



(12) **EUROPÄISCHE PATENTANMELDUNG**

(43) Veröffentlichungstag:  
25.10.2000 Patentblatt 2000/43

(51) Int. Cl.<sup>7</sup>: G01R 19/155

(21) Anmeldenummer: 00107319.6

(22) Anmeldetag: 04.04.2000

(84) Benannte Vertragsstaaten:  
**AT BE CH CY DE DK ES FI FR GB GR IE IT LI LU  
MC NL PT SE**  
Benannte Erstreckungsstaaten:  
**AL LT LV MK RO SI**

(72) Erfinder:  
• **Luderer, Manfred**  
71566 Althütte (DE)  
• **Schnier, Olav**  
72585 Riederich (DE)  
• **Raissle, Thomas**  
72135 Dettenhausen (DE)

(30) Priorität: 06.04.1999 DE 19915374

(71) Anmelder:  
**Schnier Elektrostatik GmbH**  
72810 Gomaringen (DE)

(74) Vertreter:  
**König, Beate, Dipl.-Phys. Dr.**  
**König & Köster,**  
**Morassistrasse 8**  
**80469 München (DE)**

(54) **Verfahren und Schaltungsanordnung zur Sicherheitsüberprüfung einer elektrostatischen Sprühanlage**

(57) An einer mit Hochspannung betriebenen elektrostatischen Sprühanlage soll nach dem Abschalten der Hochspannung geprüft werden, ob die Restenergie, die noch in dem vom Hochspannungserzeuger (1) gespeisten Energiespeichersystem verblieben ist, auf einen ungefährlichen Wert abgesunken ist. Hierzu wird der Wert der elektrischen Kapazität des Energiespeichersystems bestimmt, und der Istwert der an diesem System liegenden Spannung wird gemessen. Anhand dieser Werte und unter Ausnutzung der naturgesetzlichen Beziehung, die zwischen elektrischer Spannung, elektrischer Kapazität und elektrischer Energie besteht, wird nach dem Abschalten der Hochspannung ermittelt, ob die Restenergie einen als ungefährlich vorgegebenen Wert überschreitet.

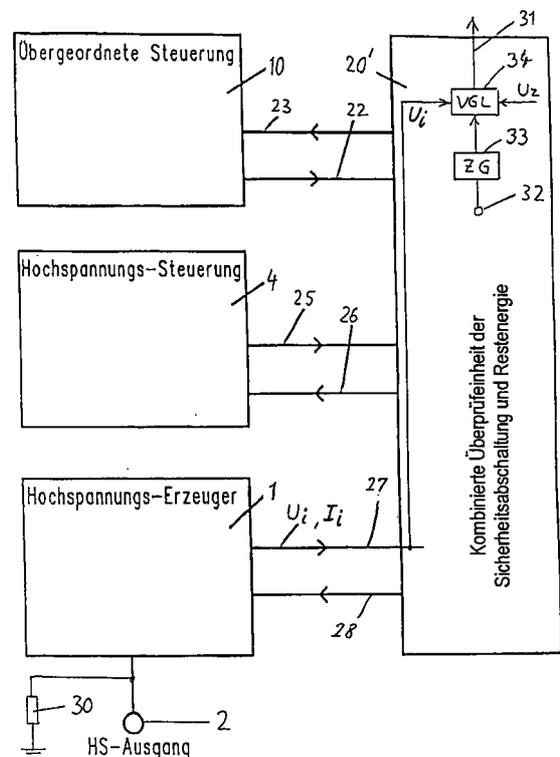


Fig. 2

## Beschreibung

**[0001]** Die Erfindung betrifft ein Verfahren und eine Schaltungsanordnung zur Sicherheitsüberprüfung einer mit Hochspannung betriebenen elektrostatischen Sprühanlage.

**[0002]** In elektrostatischen Sprühanlagen beispielsweise zur serienweisen Beflockung oder Lackierung von Werkstücken werden die Sprühorgane bekanntlich an eine Hochspannungsversorgungsanlage angeschlossen, die im wesentlichen aus einem in der Regel innerhalb einer Sprühkabine befindlichen Hochspannungserzeuger und einer außerhalb der Kabine angeordneten Steuerelektronik besteht. Die Kabine ist während des Beflockungsoder Beschichtungsbetriebes unzugänglich und kann üblicherweise nur nach Abschalten der Hochspannung betreten werden. Hierbei besteht das Problem, daß beim Abschalten in dem von dem Hochspannungserzeuger zuvor gespeisten System zunächst noch eine erhebliche Ladungsenergie gespeichert ist. Das betreffende Energiespeichersystem besteht aus dem oder den an den Hochspannungserzeuger angeschlossenen Sprühorganen bzw. deren Elektroden, ggf. dem über das Sprühorgan aufgeladenen Materialversorgungssystem und den sonstigen mit dem Sprühorgan leitend verbundenen spannungsführenden Teilen der Anlage. Aus Sicherheitsgründen muß dafür gesorgt werden, daß bei Freigabe des Zugangs in die Sprühkabine nach einer vorbestimmten Zeit nach Abschalten der Hochspannung, beispielsweise nach 2 Sekunden, die gespeicherte Restenergie auf eine für den Menschen bei Berührung irgendeines leitenden Teils des Systems und/oder hinsichtlich eventueller Kurzschlüsse gegen Erde ungefährlichen Wert abgesunken ist. Diese Restenergie soll nach derzeit geltenden Bestimmungen für bestimmte Anlagen maximal 350 mWs betragen, in Sonderfällen maximal nur 0,24 mWs. Aufgrund anderer Kriterien darf bei Berührung kein höherer Strom als 0,7 mA möglich sein.

**[0003]** Bei Beflockungs- oder Beschichtungsanlagen der hier betrachteten Art hat man versucht, das Energiespeichersystem mit normalerweise offenen, nach dem Abschalten der Hochspannung geschlossenen Erdschaltern plötzlich zu entladen. Diese Methode hat sich nicht überall bewährt, hauptsächlich wegen der über die Erdschalter fließenden erheblichen Ströme, die kurzzeitig in der Größenordnung von 10 kA liegen können, und der hohen Spannungen, die an den notwendigen Dämpfungswiderständen abfallen und elektronische und sonstige Anlagenteile gefährden können. Üblich sind stattdessen ständig zwischen das Energiespeichersystem und Erde geschaltete Entladewiderstände, die so bemessen sind, daß innerhalb der vorgeschriebenen Zeit von beispielsweise zwei Sekunden nach Abschalten der Hochspannung die Restenergie auf den zulässigen Wert von 350 mWs absinkt. In der Praxis hat sich aber gezeigt, daß die vorhandenen

Entladekreise nicht absolut zuverlässig und störsicher sind. Es kommt immer wieder vor, daß der Zugang in die Kabine freigegeben wird, obwohl dem Energiespeichersystem noch eine lebensgefährlich hohe Restenergie entnehmbar geblieben ist. Ein Grund hierfür kann beispielsweise sein, daß ein Entladewiderstand defekt ist oder versehentlich oder sogar aus irgendeinem Grund absichtlich abgetrennt wurde, so daß es wesentlich länger als aufgrund der Anlagenkonstruktion vorgesehen dauert, bis die gespeicherte Energie auf den ungefährlichen Restwert abgesunken ist. Ein anderer Grund kann eine zu hohe Betriebsspannung sein, beispielsweise wenn in einer Beflockungsanlage die an sich auf einen vorgegebenen Maximalwert begrenzte Hochspannung versehentlich oder infolge eines Fehlers oder aus irgendwelchen Gründen absichtlich auf einen höheren Wert eingestellt war. Auch in diesem Fall dauert nach dem Abschalten die Entladung über die gemäß der normalen Maximalspannung dimensionierten Entladewiderstände entsprechend länger als eigentlich vorgesehen. Aus diesen Gründen besteht erheblich Unfallgefahr, tatsächliche Unfälle sind in der Praxis nicht selten.

**[0004]** Aufgabe der Erfindung ist die Schaffung technischer Mittel, um festzustellen, ob nach Abschaltung der Hochspannung an einer elektrostatischen Sprühanlage ein gefahrloser Zustand eingetreten ist, der einen Zugang in den die Sprühorgane enthaltenden Raum ohne die geschilderte Unfall- und/oder Kurzschlußgefahr erlaubt.

**[0005]** Diese Aufgabe wird erfindungsgemäß gelöst durch das im Patentanspruch 1 beschriebene Verfahren und durch die im Patentanspruch 11 beschriebene Schaltungsanordnung. Vorteilhafte Ausführungsformen und Weiterbildungen der Erfindung sind in den abhängigen Ansprüchen gekennzeichnet.

**[0006]** Demnach betrifft die Erfindung sowohl ein Verfahren als auch eine Schaltungsanordnung zur Sicherheitsüberprüfung einer mit Hochspannung betriebenen elektrostatischen Sprühanlage, die im Betrieb elektrische Energie in dem System speichert, das die auf Hochspannung gelegten Elemente der Sprüheinrichtung und die hiermit im Betrieb und in Betriebspausen elektrisch leitend verbundenen Bestandteile der Anlage enthält, wobei die Anlage Mittel aufweist, um das Energiespeichersystem in Betriebspausen nach Abschaltung der Hochspannung in einen Zustand zu entladen, in welchem die noch gespeicherte Energie nicht höher als ein als ungefährlich vorgegebener Restwert  $E_z$  ist.

