim 1, **characterized in that** depending on the magnitude of the determined spray current at least one function of the coating system is controlled, in particular at least one of the discharge of the coating material and the movement of the or each coating device (66) in at least one of the vertical and horizontal directions.

3. A method according to claim 1 or 3, **characterized in that** the coating device (66) starts discharging the coating material when the spray current exceeds the first threshold value and stops the discharge when the spray current falls below a second threshold value.

4. A method according to one of the preceding claims, **characterized in that** depending on the spray current the distance between the workpiece (19; 200) and the high voltage electrode (66) in the spray direction is detected and adjusted.

5. A method according to one of the preceding claims, **characterized in that** at least two coating devices (66) are provided, that the times (t1, t2) are detected at which the spray currents of a first and a second coating device exceed a predetermined threshold value, that a time difference (t2-t1) is calculated therefrom and that depending on the time difference and the spacing between the first and the second

coating devices (66) the speed of the workpiece (19; 200) is determined.

6. A method according to one of the preceding claims, **characterized in that** a plurality of U/I characteristic curves for the or each coating device (66) are stored, that an associated U/I characteristic line is selected in accordance with the supply voltage of a high voltage generator (12-16) for the high voltage electrode (17), that the spray current (I 17-9) is measured and that a working point on the U/I characteristic curve is determined in accordance with the spray current and the actual high voltage at the electrode is determined thereby.
7. An electrostatic coating system comprising at least one coating device (66), including a high voltage electrode (17) which discharges electrical charges including a spray current for charging particles of a coating material to be sprayed, wherein the or each coating device (66) has assigned thereto a measuring device (22, 25) for measuring the spray current, and an evaluating device (60), **characterized in that** the evaluating device (60) is configured to compare the measured spray current with a first threshold value and, if the spray current exceeds the first threshold value, to determine that the workpiece (19, 200) approaches the coating device (66).
8. A coating system according to claim 7, **characterized in that** each of the at least one coating device (66) has assigned thereto a digital control device (60) for controlling the operation of the coating device in accordance with the measured spray current, and that the coating device and the control device are connected to one another via a bus structure (62).
9. A coating system according to claim 8, **characterized in that** a plurality of coating devices (66) exist, each of which is connected to their digital control devices (60) via a gun bus (62), and which form network nodes, and that the digital control devices (60) are connected to further components of the coating system via a coating bus (80), wherein the network nodes are LON nodes.
10. A coating system according to one of claims 7 to 9, **characterized by** a high voltage generator (13, 16) in each of the at least one control device (66), which comprises a transformer (13) having a primary coil (14) and a secondary coil (15), which are connected to one another via a bridge (12), wherein the primary coil can be loaded with an alternating control voltage, and wherein the measuring device includes a low pass filter (22), which is connected between the primary coil and ground, and a current/voltage converter (25), which is connected to the low pass filter.

11. A coating system according to claim 10, **characterized in that** the low pass filter (22) comprises two coils (21, 26) wherein the first coil is connected to the primary coil (14) and via a capacitor (23) to ground (9), and wherein the current/voltage converter (25) is a current-controlled voltage source (27, 28), which is connected via the second coil (26) to the connection point (35) of the first coil (21) and the capacitor (23).

12. A coating system according to one of claims 8 to 11, **characterized in that** each of the at least one coating device (66) has associated thereto a storage device for storing a plurality of U/I characteristic curves for different supply voltages of the high voltage electrode (17), a device (60) for detecting the current supply voltage and an evaluation device (60), in order to select a U/I characteristic curve depending on the supply voltage and to determine a working point on the U/I characteristic curve depending on the spray current, said working point being used for the detection of the actual high voltage at the electrode.

Revendications

1. Procédé pour reconnaître des pièces dans une installation électrostatique de revêtement comportant au moins un appareil électrostatique de revêtement (66) qui applique une haute tension à une électrode à haute tension (17), dans lequel un courant de pulvérisation, contenant une charge électrostatique pour charger des particules d'un matériau de revêtement à pulvériser, est produit par l'électrode à haute tension, une pièce (19 ; 200) électriquement conductrice, à recouvrir, est guidée devant l'appareil de revêtement et le courant de pulvérisation de l'électrode à haute tension (17) est déterminé, **caractérisé en ce que** le courant de pulvérisation déterminé est comparé à une première valeur de seuil puis, lorsque le courant de pulvérisation dépasse la première valeur de seuil, il est reconnu que la pièce (19 ; 200) s'approche de l'appareil de revêtement (66).
2. Procédé selon la revendication 1, **caractérisé en ce qu'**au moins une fonction de l'installation de revêtement, en particulier la distribution du matériau de revêtement et/ou le mouvement du ou de chaque appareil de revêtement (66) dans la direction verticale et/ou la direction horizontale, est commandée en fonction de la grandeur du courant de pulvérisation déterminé.
3. Procédé selon la revendication 1 ou 2, **caractérisé en ce que** l'appareil de revêtement (66) initialise la distribution du matériau de revêtement lorsque le

courant de pulvérisation dépasse la première valeur de seuil, et termine la distribution lorsque le courant de pulvérisation passe au-dessous d'une deuxième valeur de seuil.

