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

(19) Weltorganisation für geistiges Eigentum
Internationales Büro

(43) Internationales Veröffentlichungsdatum
3. August 2017 (03.08.2017)

WIPO | PCT

(10) Internationale Veröffentlichungsnummer
WO 2017/129425 A2

(51) Internationale Patentklassifikation:
G21C 9/06 (2006.01)

(21) Internationales Aktenzeichen: PCT/EP2017/050721

(22) Internationales Anmeldedatum:
13. Januar 2017 (13.01.2017)

(25) Einreichungssprache: Deutsch

(26) Veröffentlichungssprache: Deutsch

(30) Angaben zur Priorität:
16152620.7 25. Januar 2016 (25.01.2016) EP

(71) Anmelder: **CCI AG** [CH/CH]; Itaslenstrasse 9, 8362 Balterswil (CH).

(72) Erfinder: **ZIEGER, Tobias**; Hornweg 11, 8264 Eschenz (CH). **FANKHAUSER, Beat**; Kirchgasse 17a, 8203 Schaffhausen (CH).

(74) Anwalt: **IRSCH, Manfred**; Intellectual Property Services GmbH, Langfeldstrasse 88, 8500 Frauenfeld (CH).

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

(84) Bestimmungsstaaten *(soweit nicht anders angegeben, für jede verfügbare regionale Schutzrechtsart)*: ARIPO (BW, GH, GM, KE, LR, LS, MW, MZ, NA, RW, SD, SL, ST, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), eurasisches (AM, AZ, BY, KG, KZ, RU, TJ, TM), europäisches (AL, AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HR, HU, IE, IS, IT, LT, LU, LV, MC, MK, MT, NL, NO, PL, PT, RO,

[Fortsetzung auf der nächsten Seite]

(54) Title: PLANT COMPRISING A REACTOR VESSEL, A PRESSURE LINE AND AN IGNITION DEVICE, AND METHOD FOR OPERATING THE PLANT

(54) Bezeichnung : ANLAGE MIT REAKTORBEHÄLTER, DRUCKLEITUNG UND ZÜNDEINRICHTUNG, SOWIE VERFAHREN ZUM BETREIBEN ANLAGE

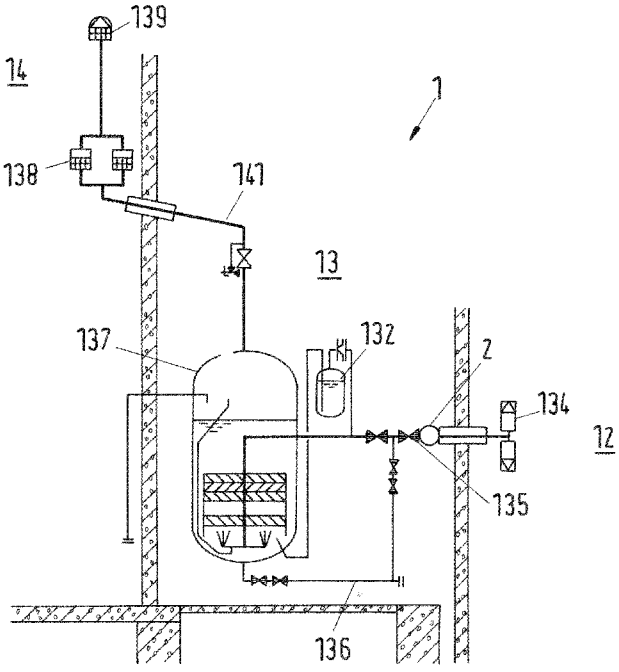


Fig.2

(57) Abstract: The invention relates to a plant having a reactor vessel, in particular a nuclear reactor plant or chemical plant, especially a pressurized water reactor, comprising a containment (12), a pressure-relief system (13) which is arranged outside of the containment (12) and is connected to an interior of the containment (12) via a pressure line (2) in such a way that a reactor fluid can flow from the containment (12) via the pressure line (2) into the pressure-relief system (13). The pressure line (2) outside of the containment (12) comprises an ignition device (3) with an ignition source (31) for the controlled ignition of an ignitable mixture contained in the reactor fluid, wherein the ignition device (3) is configured in such a manner that the ignitable mixture can be ignited by the ignition source (31) as a function of a flow rate of the ignitable mixture. The invention further relates to a pressure line (2), an ignition device (3) and to a method for operating a plant (1).