**[0007]** Erfindungsgemäß wird bei dem Verfahren der Wert C der elektrischen Kapazität des Energiespeichersystems ermittelt, und nach Abschalten der Hochspannung wird der Istwert  $U_i$  der am Energiespeichersystem noch vorhandenen Spannung gemessen. Unter Verwendung dieses Istwertes  $U_i$  wird geprüft, ob die Sicherheitsbedingung  $\frac{1}{2}CU_i^2 \leq E_z$  erfüllt ist.

**[0008]** Die erfindungsgemäße Schaltungsanordnung enthält Eingangsschaltungen zur Bereitstellung einer ersten Größe  $U_i$ , die den Istwert der am Energiespeichersystem liegenden Spannung darstellt, einer zweiten Größe  $C$ , die den Wert der elektrischen Kapazität des Energiespeichersystems darstellt, und einer dritten Größe  $E_z$ , die den als ungefährlich vorgegebenen Restenergiewert darstellt. Ferner vorgesehen ist eine nach Abschalten der Hochspannung aktivierbare Verarbeitungsschaltung, die unter Verknüpfung der drei Größen  $U_i$ ,  $C$  und  $E_z$  ein Signal liefert, welches anzeigt, ob die Sicherheitsbedingung  $\frac{1}{2}CU_i^2 \leq E_z$  erfüllt ist.

**[0009]** Die Erfindung nutzt also die naturgesetzliche Beziehung, die zwischen elektrischer Spannung  $U$ , elektrischer Kapazität  $C$  und elektrischer Energie  $E$  gemäß der Formel  $E = \frac{1}{2}CU^2$  besteht, zur Realisierung eines neuen Sicherheitskonzeptes an elektrostatischen Sprühanlagen. Anhand gemessener Istwerte der Kapazität und der anliegenden Spannung wird unter Ausnutzung der besagten naturgesetzlichen Beziehung nach dem Abschalten der Hochspannung ermittelt, ob die Restenergie einen als ungefährlich vorgegebenen Wert überschreitet. Das Ergebnis dieser Prüfung kann in vorteilhafter Ausführungsform der Erfindung zur Erzeugung eines Alarmsignals oder eines den Zugang zur Sprühkabine verhindernden Signals verwendet werden.

**[0010]** Dieses Konzept bietet Sicherheit vor Unfällen und brandverursachenden Kurzschlüssen auch dann, wenn die Energieentladekreise der Sprühanlage versagen oder beispielsweise wegen zu hoher vorheriger Betriebsspannung nicht in einem vorgesehenen Zeitraum ausreichend wirken.

**[0011]** Aufgrund der Erfindung wird mit überraschend geringem Schaltungs- und ggf. Softwareaufwand einer einfachen Überprüfeinheit eine ganz erhebliche Verbesserung der Unfallsicherheit in elektrostatischen Sprühanlagen erreicht. Ein wichtiger zusätzlicher Vorteil besteht darin, daß die Überwachung der Abschaltsicherheit, also die Sicherstellung des Zugangs beispielsweise in eine Sprühkabine ohne Gefährdung durch zu hohe Restladenergie, ständig oder kontinuierlich und ohne jeden Eingriff in den normalen Anlagenbetrieb durchgeführt werden kann.

**[0012]** In Weiterbildung der Erfindung kann die Überprüfeinheit auch die in der Patentanmeldung DE 198 16 140.9 beschriebene Überwachung oder Überprüfung der Funktion einer selbsttätigen Abschaltung der Hochspannung bei nicht zulässigem Anstieg des Betriebsstroms durchführen, wobei Strom-Istwerte und/oder Spannungs-Istwerte des Hochspannungserzeugers durch Testsignale simuliert werden, die der Hochspannungssteuerung unabhängig von dem Hochspannungserzeuger zugeführt werden.

**[0013]** Die Erfindung und vorteilhafte Ausgestaltungen werden nachstehend an Ausführungsbeispielen anhand von Zeichnungen näher erläutert.

Fig. 1 zeigt die in der erwähnten DE 198 16 140.9 beschriebene Anordnung zum Überprüfen der Sicherheitsabschaltung der Hochspannungsversorgung einer elektrostatischen Sprühanlage;

Fig. 2 zeigt eine erfindungsgemäße, die Restenergie überprüfende Schaltungsanordnung in Kombination mit einer Anordnung zum Überprüfen der Sicherheitsabschaltung der Hochspannungsversorgung;

Fig. 3 zeigt eine vorteilhafte Weiterbildung der in Fig. 2 gezeigten Restenergie-Überprüfschaltung in Kombination mit der in Fig. 2 gezeigten Anordnung zum Überprüfen der Sicherheitsabschaltung der Hochspannungsversorgung;

Fig. 4 veranschaulicht eine Kombination der in Fig. 2 gezeigten Restenergie-Überprüfschaltung mit der in der Fig. 1 dargestellten Anordnung zum Überprüfen der Sicherheitsabschaltung der Hochspannungsversorgung;

Fig. 5 veranschaulicht eine besondere Realisierungsform einer erfindungsgemäßen Restenergie-Überprüfschaltung in Kombination mit der in der Fig. 1 gezeigten Anordnung zum Überprüfen der Sicherheitsabschaltung der Hochspannungsversorgung.

**[0014]** Gemäß Fig. 1 ist ein Hochspannungserzeuger 1, der konventionell aus einer Kaskade mit zugehöriger Elektronik und einem Hochspannungstransformator bestehen kann, an seinem Hochspannungsausgang 2 an ein (nicht dargestelltes) Sprühgerät angeschlossen.

**[0015]** Zum Regeln, Steuern, Überwachen und Abschalten des Hochspannungserzeugers 1 dient eine elektronische Steuerschaltung 4, die Ausgänge 5 für die Spannungsversorgung des Hochspannungserzeugers 1 sowie ebenfalls mit diesem verbundene Eingänge 6 und 7 hat, an denen ihr beim Sprühbetrieb der Istwert des Stroms und der Istwert der Spannung des Hochspannungserzeugers zugeführt werden. Die Steuerschaltung 4 kann außerhalb einer Sprühkabine angeordnet sein, während sich der Hochspannungserzeuger 1 in der Regel in der Nähe des zugehörigen Sprühorgans innerhalb der Kabine befindet.

**[0016]** Die aus dem Hochspannungserzeuger 1 und der Steuerschaltung 4 bestehende Hochspannungsversorgungsanlage wird von einer mit 10 bezeichneten übergeordneten Steuerung der Sprühanlage gesteuert und hat zu diesem Zweck einen Eingang 11 für ein Hochspannungsschaltsignal sowie Eingänge 12 und 13 für Strom- und Spannungswerte. Ferner hat die Steuerschaltung 4 einen Ausgang 15, an dem sie

der Steuerung 10 im Fall einer Störung, insbesondere bei Überschreiten eines vorgegebenen Betriebsstrom-Schwellenwertes, ein Abschaltsignal zuführt.

**[0017]** Zur Sicherheitsüberprüfung der Hochspannungsversorgungsanlage dient eine Test- oder Überprüfeinheit 20, die mit den Eingängen 12 und 13 und dem Ausgang 15 der Steuerschaltung 4 verbundene Eingänge 12', 13' und 15' sowie mit den Eingängen 6, 7 verbundene Ausgänge 6', 7' hat.

**[0018]** Zur Überprüfung der Hochspannungsversorgungsanlage wird die Verbindung zwischen den Eingängen 6 und/oder 7 der Steuerschaltung 4 und dem Hochspannungserzeuger 1 unterbrochen, z.B. durch Schalter oder elektronische Entkopplung zwischen dem Hochspannungserzeuger und den Anschlußstellen der Ausgänge 6', 7' der Überprüfeinheit. Die von der übergeordneten Steuerung 10 kommenden Sollwerte für Spannung und Strom werden von der Überprüfeinheit 20 abgefragt, die nun den Spannungs-Sollwert der Steuerschaltung 4 am Eingang 7 als Istwert zuführt, so daß für die Hochspannungssteuerung die Erzeugung einer ausreichenden Hochspannung durch den Hochspannungserzeuger simuliert wird. Der Hochspannungserzeuger 1 kann bei der Überprüfung abgeschaltet werden.