4. Procédé selon l'une des revendications précédentes, **caractérisé en ce que** la distance entre la pièce (19 ; 200) et l'électrode à haute tension (66) dans la direction de pulvérisation est déterminée et réglée en fonction du courant de pulvérisation déterminé. 5 10
5. Procédé selon l'une des revendications précédentes, **caractérisé en ce que** sont prévus au moins deux appareils de revêtement (66), **en ce que** sont déterminés les instants t1, t2 auxquels les courants de pulvérisation d'un premier et d'un deuxième appareil de revêtement dépassent une valeur de seuil prédéfinie, **en ce qu'à** partir de ces instants on calcule une différence de temps t2-t1, et **en ce qu'en** fonction de la différence de temps et de la distance entre le premier et le deuxième appareil de revêtement (66), on détermine la vitesse de la pièce (19 ; 200). 15 20 25
6. Procédé selon l'une des revendications précédentes, **caractérisé en ce que** plusieurs courbes caractéristiques U/I sont mémorisées pour le ou chaque appareil de revêtement (66), en fonction de la tension d'alimentation d'un générateur de haute tension (12-16) une courbe caractéristique U/I est sélectionnée pour l'électrode à haute tension (17), le courant de pulvérisation 1 17-9 est mesuré, un point de travail est déterminé sur la courbe caractéristique U-I en fonction du courant de pulvérisation, et la haute tension réelle sur l'électrode est ainsi déterminée. 30 35
7. Installation électrostatique de revêtement comportant au moins un appareil de revêtement (66), contenant une électrode à haute tension (17) qui délivre un courant de pulvérisation contenant des charges électrostatiques pour charger des particules d'un matériau de revêtement à pulvériser, à l'appareil de revêtement ou à chaque appareil de revêtement (66) étant associés un dispositif de mesure (22, 25) pour déterminer le courant de pulvérisation ainsi qu'un dispositif d'exploitation (60), **caractérisée en ce que** le dispositif d'exploitation est conçu de manière que le courant de pulvérisation déterminé soit comparé à une première valeur de seuil puis, à reconnaître, lorsque le courant de pulvérisation dépasse la première valeur de seuil, que la pièce (19 ; 200) s'approche de l'appareil de revêtement (66). 40 45 50 55
8. Installation de revêtement selon la revendication 7, **caractérisée à ce qu'à** l'appareil ou à chaque appareil de revêtement (66) est associé un appareil

de commande numérique (60) pour commander le fonctionnement de l'appareil de revêtement en fonction du courant de pulvérisation déterminé, et en ce que l'appareil de revêtement et l'appareil de commande sont reliés par une structure bus (62).

9. Installation de revêtement selon la revendication 8, **caractérisée en ce que** sont prévus plusieurs appareils de revêtement (66) qui sont reliés chacun, par un bus de pistolet (62), à leurs appareils de commande numériques (60), et forment un noeud de réseau et **en ce que** les appareils de commande numériques (60) sont reliés par un bus de revêtement (80) à d'autres composants de l'installation de revêtement, les noeuds de réseau étant des noeuds LON.
10. Installation de revêtement selon l'une des revendications 7 à 9, **caractérisée par** un générateur de haute tension (13, 16) dans le ou chaque appareil de revêtement (66), qui comporte un convertisseur (13) avec une bobine primaire (14) et une bobine secondaire (15) lesquelles sont reliées par un pont (12), la bobine primaire pouvant recevoir une tension de commande alternative, et le dispositif de mesure contenant un passe-bas (22) qui est raccordé entre la bobine primaire et la terre, ainsi qu'un convertisseur courant-tension (25) qui est relié au passe-bas.
11. Installation de revêtement selon la revendication 10, **caractérisée en ce que** le passe-bas (2) comporte deux bobines (21, 26), la première bobine étant reliée à la bobine primaire (14) et, par un condensateur (23) à la terre (9), et le convertisseur courant-tension (25) étant une source de tension (27, 28) commandée par courant, qui est raccordée par la deuxième bobine (26) au point de liaison (35) de la première bobine (21) et du condensateur (23).
12. Installation de revêtement selon l'une des revendications 8 à 11, **caractérisée en ce qu'à** l'appareil de revêtement ou à chaque appareil de revêtement (66) sont associés un dispositif à mémoire pour mémoriser plusieurs courbes caractéristiques U/I pour différentes tensions d'alimentation de l'électrode à haute tension (17), un dispositif (60) pour déterminer la tension d'alimentation actuelle et un dispositif d'exploitation (60), afin de sélectionner une courbe caractéristique indépendamment de la tension d'alimentation et pour déterminer, en fonction du courant de pulvérisation, un point de travail sur la courbe caractéristique U/I, qui est utilisé pour déterminer la haute tension réelle sur l'électrode.