(57) Zusammenfassung:

[Fortsetzung auf der nächsten Seite]

WO 2017/129425 A2

RS, SE, SI, SK, SM, TR), OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, KM, ML, MR, NE, SN, TD, TG).

Veröffentlicht:

— *ohne internationalen Recherchenbericht und erneut zu veröffentlichen nach Erhalt des Berichts (Regel 48 Absatz 2 Buchstabe g)*

Die Erfindung betrifft Anlage mit einem Reaktionsbehälter, insbesondere Kernreaktoranlage oder chemische Anlage, im speziellen Druckwasserreaktor, umfassend ein Containment (12), ein Druckentlastungssystem (13), das ausserhalb des Containments (12) angeordnet ist und mit einem Inneren des Containments (12) über eine Druckleitung (2) derart strömungsverbunden ist, dass ein Reaktorfluid aus dem Containment (12) über die Druckleitung (2) in das Druckentlastungssystem (13) strömbar ist. Die Druckleitung (2) ausserhalb des Containments (12) umfasst eine Zündeinrichtung (3) mit einer Zündquelle (31) zum kontrollierten Entzünden eines im Reaktorfluid enthaltenen zündfähigen Gemischs, wobei die Zündeinrichtung (3) derart ausgestaltet ist, dass das zündfähige Gemisch, in Abhängigkeit von einem Durchfluss des zündfähigen Gemischs, mittels der Zündquelle (31) entzündbar ist. Die Erfindung betrifft im Weiteren eine Druckleitung (2), eine Zündeinrichtung (3) sowie ein Verfahren zum Betreiben einer Anlage (1).

CCI AG, Itaslenstrasse 9, 8362 Balterswil, Schweiz

Anlage mit Reaktorbehälter, Druckleitung und Zündeinrichtung, sowie Verfahren zum Betreiben Anlage

Die Erfindung betrifft eine Anlage mit einem Reaktorbehälter, insbesondere Kernreaktoranlage oder chemische Anlage gemäss dem Oberbegriff des unabhängigen Anspruchs 1, eine Druckleitung für eine solche Anlage, gemäss dem Oberbegriff des unabhängigen Anspruchs 10, eine Zündeinrichtung zum kontrollierten Entzünden eines zündfähigen Gemischs in einer Druckleitung gemäss dem Oberbegriff des unabhängigen Anspruchs 12 und ein Verfahren zum Betreiben einer Anlage, insbesondere Kernreaktoranlage oder chemische Anlage gemäss dem Oberbegriff des unabhängigen Anspruchs 14.

Nach einem schweren Störfall können z.B. in einem Reaktorbehälter einer chemischen Anlage oder im Reaktordruckbehälter bzw. Containment von Kernreaktoranlagen, beispielsweise bei einem Leichtwasserreaktor wie zum Beispiel bei einem Druckwasserreaktor (DWR) oder Siedewasserreaktor (SWR), oder auch bei einem Schwerwasserreaktor (PHWR) wie in einem CANDU zündfähige Gemische, insbesondere zündfähige Wasserstoff-Luft-Gemische vorkommen. Dabei wird unter einem schweren Störfall der bei Kernreaktoranlage sehr unwahrscheinliche Fall des Kernschmelzens verstanden. Eine Vorstufe davon trat bei dem TMI Störfall 1979 in den USA auf. Die im oberen Bereich des Kerns aufgetretene Überhitzung der Brennelemente kam dabei zum Stillstand, und eine große Menge von Wasserstoffgas, die im Containment eingeschlossen war, konnte ohne Gefährdung der anliegenden Gebiete beseitigt werden. Wenn solche zündfähigen Gemische, beispielsweise bei hohen H2-Konzentrationen, unkontrolliert gezündet werden, wird der Reaktordruckbehälter und / oder das

Containment durch Explosions-Druck und -Temperatur zusätzlich belastet. Die gezielte, frühzeitige Zündung der zündfähigen Gemische, insbesondere bei einer niedrigen H2-Konzentration, minimiert diese Belastungen und verhindert ein Undicht werden oder Versagen des Reaktordruckbehälter und / oder des Containments.