**[0019]** Ferner wird der beim Sprühbetrieb vom Hochspannungserzeuger 1 kommende Strom-Istwert am Eingang 6 der Steuerschaltung 4 durch ein von der Überprüfeinheit 20 erzeugtes Testsignal ersetzt. Dieses den Strom-Istwert simulierende Signal wird von Null oder einem sehr kleinen Stromwert ausgehend vorzugsweise kontinuierlich bis zu einer Größe hochgefahren, bei der die Steuerschaltung wie auf ein echtes Überstromsignal des Hochspannungserzeugers ansprechend die betreffende Störung meldet und das entsprechende Abschaltsignal am Ausgang 15 erzeugt. Sobald die Überprüfeinheit 20 an ihrem Eingang 15' das Abschaltsignal erhält, speichert sie den zu diesem Zeitpunkt von ihr simulierten Strom-Istwert. Dieser Wert wird mit dem Strom-Sollwert am Eingang 12' verglichen. Wenn das Ergebnis des Vergleiches innerhalb eines einstellbaren "Fensters" liegt, meldet die Überprüfeinheit an weiteren Ausgängen 21 einwandfreie Funktion der Hochspannungsversorgungsanlage. Andernfalls erzeugt sie an diesen Ausgängen ein Alarmsignal. Auch der gespeicherte simulierte Strom-Istwert kann an den Ausgängen 21 gemeldet werden. Ein Alarmsignal kann auch dann erzeugt werden, wenn am Eingang 15' kein Abschaltsignal erscheint, obwohl das Testsignal bis zu einem einstellbaren, den Sollwert wesentlich übersteigenden Maximalwert hochgefahren wurde. Das beschriebene Hochfahren des Testsignals kann manuell oder selbsttätig erfolgen.

**[0020]** Zur praktischen Realisierung der Überprüfeinheit 20 genügt im wesentlichen ein entsprechend dem gewünschten Testsignal sowie von dem Abschaltsignal am Eingang 15' steuerbarer Spannungs-, Strom- oder Signalgenerator, dessen Ausgang einerseits z.B.

dem Eingang 6 der Steuerschaltung 4 und andererseits dem einen Eingang eines Komparators (nicht dargestellt) zugeführt wird, der dieses Signal mit dem an seinen zweiten Eingang angelegten Strom-Sollwert vom Eingang 12' vergleicht. Das Ausgangssignal des Komparators kann als Alarmsignal dienen.

**[0021]** Es können fest installierte, jeweils einem Sprühgerät oder einer Gruppe von Sprühgeräten (Zerstäubern) zugeordnete Einheiten 20 zweckmäßig sein. Eine andere Möglichkeit besteht in der Verwendung eines die Überprüfeinheit 20 enthaltenden transportablen Gerätes, das jeweils bei Bedarf an den zu überprüfenden Anlagenteil angeschlossen wird.

**[0022]** Anhand der Fig. 2 sei nun eine Abwandlung der in Fig. 1 dargestellten Anordnung beschrieben, zusätzlich versehen mit Mitteln zur Durchführung der erfindungsgemäßen Sicherheitsüberprüfung betreffend die Restenergie nach Abschaltung der Hochspannung. In der Anordnung nach Fig. 2 gibt die übergeordnete Steuerung 10 an Ausgangsverbindungen 22 ein Befehlssignal zum Einschalten der Hochspannung sowie entsprechende Sollwerte für Strom und Spannung ab, während sie an ihren Eingangsverbindungen 23 Informationen über Störungen wie z.B. Stromabschaltung bei Betrieb mit konstanter Spannung oder Unterspannungsabschaltung bei Betrieb mit konstantem Strom empfängt. Alle diese Signale bzw. Informationen werden in Eingangsverbindungen 26 der Steuerschaltung 4 übertragen bzw. von deren Ausgangsverbindungen 25 empfangen und hierbei darstellungsgemäß durch die Überprüfeinheit 20' geführt.

**[0023]** Ferner empfängt die Steuerschaltung 4 im Falle der Fig. 2 vom Hochspannungserzeuger 1 ebenfalls über die Überprüfeinheit 20', im Wege der Leitungen 27, 26, die Istwerte  $U_i$  und  $I_i$  der am Ausgang 2 an das Sprühorgan (nicht dargestellt) angelegten Spannung und des Stroms. Außerdem versorgt die Steuerschaltung 4 über ihre Ausgangsverbindung 25 und über die Einheit 20' den Hochspannungserzeuger 1 an dessen Eingangsverbindung 28 mit dem erforderlichen Betriebsstrom. Die Steuerschaltung 4 und der Hochspannungserzeuger 1 bilden einen geschlossenen Regelkreis.

**[0024]** Auch bei dieser Ausführungsform können die Istwerte des Ausgangsstroms und der Spannung des Hochspannungserzeugers 1 in der oben beschriebenen Weise durch Testsignale simuliert werden, um künstlich Abschaltungen zu erzwingen, während der Hochspannungserzeuger 1 von seiner Steuerschaltung 4 und von der Versorgung an der Eingangsverbindung 28 getrennt, also abgeschaltet ist.

**[0025]** Zusätzlich hierzu enthält die Überprüfeinheit 20' erfindungsgemäß eine Schaltung zur Ermittlung der Restenergie, die nach dem manuellen oder durch eine Störung bewirkten Abschalten des Hochspannungserzeugers 1 in dem Energiespeichersystem verbleibt, das das an dem Ausgang 2 angeschlossene Sprühorgan bzw. dessen Hochspannungselektroden und alle hier-

mit elektrisch leitend verbundenen Bestandteile der Anlage ggf. einschließlich des Materialzuführsystems enthält, die im vorherigen Betrieb auf Hochspannung gelegt worden waren. Wie schon erwähnt wurde, muß das Energiespeichersystem nach dem Abschalten der Hochspannung so entladen werden, daß die gespeicherte Energie von ihm sich im normalen Betrieb einstellenden Höchstwert innerhalb einer vorgeschriebenen Zeit von beispielsweise zwei Sekunden auf einen ungefährlichen Restenergiewert absinkt, der nach derzeitigen Bestimmungen höchstens 350 mWs betragen soll. Zu diesem Zweck ist üblicherweise zwischen das betrachtete Energiespeichersystem und Erde ein Entladewiderstand 30 geschaltet, der unter Berücksichtigung der relevanten Parameter der Anlage so dimensioniert worden ist, daß bei dem genannten Beispiel nach zwei Sekunden der ungefährliche Wert erreicht wird und die den Hochspannungserzeuger 1 und das Sprühorgan enthaltende Sprühkabine betreten werden darf. Ein anderes Sicherheitskriterium schreibt vor, daß bei Berühren eines der spannungsführenden Elemente kein Strom fließen darf, der einen ungefährlichen Wert von beispielsweise 0,7 mA übersteigt. Zwischen diesem Kriterium und der Begrenzung der dem System entnehmbaren Restenergie besteht natürlich ein enger Zusammenhang. Weniger sicherheitsrelevant ist dagegen bekanntlich eine Begrenzung der mit der gespeicherten Restenergie absinkenden Spannung des Energiespeichersystems. Diese Spannung wird aber in oder an dem Hochspannungserzeuger 1 und/oder in der Überprüfeinheit 20' ständig und kontinuierlich gemessen.

**[0026]** Da die erforderliche Sicherheit bei den bisher üblichen Anlagen nicht mehr gewährleistet ist, wenn das Energiespeichersystem nicht richtig über den Entladewiderstand 30 oder durch sonstige Maßnahmen der bekannten Anlage entladen wird, soll die Überprüfeinheit 20' am Ausgang 31 ein als Warnung oder beispielsweise zum Sperren des Zugangs zu der Sprühkabine verwendbares Signal erzeugen, wenn die Restenergie nach der gewählten Sicherheitszeitspanne nach dem Abschalten der Hochspannung beispielsweise zwei Sekunden noch höher ist als der genannte Wert von 350 mWs. Zu diesem Zweck wird zunächst beispielsweise schon bei der Installation der Anlage die Gesamtkapazität C des Energiespeichersystems gemessen und gespeichert. Hieraus wird dann nach der Formel  $U_z = (2E_z/C)^{1/2}$  mit beispielsweise  $E_z = 350$  mWs der für die betrachtete Anlage zulässiger Spannungswert  $U_z$  errechnet, der nach der gewählten Zeit erreicht sein muß.  $U_z$  wird gespeichert. Die Überprüfeinheit 20' enthält einen Zeitgeber 33, der an einem Eingang 32 von einem gleichzeitig mit dem Abschalten des Hochspannungserzeugers 1 erzeugten Signal eingeschaltet wird und an seinem Ausgang den Ablauf der gewählten Zeitspanne (z.B. 2 Sekunden) an einen Vergleichler 34 meldet. Der Vergleichler 34 vergleicht zu diesem Zeitpunkt die der tatsächlichen Istspannung des

Energiespeichersystems entsprechende kontinuierlich gemessene Ausgangsspannung  $U_i$  des Hochspannungserzeugers 1 mit dem zulässigen Spannungswert  $U_z$ . Wenn der Spannungs-Istwert  $U_i$ , der im gezeigten Fall gemäß Fig. 2 aus dem Hochspannungserzeuger 1 über dessen Ausgangsverbinding 47 zugeführt wird, den Wert  $U_z$  übersteigt, wird am Ausgang 31 das erwähnte Alarm- und/oder Schaltsignal erzeugt.