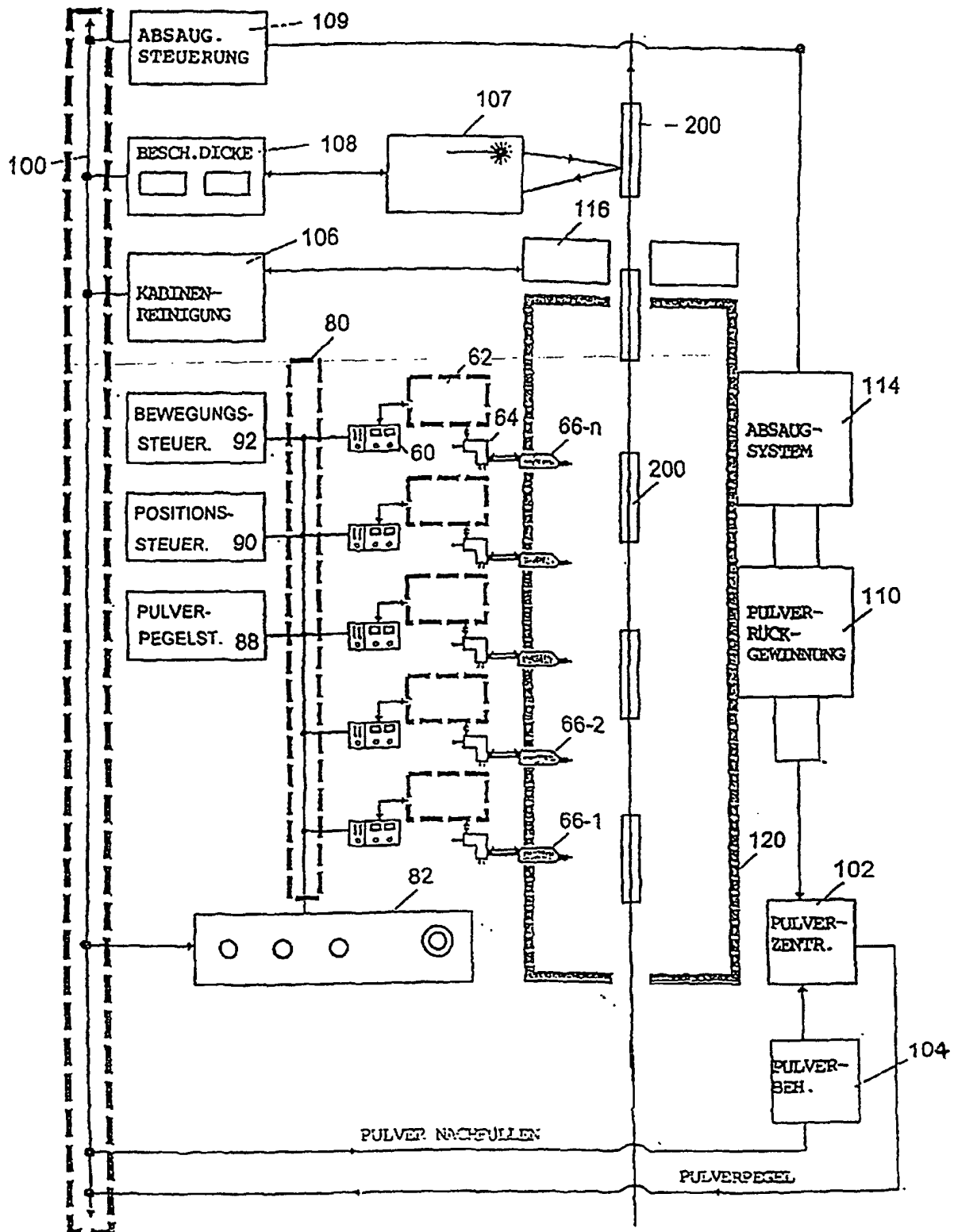
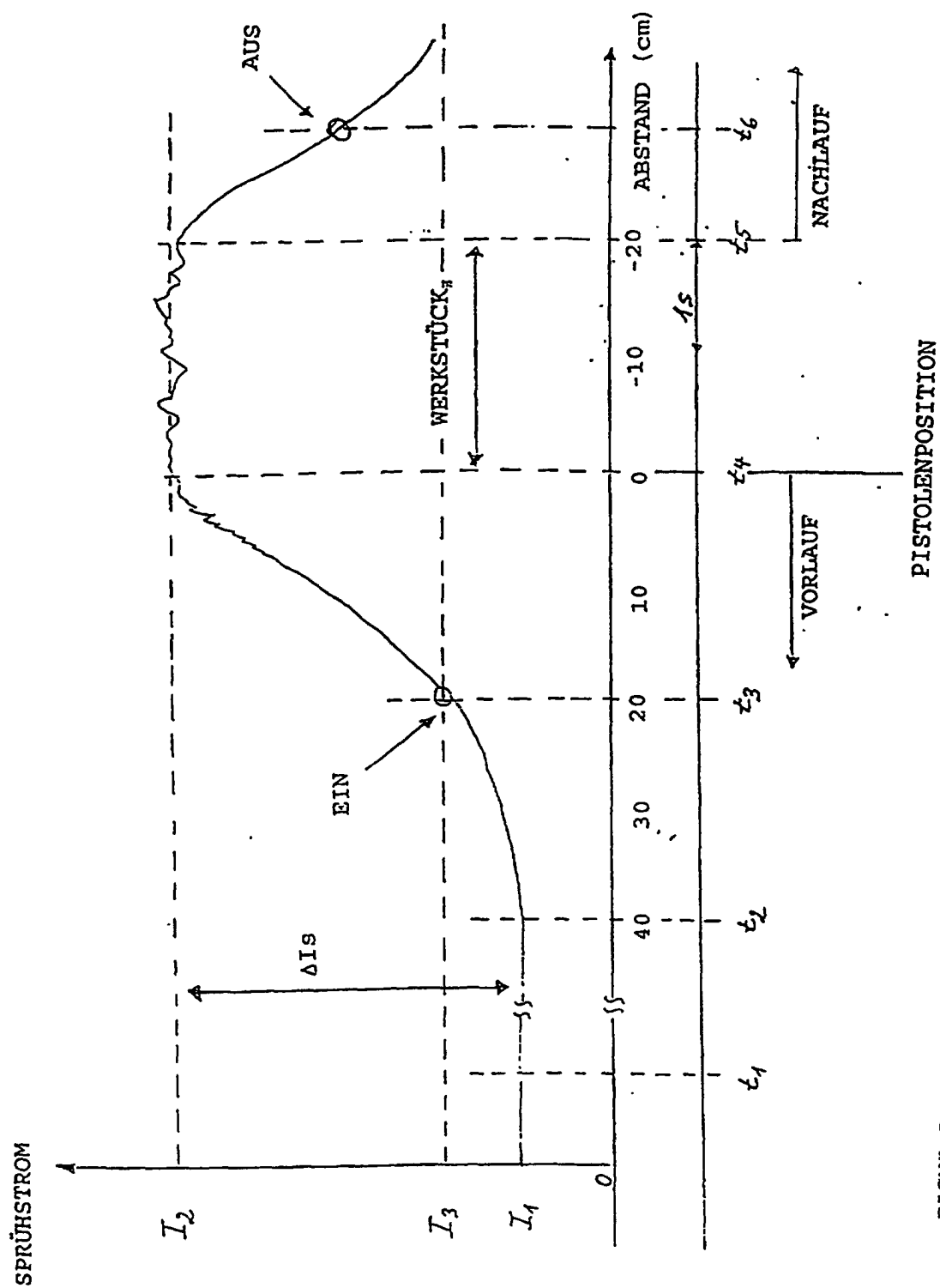