Vorschläge, wie unerwünschte zündfähige Gemische im Containment beseitigt werden können, gibt es schon seit langem. Durch die DE 2239 952 ist eine nicht gattungsgemäße Einrichtung bekannt, bei der eine Rekombinationseinrichtung zum Verbinden von Wasserstoff und Sauerstoff zu Wasser im Containment angeordnet ist. Die dabei miteinander reagierenden beiden Gase werden dabei auf die geeignete Reaktionstemperatur von mindestens 620° C, vorzugsweise auf 760° C, aufgeheizt. Nachteil solcher Rekombinatoren ist, dass diese verhältnismäßig viel Raum beanspruchen und oft nur zeitverzögert wirken.

Durch die DE 3004 677 ist es bekannt, in allen Bereichen des Containments, in denen Wasserstoff auftreten kann, Zündquellen anzuordnen, die in einem Raster angeordnet sind, dessen Abstand von dem Gefährdungspotential des jeweiligen Bereiches abhängig ist. Bei dieser an sich selbstverständlichen Maßnahme werden als Zündquellen Glühkerzen oder Zündkerzen oder katalytische Zündquellen verwendet und es sind mehrere Zündquellen mit mehreren Brennern vorgesehen, die natürlich auch bei einem schweren Störfall arbeiten müssen. Katalytische Zündquellen unterliegen einer Verschmutzung und deshalb der besonderen Problematik, ob sie im Notfall wirklich funktionieren. Alle die genannten Zündquellen benötigen zur Aktivierung und / oder Energieversorgung eine Energiequelle, in aller Regel die normale Stromversorgung oder im Störfall die Notstromversorgung, die jedoch kann im vorerwähnten Störfall ausfallen.

In der EP 0 289 907 A1 wird ein Zündsystem zur kontrollierten Verbrennung von zündfähigen Wasserstoff-Luft-Gemischen im Containment von

wassergekühlten Kernreaktoranlagen beschrieben. Das Zündsystem umfasst hierbei eine Zündquelle und einen autarken Energiespeicher und sieht vor, dass zur Auslösung des Zündvorganges ein temperaturabhängig ansprechendes Auslöseelement die Entladung des Energiespeichers in die Zündquelle veranlaßt. Nachteil ist, dass das in der EP 0 289 907 A1 beschriebene Zündsystem innerhalb des Containments angeordnet ist und erst nach Ablauf einer Zündverzugszeit auf die Freisetzung von Wasserstoff reagiert, was zu einer unkontrollierten Verbrennung innerhalb des Containments führen kann. Ein weiterer grosser Nachteil ist, dass das Zündsystem temperaturabhängig reagiert und somit die Zündquelle im Störfall frühzeitig aktiviert, sodass es bei einem Störverlauf mit späterer Wasserstofffreisetzung eine gesteuerte Zündung des Wasserstoffs nur eingeschränkt möglich ist. Darüber hinaus ist bei dem beschriebenen Zündsystem nachteilhaft, dass bei sogenannten "Station-black-out"-Szenarien, also Szenarien mit vollständigem Verlust der Energieversorgung, das Zündsystem komplett ausfallen könnte. Ebenso ist ein Langzeitbetrieb des Zündsystems, der zur Abdeckung aller denkbaren Störfallsszenarien erforderlich wäre, nur mit Einschränkungen möglich, da die beschriebenen Energiespeicher aufgrund ihrer Kapazität lediglich für eine begrenzte Laufzeit geeignet sind.

Daher ist eine Aufgabe der vorliegenden Erfindung Anlage mit einem Reaktorbehälter, insbesondere eine Kernreaktoranlage oder eine chemische Anlage, sowie eine Druckleitung für eine solche Anlage, eine Zündeinrichtung und ein Verfahren zum Betreiben einer solchen Anlage vorzuschlagen, die eine sichere und konstruktiv einfach gestaltete kontrollierte Entzündung eines zündfähigen Gemischs ermöglicht, die insbesondere ausserhalb des Containments angeordnet ist und mit einer unabhängigen Energieversorgung bzw. Energiequelle auskommt.