**[0027]** Der Zeitpunkt des Vergleiches wird aufgrund der jeweiligen Erfordernisse der Praxis gewählt. Wenn sich anlagenbedingte Änderungen des betrachteten Energiespeichersystems ergeben, ist es lediglich erforderlich, die Gesamtkapazität dieses Systems erneut zu messen und die Restenergieermittlungsschaltung der Überprüfeinheit 20' entsprechend neu zu kalibrieren.

**[0028]** Der Zeitgeber 33 ist vorzugsweise einstellbar, z.B. in 50ms-Schritten im Bereich von 0 bis 12,75 Sekunden. Als Alternative kann der Vergleichler 34 auch so gesteuert werden, daß er (spätestens) sofort nach dem Abschalten der Hochspannung den Spannungs-Istwert  $U_i$  kontinuierlich mit dem zulässigen Wert  $U_z$  vergleicht und das Alarm- oder Zugangsperrsignal am Ausgang 31 so lange erzeugt, bis  $U_i$  auf den Wert  $U_z$  abgesunken ist.

**[0029]** Bei Vorgabe des Wertes  $E_z$  für die höchstzulässige Restenergie und nach Ermittlung des Kapazitätsmeßwertes C kann der Spannungswert  $U_z$  auf beliebige Weise automatisch oder vom Personal vor Betriebsbeginn berechnet und eingegeben werden. Eine diesbezügliche Recheneinrichtung kann in der übergeordneten Steuereinheit 10 vorgesehen werden, die zu diesem Zweck auch Eingabemittel für die Größen  $E_z$  und C und Ausgabemittel für die errechnete Größe  $U_z$  haben kann (in Fig. 2 nicht gezeigt).

**[0030]** Die Fig. 3 zeigt eine Weiterbildung der Ausführungsform nach Fig. 2, ergänzt durch Mittel zur Anzeige des Istwertes  $E_i$  der gespeicherten Energie und besondere Mittel zur automatischen Messung der elektrischen Kapazität C des Energiespeichersystems und zur Bereitstellung der Vergleichsgröße  $U_z$ , welche die zulässige Spannung darstellt.

**[0031]** Gemäß der Fig. 3 empfängt der Vergleichler 34 die Größe  $U_z$  von einer in der Einheit 20' angeordneten ersten Recheneinrichtung 40, die aus zwei Eingangsgrößen  $E_z$  und C den Wert  $U_z = (2E_z/C)^{1/2}$  errechnet und an ihrem Ausgang speichert. Die Größe  $E_z$  wird an einem Eingang 41 eingestellt, entsprechend dem Wert, der als zulässige Restenergie für den Zugang zur Sprühkabine vorgegeben ist (z.B. 350 mWs). Die Größe C wird von einer Kapazitätsmeßeinrichtung 70 geliefert, welche die elektrische Kapazität des Energiespeichersystems mißt und hierzu vorzugsweise zwischen den Hochspannungsausgang 2 und Erde geschaltet ist.

**[0032]** Wie weiter oben beschrieben, kann der Kapazitätswert C vor Betriebsbeginn der Sprühanlage gemessen und dann in einer geeigneten Speichereinrichtung (nicht gezeigt) am betreffenden Eingang der

Rechenschaltung 40 gespeichert werden. Die Kapazitätsmeßeinrichtung 70 kann dann für die Dauer des Sprühbetriebs und die Zeit danach abgeschaltet bzw. vom Hochspannungsausgang und/oder von der Einheit 20' abgekoppelt werden. Es kann jedoch vorteilhaft sein, den Kapazitätswert C ständig zu messen, entweder kontinuierlich oder in Intervallen, um den errechneten und gespeicherten Spannungswert  $U_z$  am Ausgang der Recheneinrichtung 40 laufend zu aktualisieren. Somit lassen sich Fälle zu berücksichtigen, in denen sich die Kapazität in unvorhersehbarer Weise ändert, etwa durch Verschmutzungen in der Sprühanlage oder durch Zustandsänderungen an den Hochspannungskabeln. In einer Ausführungsform, die solchen Umständen Rechnung tragen kann, ist die Kapazitätsmeßeinrichtung 70 ständig aktiv angeschlossen, wie in Fig. 3 gezeigt.

**[0033]** Des weiteren kann es günstig sein, den Istwert  $E_i$  der im Energiespeichersystem gespeicherten Energie direkt anzuzeigen. Zu diesem Zweck sind in Weiterbildung der Erfindung eine zweite Recheneinrichtung 50 und ein Display 60 vorgesehen. Die zweite Recheneinrichtung 50 empfängt als Eingangsgrößen den Kapazitätswert C und den Spannungs-Istwert  $U_i$  und errechnet daraus Größe  $E_i = \frac{1}{2}CU_i^2$ . Das Ergebnis dieser Rechenoperation wird auf dem Display 60 sichtbar in mWs-Einheiten angezeigt. Die Anzeige kann kontinuierlich erfolgen, um den Istwert  $E_i$  der gespeicherten Energie ständig beobachten zu können. Es können aber auch Maßnahmen getroffen sein, um am Display speziell denjenigen Wert anzuzeigen und "einzufrieren", den die Größe  $E_i$  zum Zeitpunkt des Ablaufs der vom Zeitgeber 33 gesetzten Zeitspanne annimmt (z.B. 2 Sekunden nach Abschaltung der Hochspannung); dies ist in Fig. 3 durch die gestrichelte Signalverbindung vom Ausgang des Zeitgebers 33 zum Display 60 symbolisiert.

**[0034]** Die Operation der Recheneinrichtungen 40, 50 und der Kapazitätsmeßeinrichtung 70 sollte allerdings spätestens zum Zeitpunkt des Abschaltens der Hochspannung beginnen. Hierzu können diese Einrichtungen besondere Aktivierungseingänge haben (nicht gezeigt), die das am Anschluß 32 erscheinende Signal empfangen.

**[0035]** Ferner ist es vorteilhaft, den Istwert  $U_i$  der Hochspannung für die Bestimmung der Restenergie nicht aus der Ausgangsverbindung 27 des Hochspannungserzeugers sondern direkt am Hochspannungsausgang 2 abzuleiten, wie es mit der entsprechenden Verbindungsleitung in Fig. 3 symbolisiert ist.

**[0036]** Neben den vorstehend als Beispiel beschriebenen und in den Figuren 2 und 3 dargestellten Ausführungsformen sind natürlich auch andere Varianten zur Realisierung des erfindungsgemäßen Prinzips möglich. So können dem Vergleichler 34 anstelle der Größen  $U_i$  und  $U_z$ , welche die gemessene Istspannung und die zulässige Spannung darstellen, die von der Recheneinrichtung 50 errechnete Größe  $E_i$  und die am

Eingang 41 eingegebene Größe  $E_z$  angelegt werden, um die Erfüllung oder Nichterfüllung der Sicherheitsbedingung durch direkten Vergleich dieser beiden Größen anzuzeigen. Die Recheneinrichtung 40 kann in diesem Fall fortgelassen werden.

**[0037]** Die vorstehend beschriebenen Elemente 33 bis 50 sind vorzugsweise durch einen in der Einheit 20' vorgesehenen Mikrokontroller realisiert, der die Größen  $U_i$ ,  $U_z$ ,  $E_i$ ,  $E_z$  und C digital verarbeitet, z.B. als 8-Bit-Signale, und hierzu geeignete A/D-Wandler (nicht gezeigt) enthält. Bei einer mit Erfolg ausprobierten Ausführungsform wurden die gemessenen Werte für  $U_i$  und C an den entsprechenden Eingängen der Einheit 20' als analoge Niedervolt-Gleichspannungssignale für die A/D-Umwandlung bereitgestellt, z.B. durch geeignet dimensionierte Meßumformer (nicht gezeigt), die im Hochspannungserzeuger 1 bzw. in der Kapazitätsmeßeinrichtung 70 enthalten sein können. Die Meßumformer waren hierbei so geeicht, daß ein Hochspannungswert von 2,55 kV und ein Kapazitätswert von 25,5 nF jeweils einem Gleichspannungssignal von 5 V entsprach.

**[0038]** Die Kombination einer erfindungsgemäßen, die Restenergie prüfenden Verarbeitungsschaltung mit einem System zur Überprüfung der Sicherheitsabschaltung ist vorteilhaft, da sie zu einem kompakten Gesamtsystem für die Verbesserung der Sicherheit an elektrostatischen Sprühanlagen führt. Bei den in den Figuren 2 und 3 gezeigten Ausführungsformen der Erfindung sind die Elemente der die Restenergie überprüfenden Verarbeitungsschaltung in einer kombinierten Überprüfeinheit 20' untergebracht, welche auch (nicht dargestellte) Elemente für die Überprüfung der Sicherheitsabschaltung der Hochspannung enthält. Bei anderen Ausführungsformen können einzelne oder alle Elemente der erfindungsgemäßen Verarbeitungsschaltung stattdessen in der übergeordneten Steuereinheit 10 untergebracht werden. Beispiele hierfür sind in den Figuren 4 und 5 gezeigt.