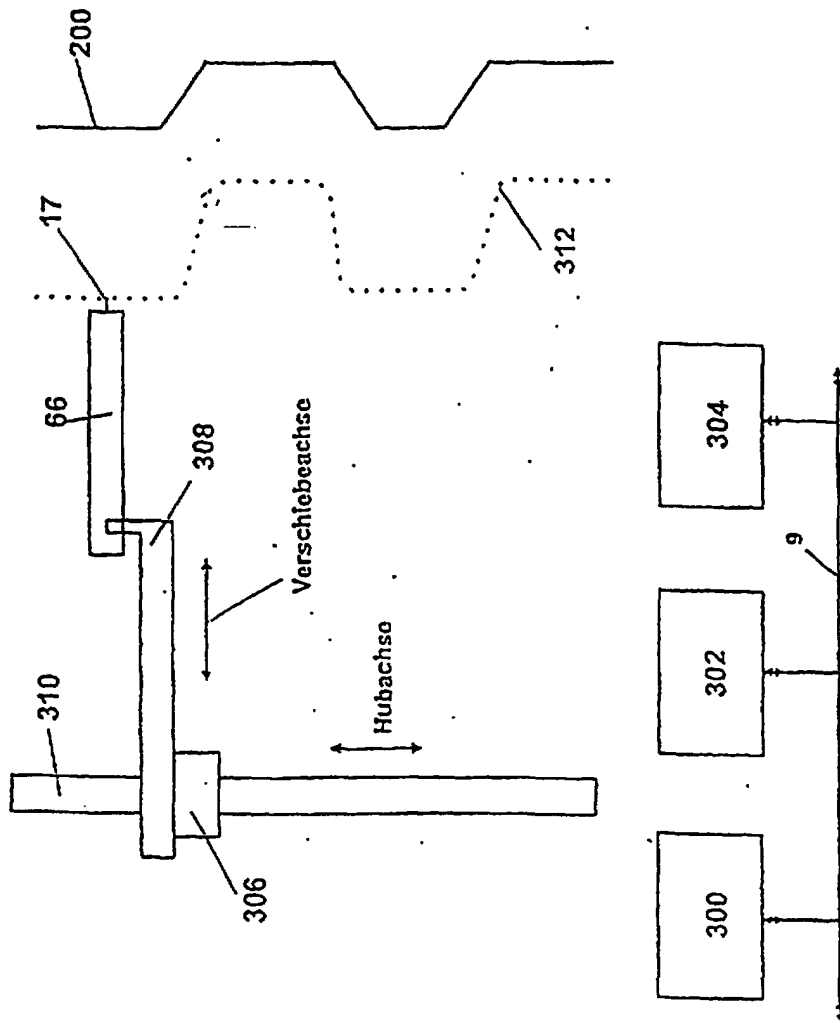