Diese Aufgabe wird durch eine Kernreaktoranlage mit den Merkmalen des Anspruchs 1, eine Druckleitung mit den Merkmalen des Anspruchs 10, eine

Zündeinrichtung mit den Merkmalen des Anspruchs 12 und ein Verfahren mit den Merkmalen des Anspruchs 14 gelöst.

Die abhängigen Ansprüche beziehen sich auf besonders vorteilhafte Ausführungsformen der Erfindung.

Die Erfindung betrifft somit eine Anlage mit einem Reaktorbehälter, insbesondere eine Kernreaktoranlage oder eine chemische Anlage, insbesondere einen Druckwasserreaktor, umfassend, ein Containment, ein Druckentlastungsystem, das ausserhalb des Containments angeordnet ist und mit einem Inneren des Containments über eine Druckleitung derart strömungsverbunden ist, dass das im Containment befindliche Gas, insbesondere ein Reaktorfluid aus dem Containment über die Druckleitung in das Druckentlastungssystem strömbar ist.
Erfindungsgemäss umfasst die Druckleitung ausserhalb des Containments eine Zündeinrichtung mit einer Zündquelle zum kontrollierten Entzünden eines im Reaktorfluid enthaltenen zündfähigen Gemischs, wobei die Zündeinrichtung derart ausgestaltet ist, dass das zündfähige Gemisch, in Abhängigkeit von einem Durchfluss des zündfähigen Gemischs, mittels der Zündquelle entzündbar ist.

Es ist somit eine wesentliche Erkenntnis der Erfindung, dass die Zündeinrichtung an der Druckleitung ausserhalb des Containments angeordnet ist. Da das Containment ein sicherheitsrelevanter und sicherheitstechnisch kritischer Bereich ist, ist es wichtig, dass ein sich im Containment befindende zündfähiges Gemisch, insbesondere ein Wasserstoff-Luft-Gemisch, nicht im Containment sammelt oder sogar im Containment kontrolliert entzündet wird, sondern vorteilhafterweise in einen Bereich ausserhalb des Containments, also die Druckleitung ausserhalb des Containments, strömbar ist bzw. in die Druckleitung ausserhalb des Containments geleitet wird und dort kontrolliert entzündbar ist. Dadurch, dass die Zündeinrichtung ausserhalb des Containments an der Druckleitung

angeordnet ist, wird sowohl eine kontrollierte, als auch eine unkontrollierte Verbrennung innerhalb des Containments vermieden und es ist eine sichere und konstruktiv einfach gestaltete kontrollierte Entzündung des zündfähigen Gemischs möglich.

Darüber hinaus ist es eine wesentliche Erkenntnis der Erfindung, dass die Druckleitung ausserhalb des Containments eine Zündeinrichtung umfasst und die Zündeinrichtung derart ausgestaltet ist, dass das entzündbare Gemisch in Abhängigkeit von einem Durchfluss des zündfähigen Gemischs, mittels der Zündquelle entzündbar ist. Somit wird erstmals eine Zündeinrichtung vorgeschlagen, bei welchen die Abhängigkeit von einem entfernt angeordneten Energiespeicher oder einer entfernt angeordneten Energiequelle entfällt, die Zündeinrichtung also ohne Zuleitungen, beispielsweise Kabel oder andere Energietransportleitungen, von diesem entfernt angeordneten Energiespeicher oder Energiequelle autark betreibbar ist. Da die Zündeinrichtung das zündfähige Gemisch in Abhängigkeit von einem Durchfluss des zündfähigen Gemischs, insbesondere von einem Durchfluss durch die Druckleitung entzündet, ist eine gezielte Verbrennung des zündfähigen Gemischs ausserhalb des Containments möglich, die vorteilhafterweise energieautark, also unabhängig von einer Energiequelle, eine kontrollierte Entzündung eines zündfähigen Gemischs ermöglicht. en Energiequelle. Vorteilhafterweise kann somit eine gezielte Verbrennung des zündfähigen Gemischs, bei geringen Druck auch Deflagration genannt, an einem bestimmten Bereich in der Druckleitung erreicht werden, bevor es zur Explosion, bei hohem Druck auch Detonation genannt, kommt. Ein wesentlicher Vorteil ist somit, dass die Transformation von der Deflagration zur Detonation unterbunden wird.