**[0039]** Gemäß der Fig. 4 ist die in Fig. 2 dargestellte Verarbeitungsschaltung, welche das Zeitglied 33 und den Vergleichler 34 umfaßt, in der übergeordneten Steuerschaltung der in Fig. 1 gezeigten Anordnung aufgenommen. Der Istwert  $U_i$  der Hochspannung wird im dargestellten Fall vom Hochspannungsausgang 2 abgeleitet, wo auch der Entladewiderstand 30 angeschlossen ist, und an den in der ergänzten übergeordneten Steuereinheit 10' enthaltenen Vergleichler 34 gelegt, der als zweite Vergleichsgröße den errechneten Wert  $U_z$  empfängt und das Alarm- bzw. Zugangssperresignal an den Ausgangsanschluß 31 legt.

**[0040]** Gemäß der Fig. 5 ist in der übergeordneten Steuereinheit der in Fig. 1 gezeigten Anordnung ein Mikrokontroller 80 enthalten, der nicht nur die weiter oben beschriebenen Funktionen dieser Einheit zur Überprüfung der Sicherheitsabschaltung der Hochspannung übernimmt, sondern auch die beschriebenen Funktionen der in Fig. 3 gezeigten Verarbeitungsschal-

tung (Elemente 31-50) zur Überprüfung der Restenergie. Auch hier wird der Istwert  $U_i$  der Hochspannung vom Hochspannungsausgang 2 abgeleitet und gemeinsam mit dem von der Meßeinrichtung 70 gewonnenen Kapazitätsmeßwert C und dem Vorgabewert  $E_z$  der höchstzulässigen Restenergie zur Verarbeitung gegeben, in diesem Fall an den Mikrokontroller 80 in der entsprechend ausgestatteten übergeordneten Steuereinheit 10'. Der Mikrokontroller 80 gewinnt hieraus das Alarm- bzw. Zugangssperrsignal und sendet es an den Ausgangsanschluß 31. Ähnlich wie im Falle der Fig. 3 kann mittels des Mikrokontrollers 80 auch der Istwert  $E_i$  der Restenergie bestimmt und an einem gesonderten Display (nicht gezeigt) angezeigt werden.

**[0041]** Als Alternative zu den in den Figuren 4 und 5 gezeigten Ausführungsformen können alle oder ausgewählte Teile der die Restenergie überwachenden Verarbeitungsschaltung in ähnlicher Weise auch in der übergeordneten Steuerschaltung 10 der in Fig. 2 gezeigten Anordnung untergebracht sein. Ferner sei erwähnt, daß eine erfindungsgemäße Schaltungsanordnung, welche das Über- oder Unterschreiten der zulässigen Restenergie nach Abschaltung der Hochspannung prüft, natürlich auch getrennt und unabhängig vom Vorhandensein eines Prüfsystems für die Sicherheitsabschaltung vorgesehen werden kann.

#### Patentansprüche

1. Verfahren zur Sicherheitsüberprüfung einer mit Hochspannung betriebenen elektrostatischen Sprühanlage,

die im Betrieb elektrische Energie in dem System speichert, das die auf Hochspannung gelegten Elemente der Sprüheinrichtung und die hiermit im Betrieb und in Betriebspausen elektrisch leitend verbundenen Bestandteile der Anlage enthält,

und die Mittel (30) aufweist, um das Energiespeichersystem in Betriebspausen nach Abschaltung der Hochspannung in einen Zustand zu entladen, in welchem die noch gespeicherte Energie nicht höher als ein als ungefährlich vorgegebener Restwert  $E_z$  ist, dadurch gekennzeichnet,

daß der Wert C der elektrischen Kapazität des Energiespeichersystems ermittelt wird; daß nach Abschalten der Hochspannung der Istwert  $U_i$  der am Energiespeichersystem noch vorhandenen Spannung gemessen wird und daß unter Verwendung dieses Istwertes  $U_i$  geprüft wird, ob die Sicherheitsbedingung  $\frac{1}{2}CU_i^2 \leq E_z$  erfüllt ist.

2. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet,

daß die elektrische Kapazität des Energiespeichersystems vor Betriebsbeginn gemessen wird

und daß der erhaltene Meßwert gespeichert wird und als gültiger Kapazitätswert C bei der Prüfung auf Erfüllen der Sicherheitsbedingung verwendet wird.

3. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet,

daß die elektrische Kapazität des Energiespeichersystems nach Betriebsbeginn kontinuierlich oder in Intervallen gemessen wird und daß der jeweils jüngste Meßwert als gültiger Kapazitätswert C bei der Prüfung auf Erfüllen der Sicherheitsbedingung verwendet wird.

4. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 3, dadurch gekennzeichnet,

daß in Betriebspausen nach dem Abschalten der Hochspannung festgestellt wird, ob zu einem vorbestimmten Zeitpunkt nach dem Abschalten die Sicherheitsbedingung erfüllt ist, und daß ein Alarmsignal und/oder ein den Zugang zu dem die Sprüheinrichtung enthaltenden Raum verhinderndes Signal erzeugt wird, wenn die Sicherheitsbedingung zu diesem Zeitpunkt nicht erfüllt ist.

5. Verfahren nach Anspruch 4, dadurch gekennzeichnet,

daß der Istwert  $U_i$  der an der Sprüheinrichtung oder am Energiespeichersystem liegenden Spannung kontinuierlich gemessen wird und daß nach Ablauf der vorbestimmten Zeit jeweils nach Abschalten der Hochspannung automatisch geprüft wird, ob die Sicherheitsbedingung erfüllt ist.

6. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet,

daß ein Alarmsignal und/oder ein den Zugang zu dem die Sprüheinrichtung enthaltenden Raum verhinderndes Signal erzeugt wird, so lange die Sicherheitsbedingung nicht erfüllt ist.

7. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet,

daß aus dem gemessenen Istwert  $U_i$  der am Energiespeichersystem liegenden Spannung und aus dem gültigen Kapazitätswert C des Energiespeichersystems der Istwert  $E_i = \frac{1}{2}CU_i^2$  der im Energiespeichersystem

gespeicherten Energie bestimmt wird und sichtbar angezeigt wird.

8. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet,

daß aus dem gültigen Kapazitätswert  $C$  und dem als ungefährlich vorgegebenen Restenergiewert  $E_z$  ein entsprechender zulässiger Spannungswert  $U_z = (2E_z/C)^{1/2}$  bestimmt wird,

und daß zur Prüfung, ob die Sicherheitsbedingung nach Abschalten der Hochspannung erfüllt ist, der Istwert  $U_i$  der am Energiespeichersystem noch vorhandenen Spannung mit dem errechneten zulässigen Spannungswert  $U_z$  verglichen wird, um festzustellen, ob  $U_i \leq U_z$  ist.

9. Verfahren nach Anspruch 7, dadurch gekennzeichnet,

daß zur Prüfung, ob die Sicherheitsbedingung nach Abschalten der Hochspannung erfüllt ist, der errechnete Istwert  $E_i$  der im Energiespeichersystem gespeicherten Energie mit dem als ungefährlich vorgegebenen Restenergiewert  $E_z$  verglichen wird, um festzustellen ob  $E_i \leq E_z$  ist.

10. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet,

daß es angewendet wird an einer elektrostatischen Sprühanlage mit einer einen Hochspannungserzeuger (1) und deren Steuerschaltung (4) enthaltenden Hochspannungsversorgungsanlage, bei der

- eine Sicherheitsmaßnahme seitens der Steuerschaltung (4) erforderlich ist, insbesondere die Hochspannung abgeschaltet werden muß, wenn der gemessene Strom- oder Spannungs-Istwert der Hochspannungsversorgungsanlage einen vorbestimmten Schwellenwert über- bzw. unterschreitet,
- und zur Funktionsprüfung dieser Sicherheitsmaßnahme der Steuerschaltung (4) des Hochspannungserzeugers (1) anstelle des jeweiligen Strom- oder Spannungs-Istwertes ein unabhängig von dem Hochspannungserzeuger (1) erzeugtes Testsignal (6', 7') zugeführt wird und festgestellt wird, ob die Steuerung bei Erreichen des vorbestimmten Wertes die Sicherheitsmaßnahme einleitet.

11. Schaltungsanordnung zur Sicherheitsüberprüfung einer mit Hochspannung betriebenen elektrostatischen Sprühanlage,

die im Betrieb elektrische Energie in dem System speichert, das die auf Hochspannung gelegten Elemente der Sprüheinrichtung und die hiermit im Betrieb und in Betriebspausen elektrisch leitend verbundenen Bestandteile der Anlage enthält, und die Mittel (30) aufweist, um das Energiespeichersystem in Betriebspausen nach Abschaltung der Hochspannung in einen Zustand zu entladen, in welchem die noch gespeicherte Energie nicht höher als ein als ungefährlich vorgegebener Restenergiewert ist, gekennzeichnet durch

Eingangsschaltungen (27, 41, 70) zur Bereitstellung einer ersten Größe  $U_i$ , die den Istwert der am Energiespeichersystem liegenden Spannung darstellt, einer zweiten Größe  $C$ , die den Wert der elektrischen Kapazität des Energiespeichersystems darstellt, und einer dritten Größe  $E_z$ , die den als ungefährlich vorgegebenen Restenergiewert darstellt, eine nach Abschalten der Hochspannung aktivierbare Verarbeitungsschaltung (33-60), die unter Verknüpfung der drei Größen  $U_i$ ,  $C$  und  $E_z$  ein Signal liefert, welches anzeigt, ob die Sicherheitsbedingung  $\frac{1}{2}CU_i^2 \leq E_z$  erfüllt ist.