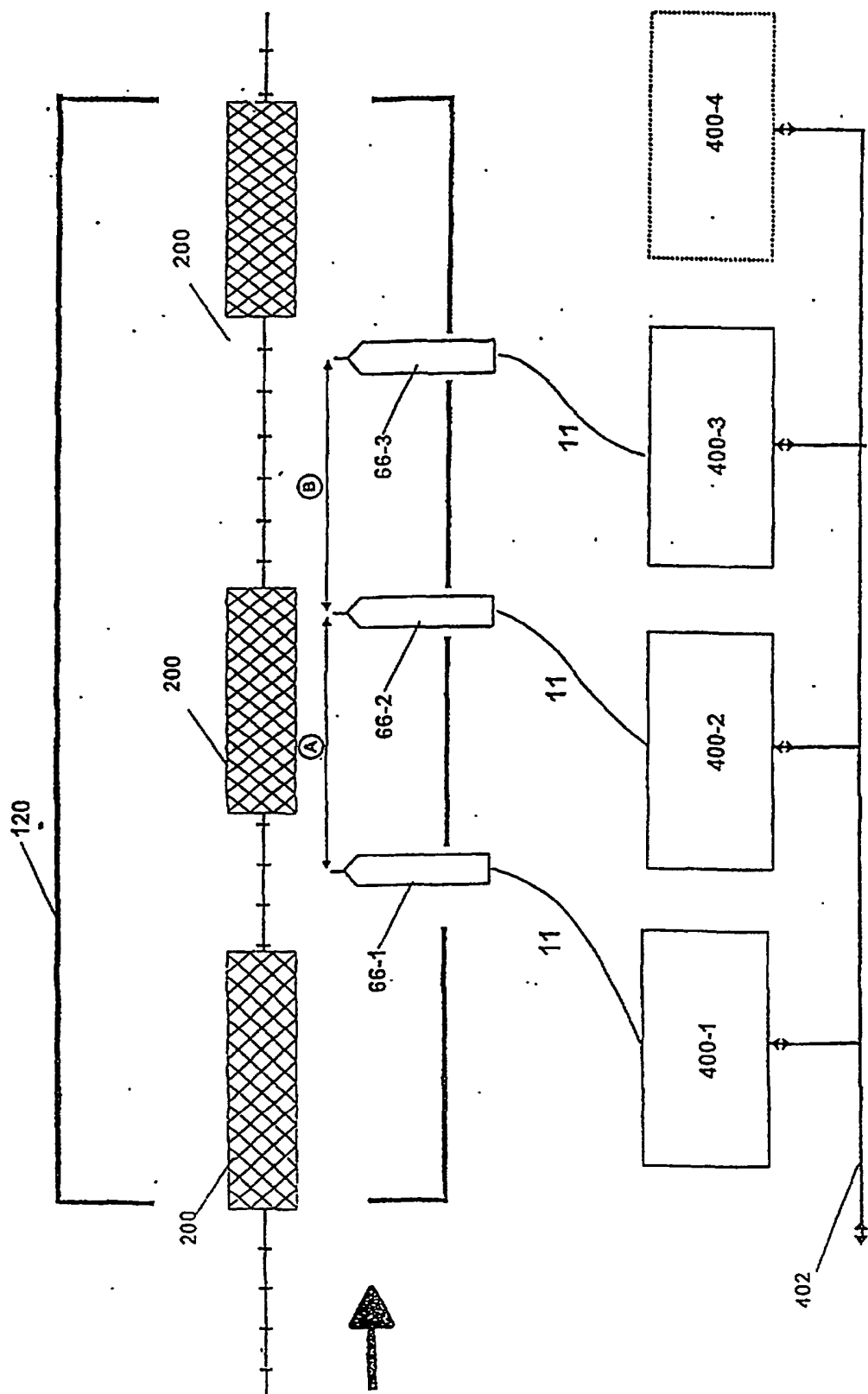
Fig. 1



FIGUR 2

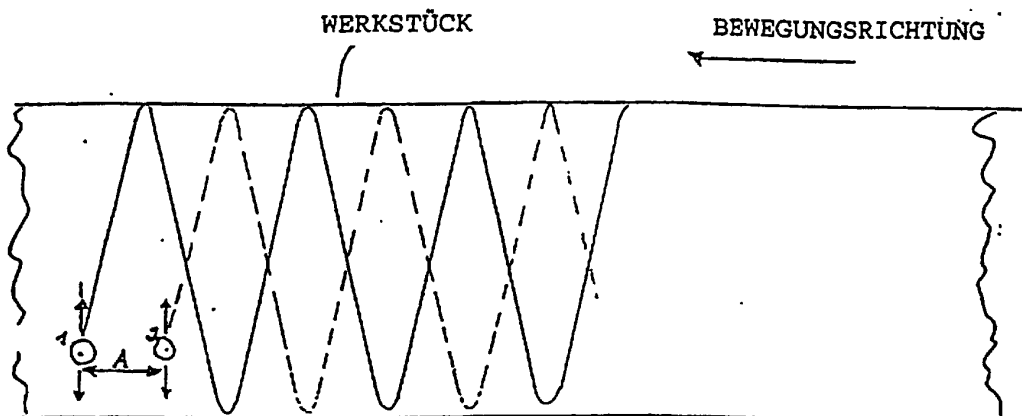


Figur 3



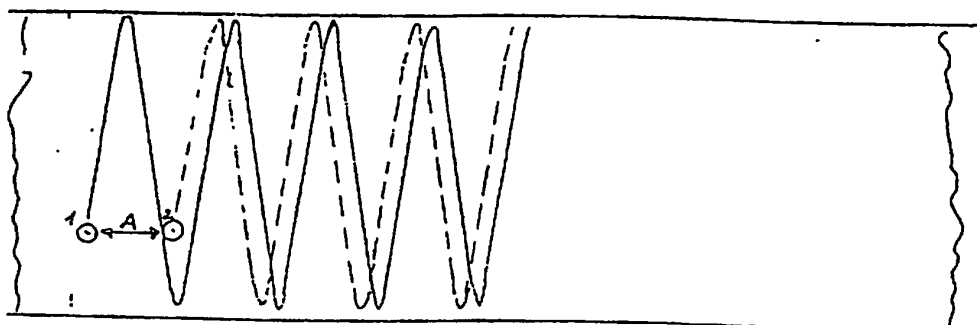
Figur 4

FALL A: BEWEGUNG DES HUBGERÄTES "SYNCHRONISIERT"