Die Druckleitung ausserhalb des Containments kann dabei ein einfaches Rohr sein und aus den unterschiedlichsten Materialen bestehen, beispielsweise aus Stahl, Keramik, Leichtmetall, Kunststoff und Glas. Die Druckleitung kann sowohl flexibel als auch nicht flexibel ausgebildet sein. Die Druckleitung kann

darüber hinaus derart ausgestaltet sein, dass die Druckleitung ein bestimmtes Durchmesser zu Längen Verhältnis aufweist, das in vielen Fällen als Richtwert ein Länge zu Durchmesser Verhältnis von 10:1 haben kann, wobei der genaue Wert abhängig von den beteiligten Gasen ist, z.B. Wasserstoff, Kohlenmonoxid, Methan, usw.. Und / oder die Druckleitung kann als Diffusor ausgebildet sein, sodass die Detonationen verhindert werden kann.

Unter einem Durchfluss kann ein Volumenstrom und / oder ein Massenstrom und / oder ein Abzug des zündfähigen Gemischs, aber auch des Reaktorfluids, z.B. der Containmentatmosphäre verstanden werden, der durch die Druckleitung und / oder die an der Druckleitung angeordneten Zündeinrichtung strömbar ist. Unter „in Abhängigkeit von einem Durchfluss“ kann verstanden werden, dass der Durchfluss der Parameter ist, mittels welchem die Zündquelle entzündbar ist, also dass die Zündeinrichtung, insbesondere die Zündquelle, mittels des Parameters Durchfluss aktivierbar ist und / oder das die Zündeinrichtung, insbesondere die Zündquelle, mittels einer autarken Energiequelle, bevorzugt einer mittels des Durchflusses speisbaren oder betreibbaren oder antreibbaren autarken Energiequelle, also mittels des Parameters Durchfluss aktivierbar und / oder speisbar ist, sodass die Abhängigkeit von einem entfernt angeordneten Energiespeicher oder einer entfernt angeordneten Energiequelle entfällt. Der Durchfluss, insbesondere die Druckleitung und / oder die Zündeinrichtung in der Kernreaktoranlage, kann überwachbar und / oder prüfbar sein, beispielsweise kann mittels eines Durchflusssensors einer Fernüberwachung auf einfache Weise möglich sein. Es ist aber auch möglich, am Ort der Zündquelle, beispielsweise durch eine kleine Glimmlampe, leicht überschaubar die Funktionalität der Druckleitung und / oder der Zündeinrichtung in der Kernreaktoranlage darzustellen. Es sei darauf hingewiesen, dass in der Regel der Durchfluss nicht überwacht werden muss, sehr wohl aber meist die Funktion der Zündquelle.

Ausserdem kann die Kernreaktoranlage eine Ausströmleitung ausserhalb des Druckentlastungsystems in einem Aussenbereich eine Flammensperre und /

oder eine Auslassventilklappe umfassen. Die Ausströmleitung ist mit einem Inneren des Druckentlastungsystem, insbesondere einem Filtertank über die Ausströmleitung derart strömungsverbunden, dass ein Abgas, beispielsweise ein weiteres zündfähiges Gemisch und / oder ein Gas und / oder ein Dampf, aus dem Filtertank ausströmen kann. Das Abgas ist also aus dem Filtertank aus dem Druckentlastungsystem über die Ausströmleitung in einen Aussenbereich strömbar. Vorteilhafterweisen kann mittels der Flammensperre und / oder der Auslassventilklappe ein Zurückschlagen von Flammen oder eine Druckwelle in das Druckentlastungssystem und / oder in das Containment verhindert werden und das Druckentlastungssystem und / oder das Containment sind somit vor einer Beschädigung geschützt.

Insgesamt ist somit vorteilhafterweise, sowohl im Normalbetrieb als auch im Störfall der Kernreaktoranlage, eine sichere, energieautarke und konstruktiv einfach gestaltete kontrollierte Entzündung eines zündfähigen Gemischs, insbesondere ausserhalb des Containments, möglich. Von Vorteil ist ausserdem eine kontrollierte Entzündung des zündfähigen Gemischs, ohne eine Abhängigkeit von einer entfernt angeordneten Energiequelle oder Energieversorgung, möglich. Darüber hinaus bedarf es keiner Zuleitungen von entfernt angeordneten Energiequellen, seien es Kabel oder andere Energietransportleitungen.