12. Schaltungsanordnung nach Anspruch 11, dadurch gekennzeichnet,

daß die Eingangsschaltungen eine Speichereinrichtung enthalten, die zur Bereitstellung der Größe  $C$  einen Wert speichert, der dem vor Betriebsbeginn gemessenen Kapazitätswert des Energiespeichersystems entspricht.

13. Schaltungsanordnung nach Anspruch 11, dadurch gekennzeichnet,

daß die Eingangsschaltungen eine die elektrische Kapazität des Energiespeichersystems kontinuierlich oder in Intervallen messende Einrichtung (70) enthalten, die spätestens ab dem Zeitpunkt des Abschaltens der Hochspannung aktivierbar ist und den jeweils jüngsten Meßwert als Größe  $C$  für die Verarbeitungsschaltung (33-60) bereitstellt.

14. Schaltungsanordnung nach einem der Ansprüche 11 bis 13, dadurch gekennzeichnet,

daß ein Zeitgeber (33) vorgesehen ist, der zu einem Zeitpunkt nach Ablauf einer vorbestimm-

- ten Zeitspanne nach Abschalten der Hochspannung ein Zeitsignal erzeugt, daß die Verarbeitungsschaltung Mittel (34) enthält, um als Antwort auf dieses Zeitsignal ein Alarmsignal und/oder ein den Zugang zu dem die Sprüheinrichtung enthaltenden Raum ver-  
hinderndes Signal zu erzeugen, wenn die Sicherheitsbedingung zu diesem Zeitpunkt nicht erfüllt ist.
- 5
- 10
- 15
- 20
- 25
- 30
- 35
- 40
- 45
- 50
- 55
15. Schaltungsanordnung nach Anspruch 14, dadurch gekennzeichnet,  
daß die Eingangsschaltungen eine den Istwert der am Energiespeichersystem kontinuierlich messende Einrichtung enthalten, welche den gemessenen Wert kontinuierlich als Größe  $U_i$  an die Verarbeitungsschaltung (33-50) legt.
16. Schaltungsanordnung nach einem der Ansprüche 11 bis 15, dadurch gekennzeichnet,  
daß die Verarbeitungsschaltung Mittel enthält, um ein Alarmsignal und/oder ein den Zugang zu dem die Sprüheinrichtung enthaltenden Raum ver-  
hinderndes Signal zu erzeugen, so lange die Sicherheitsbedingung nicht erfüllt ist.
17. Schaltungsanordnung nach einem der Ansprüche 11 bis 16, gekennzeichnet durch  
eine Einrichtung (50), welche aus den bereitgestellten Größen  $U_i$  und C eine den Istwert der im Energiespeichersystem gespeicherten Energie darstellende Größe  $E_i = \frac{1}{2}CU_i^2$  errechnet und sichtbar anzeigt.
18. Schaltungsanordnung nach einem der Ansprüche 11 bis 17, dadurch gekennzeichnet, daß die Verarbeitungsschaltung (33-50) folgendes enthält:  
eine Recheneinrichtung (40), die aus den bereitgestellten Größen C und  $E_z$  eine einen Schwellenspannungswert darstellende Größe  $U_z = (2E_z/C)^{1/2}$  errechnet,  
einen Vergleichs- (34), der an zwei Vergleichseingängen die Größe  $U_z$  und die bereitgestellte, den Istwert der am Energiespeichersystem liegenden Spannung darstellende Größe  $U_i$  empfängt und an seinem Ausgang ein die Erfüllung der Sicherheitsbedingung anzeigendes Signal liefert, wenn die empfangene Größe  $U_i$  kleiner als die oder gleich der empfangenen Größe  $U_z$  ist, und ein die Nichterfüllung der Sicherheitsbedingung anzeigendes Signal liefert, wenn die empfangene Größe  $U_i$  größer als die empfangene Größe  $U_z$  ist.
19. Schaltungsanordnung nach Anspruch 17, dadurch gekennzeichnet,  
daß die Verarbeitungsschaltung einen Vergleichs- (34) enthält, der an zwei Vergleichseingängen die Größen  $E_z$  und die errechnete, den Istwert der im Energiespeichersystem liegenden Energie darstellende Größe  $E_i$  empfängt und an seinem Ausgang ein die Erfüllung der Sicherheitsbedingung anzeigendes Signal liefert, wenn die empfangene Größe  $E_i$  kleiner als die oder gleich der empfangenen Größe  $E_z$  ist, und ein die Nichterfüllung der Sicherheitsbedingung anzeigendes Signal liefert, wenn die empfangene Größe  $E_i$  größer als die empfangene Größe  $E_z$  ist.
20. Schaltungsanordnung nach einem der Ansprüche 11 bis 19, dadurch gekennzeichnet,  
daß die Verarbeitungsschaltung oder Teile der Verarbeitungsschaltung durch einen Mikrokontroller (80) gebildet ist oder sind.
21. Schaltungsanordnung nach einem der Ansprüche 11 bis 20, dadurch gekennzeichnet,  
daß sie kombiniert ist mit einer Überprüfeinheit (20) für einen Hochspannungserzeuger (1) und dessen Steuerschaltung (4) enthaltende Hochspannungsversorgungsanlage für elektrostatische Sprühanlagen, bei der eine Sicherheitsmaßnahme seitens der Steuerschaltung (4) erforderlich ist, insbesondere die Hochspannung abgeschaltet werden muß, wenn der gemessene Strom- oder Spannungs-Istwert der Hochspannungsversorgungsanlage einen vorbestimmten Schwellenwert über- bzw. unterschreitet,  
wobei die Steuerschaltung (4) Istwert-Eingänge (6, 7) für Strom und Spannung hat, die im Sprühbetrieb mit dem Hochspannungserzeuger (1) verbunden sind und an welche von der besagten Überprüfeinheit (20) zur Funktionsprüfung der erwähnten Sicherheitsmaßnahme ein selbsterzeugtes Testsignal anstelle des jeweiligen Strom- oder Spannungs-Istwertes anlegbar ist, während die Verbindung zwischen dem jeweiligen Istwert-Eingang (6, 7) und dem Hochspannungserzeuger (1) unterbrochen ist.
22. Schaltungsanordnung nach Anspruch 21, dadurch gekennzeichnet,  
daß die Verarbeitungsschaltung (33-50) und die Überprüfeinheit (20) Bestandteile einer gemeinsamen Baueinheit (20') sind, die an die

Steuerschaltung (4) des Hochspannungserzeugers (1) anschließbar ist.

23. Schaltungsanordnung nach Anspruch 21, dadurch gekennzeichnet,

5

daß zumindest Teile der Verarbeitungsschaltung (31-50) Bestandteil einer übergeordneten Steuereinheit (10) sind, welche auch die Strom- und Spannungs-Schwellenwerte für die genannte Sicherheitsmaßnahme bereitstellt.

10

24. Schaltungsanordnung nach den Ansprüchen 18 und 21, dadurch gekennzeichnet,

15

daß die Recheneinrichtung (40), die aus den bereitgestellten Größen C und  $E_z$  eine den Schwellenspannungswert darstellende Größe  $U_z = (2E_z/C)^{1/2}$  errechnet, Bestandteil einer übergeordneten Steuereinheit (10) ist, welche auch die Strom- und Spannungs-Schwellenwerte für die genannte Sicherheitsmaßnahme bereitstellt.