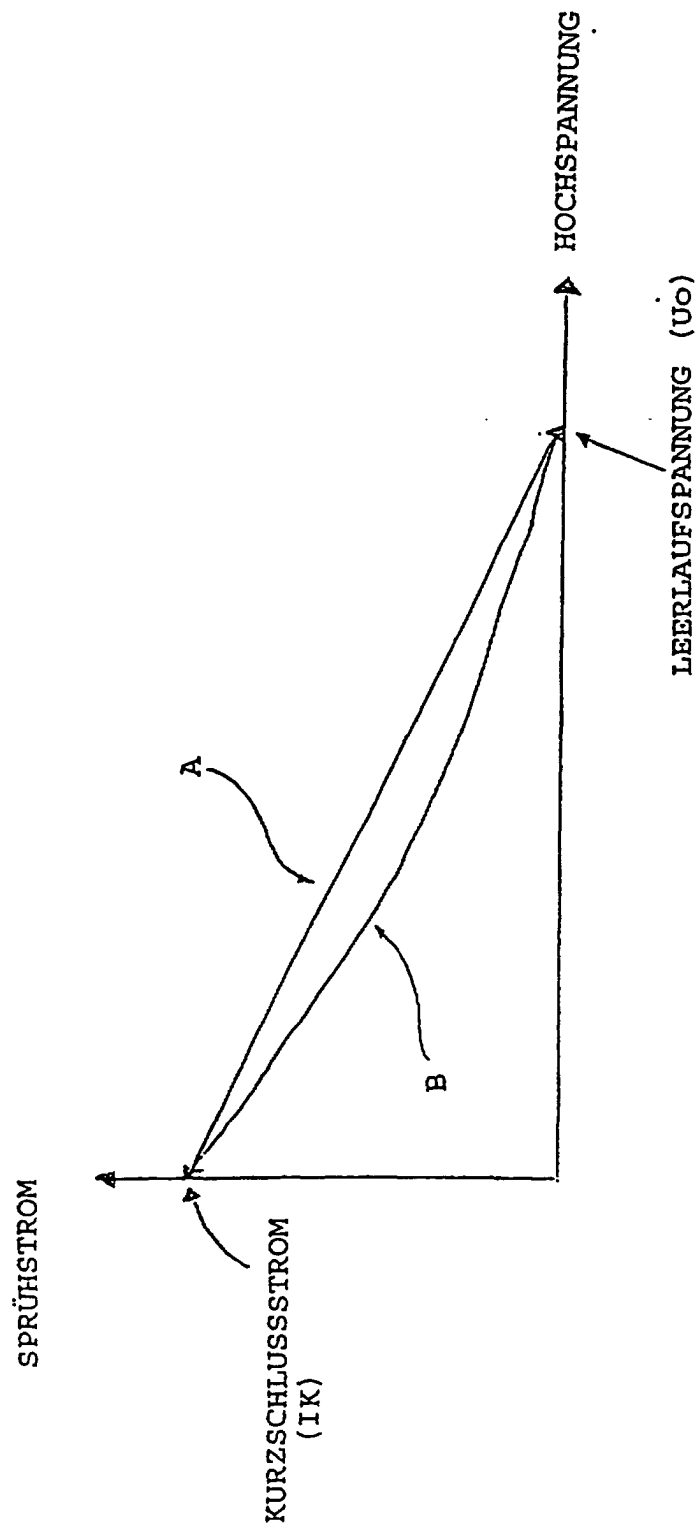


FIGUR 5a

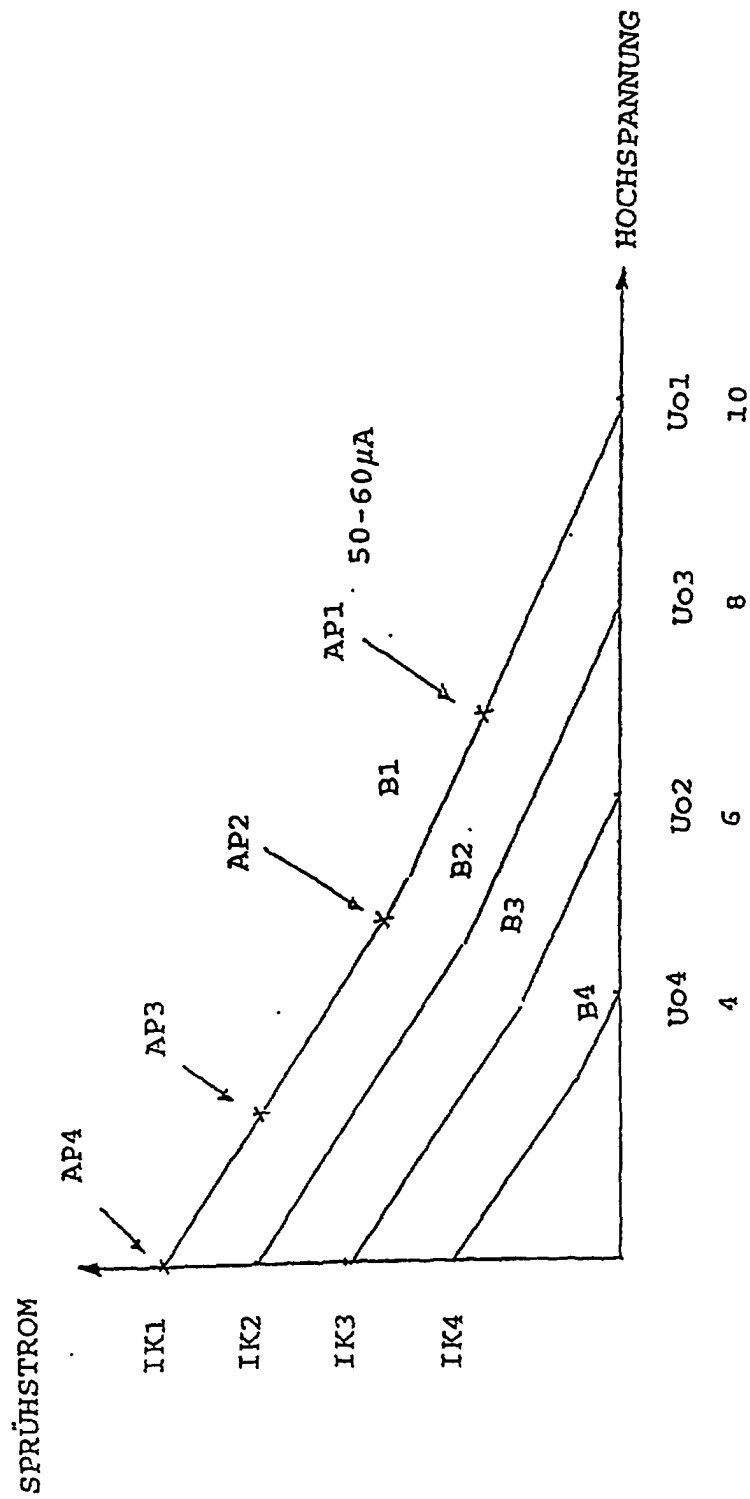
FALL B: BEWEGUNG DES HUBGERÄTES NICHT "SYNCHRONISIERT"



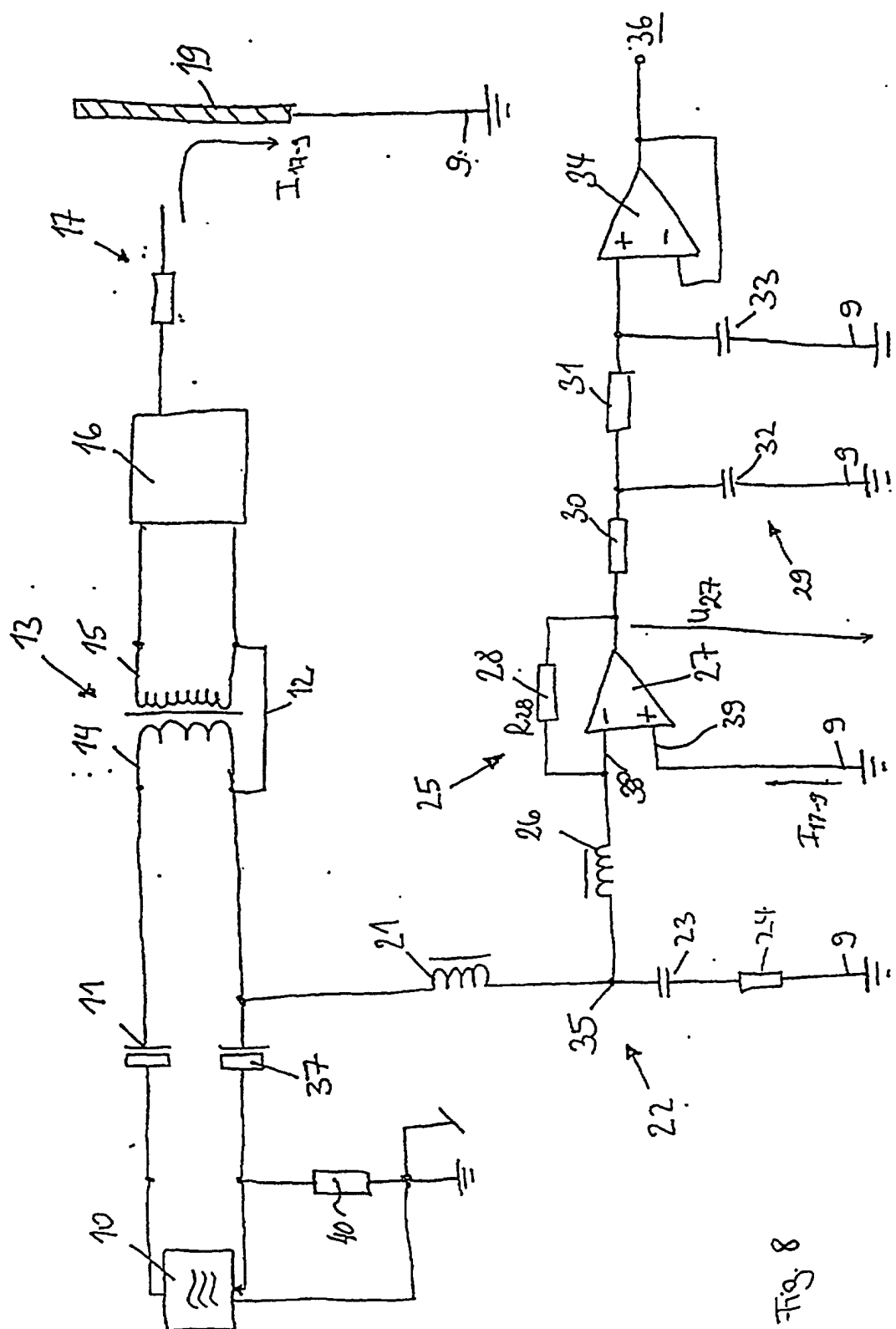
FIGUR 5b



FIGUR 6



FIGUR 7