20

25

30

35

40

45

50

55

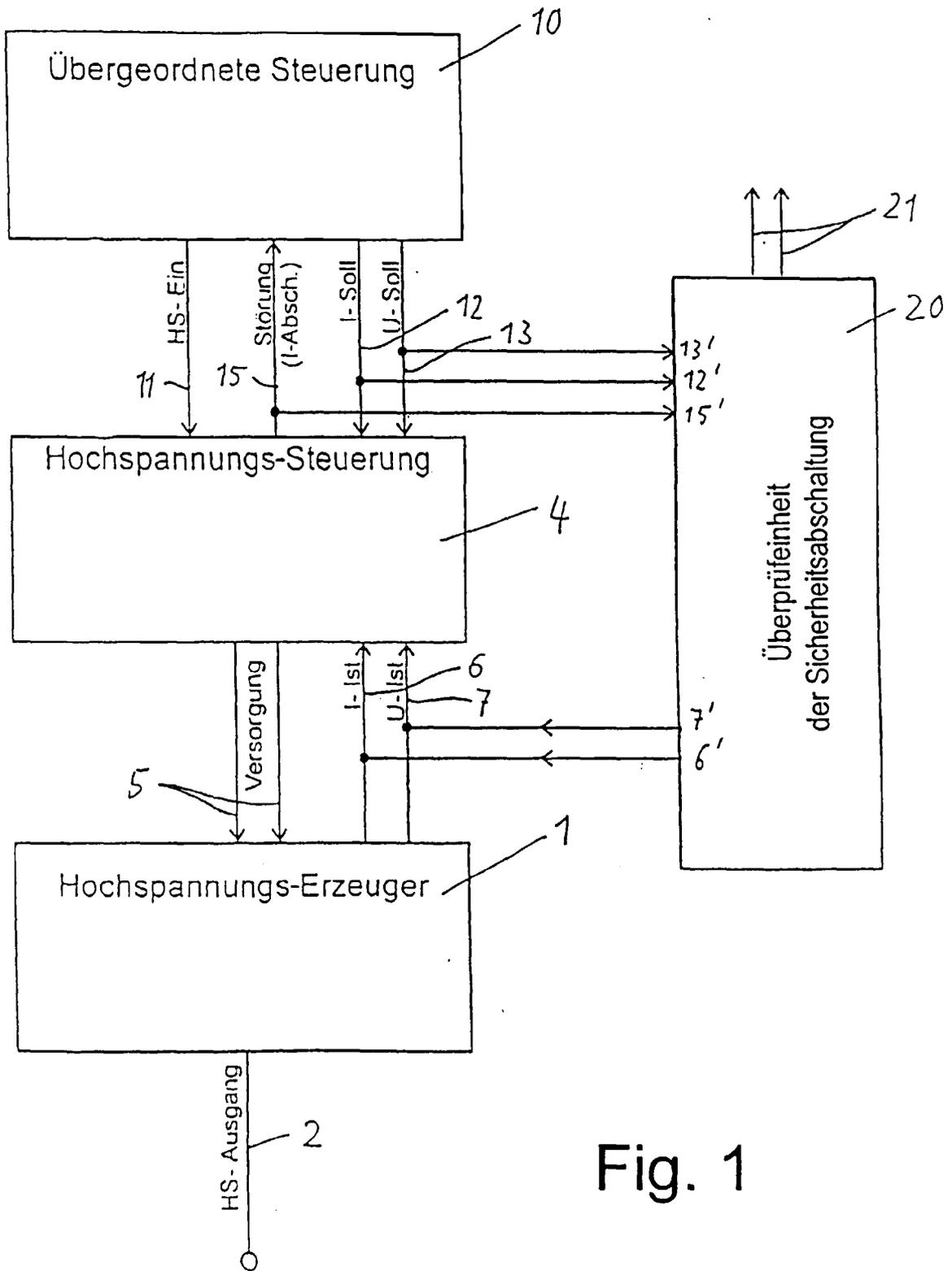


Fig. 1

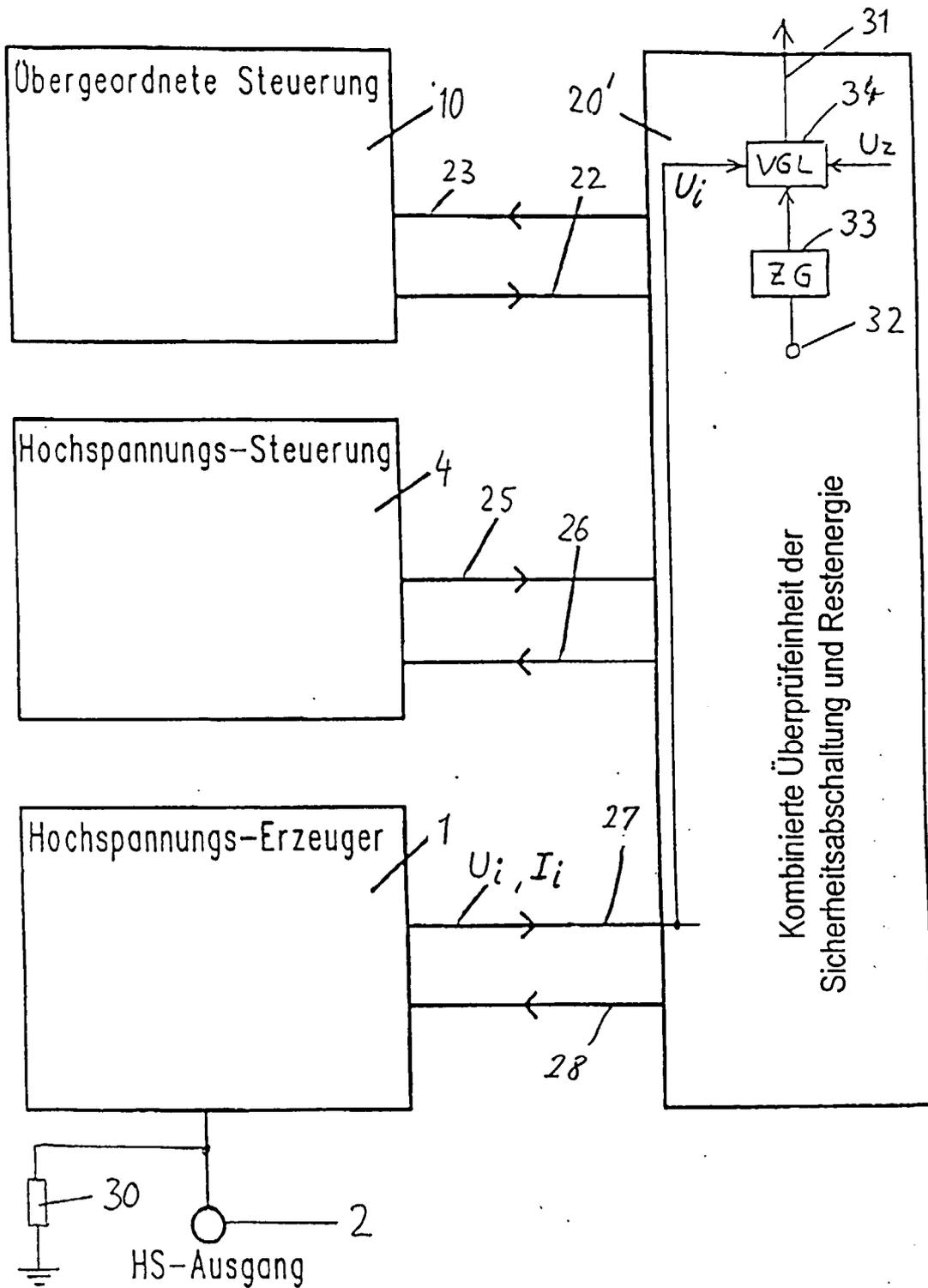


Fig. 2