8
Fig.

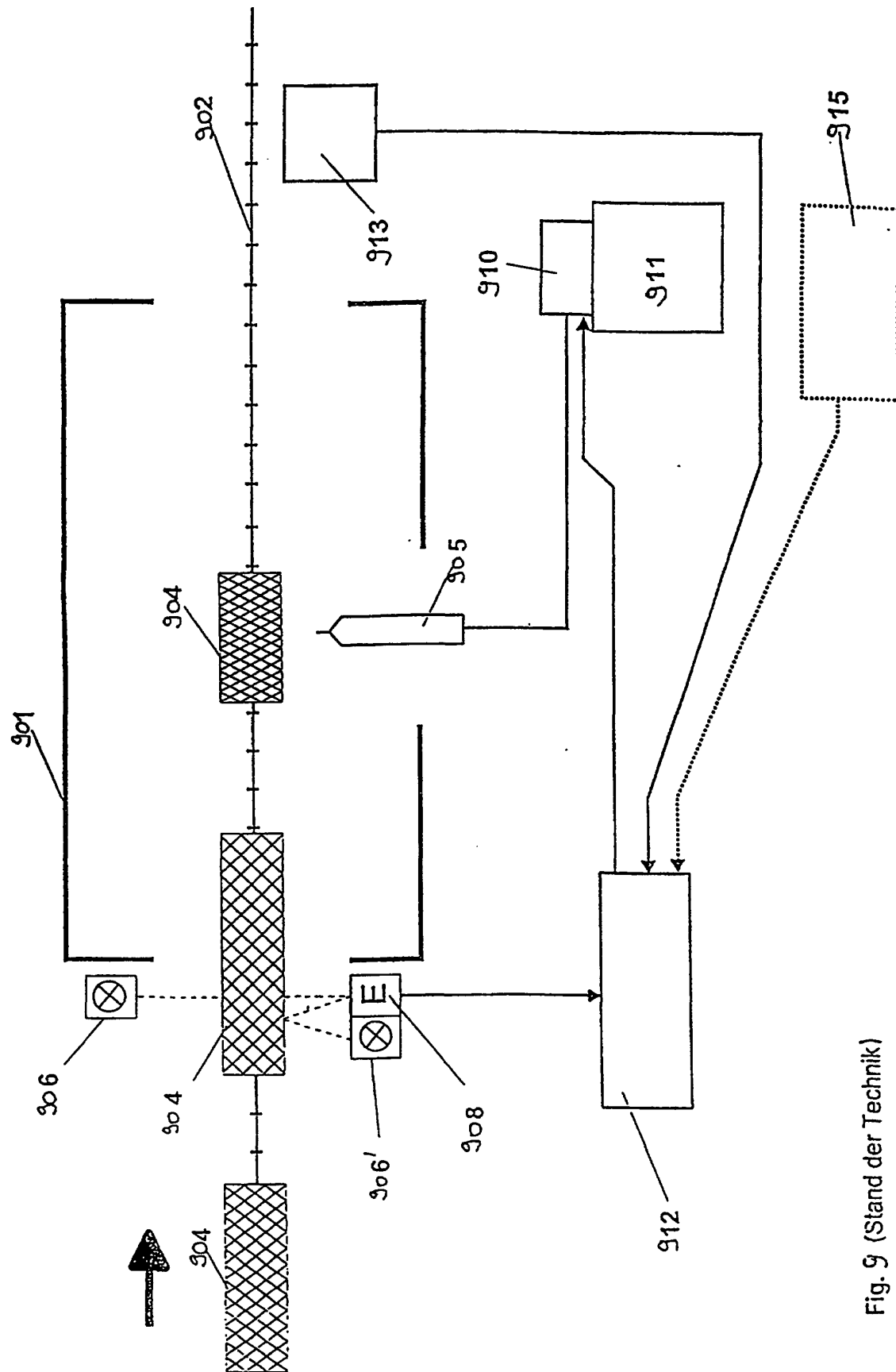


Fig. 9 (Stand der Technik)