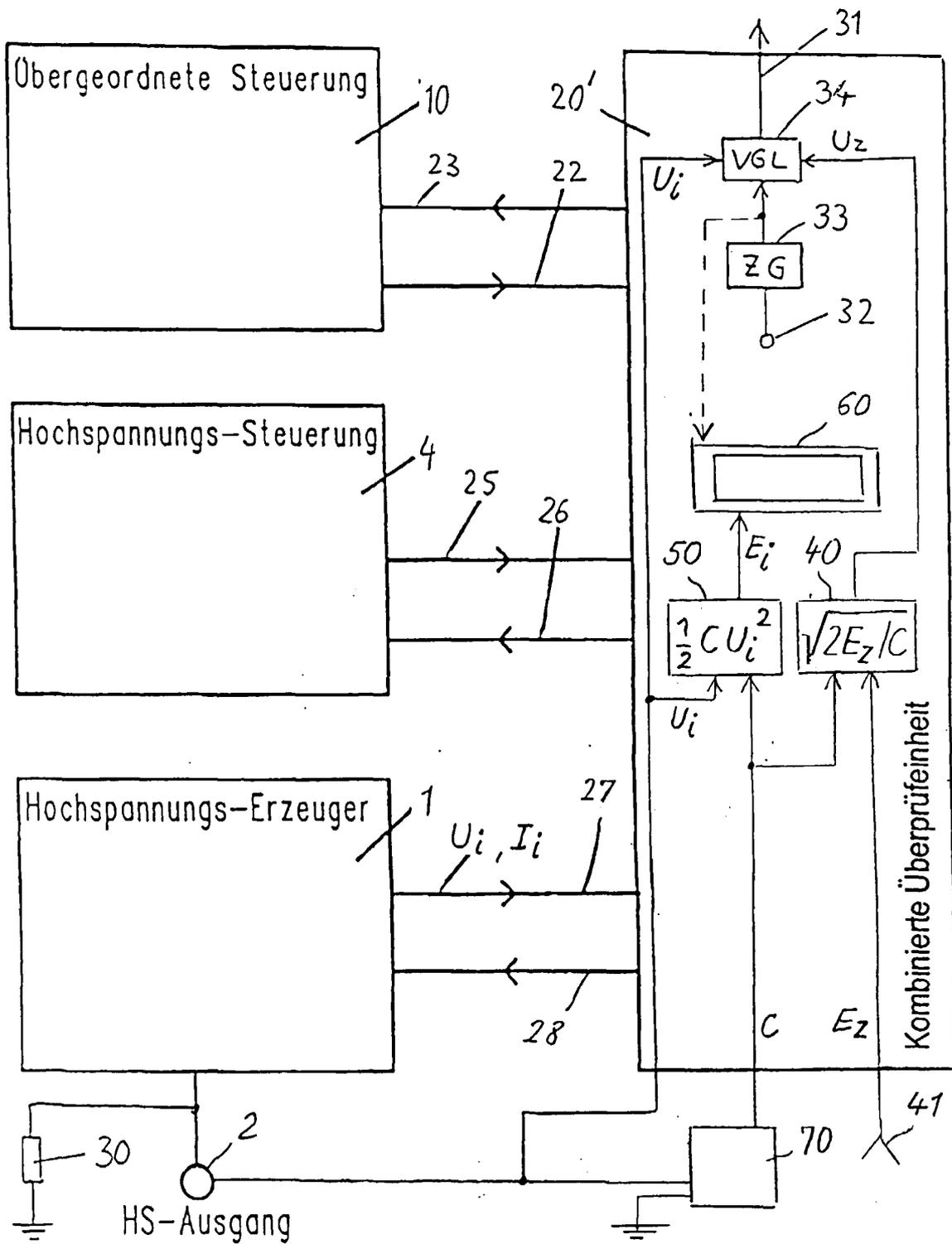


Fig. 3

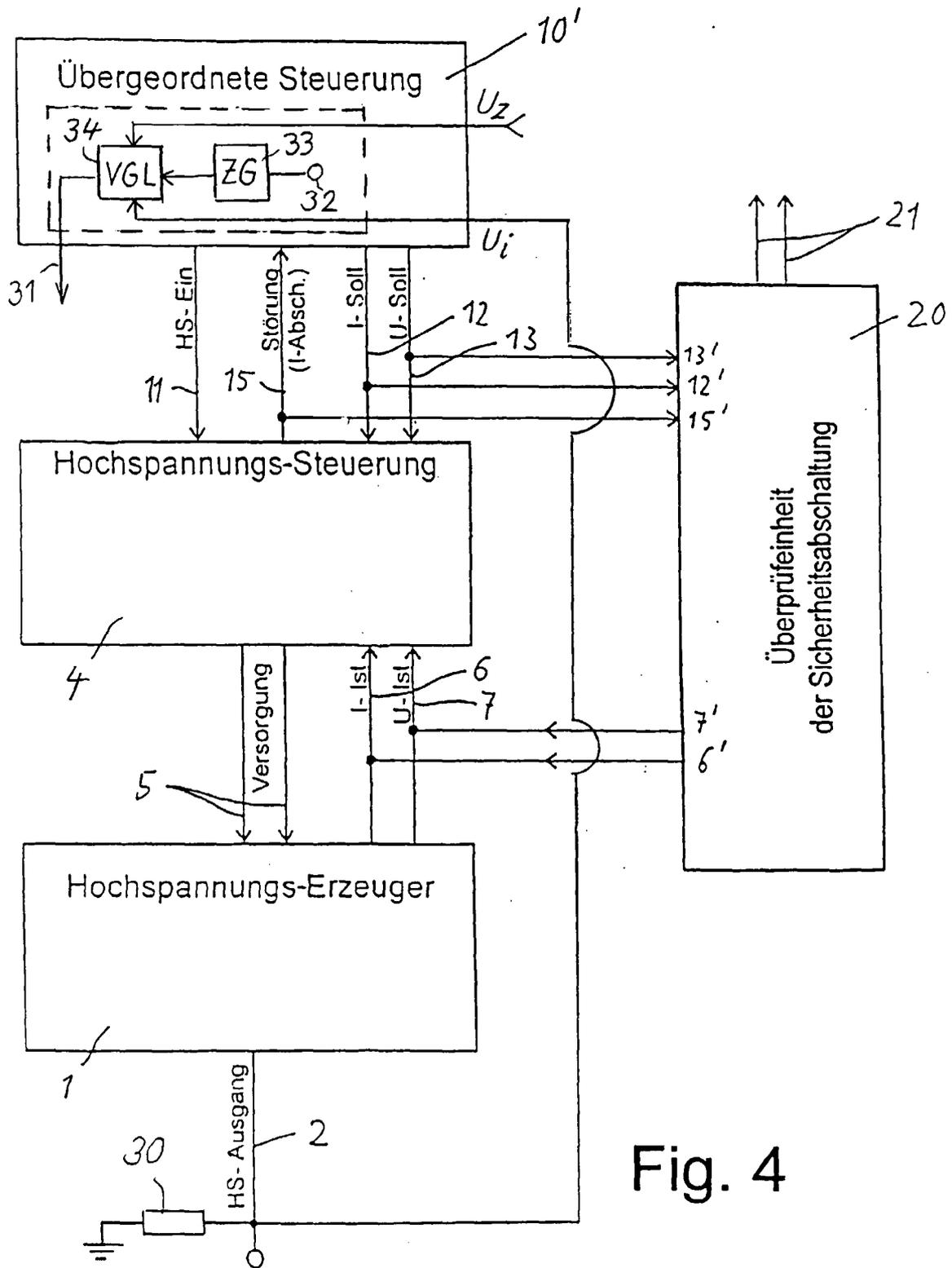


Fig. 4

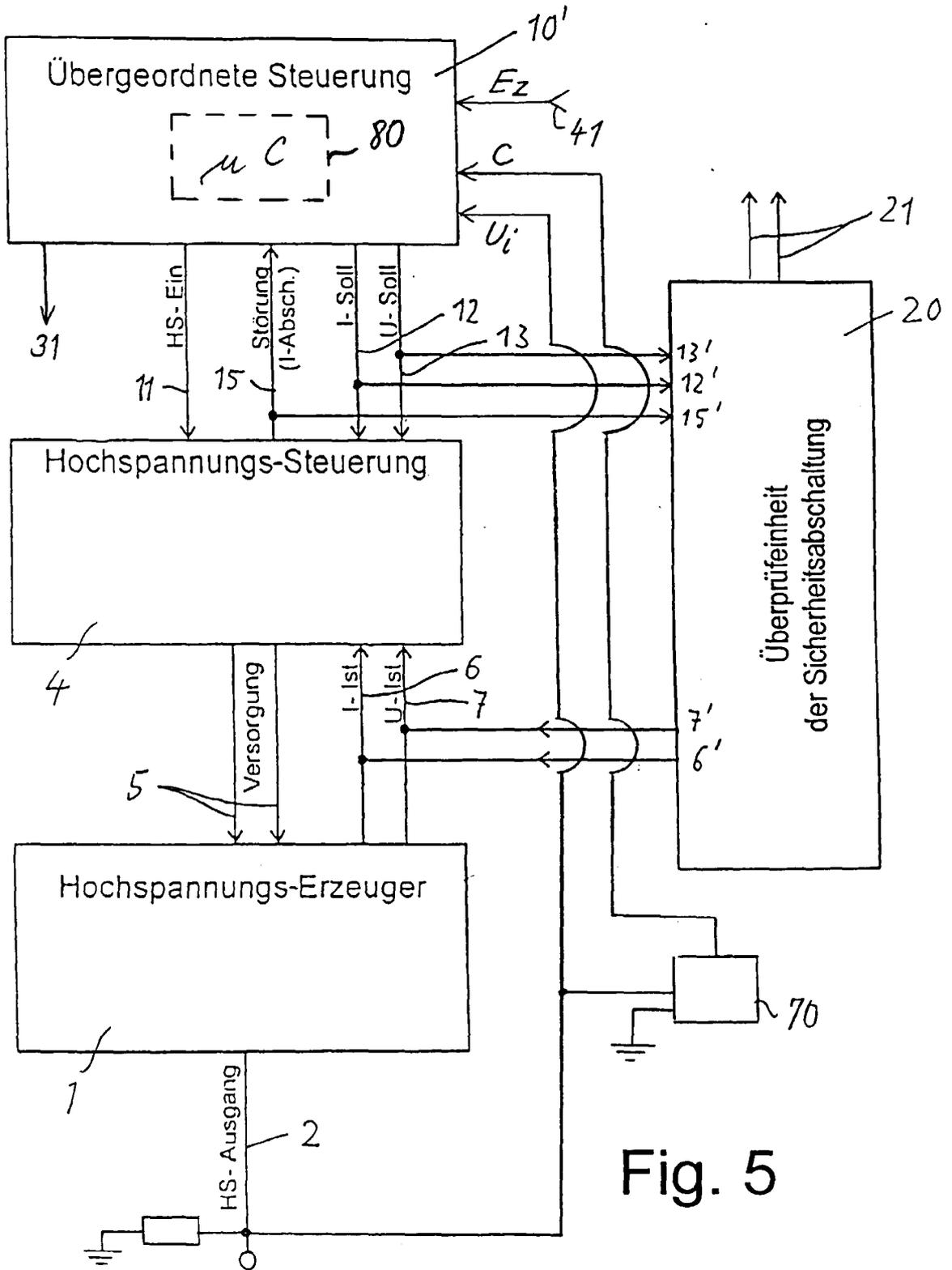


Fig. 5