In Ausgestaltung der Erfindung ist die Zündeinrichtung derart ausgestaltet ist, dass wenn eine Durchflussmenge des zündfähigen Gemischs eine Durchflussschwelle überschreitet, die Zündquelle das zündfähige Gemisch entzündet. Die Durchflussmenge kann somit eine definierte Menge des Durchflusses sein, also wiederum der Volumenstrom und / oder der Massenstrom und / oder der Abzug des zündfähigen Gemischs oder aber des Reaktorfluids. Die Durchflussschwelle kann in Abhängigkeit vom konstruktiven Aufbau der Kernreaktoranlage, insbesondere der Druckleitung und / oder der Zündeinrichtung, definiert sein. Die Durchflussschwelle kann vorgebbar sein. Die Zündquelle kann also das zündfähige Gemisch entzünden, wenn die

Durchflussmenge der Durchflussschwelle entspricht oder grösser als die Durchflussschwelle ist. Vorteilhafterweise kann somit aufgrund der einfachen konstruktiven Ausgestaltung und unabhängig von einer entfernten Energiequelle und von anderen Parametern als den Durchfluss, insbesondere unabhängig von der der Temperatur, eine gezielte Deflagration des zündfähigen Gemischs erreicht werden.

In Ausgestaltung der Erfindung weist die Zündeinrichtung eine autarke Energiequelle zur Aktivierung der Zündquelle auf, wobei die Zündeinrichtung derart ausgestaltet ist, dass die autarke Energiequelle die Zündquelle in Abhängigkeit von einem Durchfluss des zündfähigen Gemischs zur Auslösung des Zündvorganges veranlasst, also zur Aktivierung der Zündquelle, insbesondere wenn die Durchflussmenge des zündfähigen Gemischs eine Durchflussschwelle überschreitet. Die autarke Energiequelle ist als ein Ventilator und / oder ein Zahnrad-Durchflussmesser und / oder ein Drehkolbenzähler und / oder ein Dynamo und / oder ein chemischer Zündstoff und / oder ein spannbares Federelement mit Umlenkgetriebe ausgebildet. Das Umlenkgetriebe ist zur Umformung der Zug-, Druck-oder Drehkräfte eines Federspeichers in taktende Hubbewegungen eingerichtet. Die Zündquelle ist ein chemischer Zündstoff und / oder ein mechanischer Funkenerzeuger und / oder ein elektrischer Funkenerzeuger und / oder ein druckbelastbar gelagertes Piezokristall mit einer an seine beiden Pole angeschlossenen Funkenstrecke.

Die autarke Energiequelle kann dabei mittels des Durchflusses angetrieben sein, beispielsweise kann der Ventilator und / oder der Zahnrad-Durchflussmesser, in Abhängigkeit vom Durchfluss oder einer Durchflussmenge, eine unterschiedlich hohe Drehzahl aufweisen, wobei ab einer vorgebbaren Durchflussschwelle der Ventilator und / oder der Zahnrad-Durchflussmesser eine ausreichend hohe Drehzahl aufweist, sodass die Zündquelle aktivierbar ist. Ebenso kann aber ein Dynamo als eine autarke Energiequelle vorgesehen sein, der mittels des Durchflusses bzw. in

Abhängigkeit vom Durchfluss betreibbar ist und die Zündquelle aktiviert und / oder speist, wobei ab einer Durchflussschwelle der Dynamobeispielsweise eine ausreichend hohe Spannung für die Zündquelle bereitstellt und / oder eine Kraft auf die Zündquelle ausübt. Die autarke Energiequelle und / oder die Zündquelle kann aber auch ein chemischer Zündstoff, beispielsweise Magnesium oder Natrium sein, der das zündfähige Gemisch entzündet und in Form einer exothermen Reaktion kontrolliert verbrennt, sodass vorteilhafterweise keine weiteren Massnahmen zum Aktivieren des Gemischs notwendig sind. Die autarke Energiequelle kann aber auch ein spannbares Federelement mit Umlenkgetriebe ausgebildet sein, wobei das Umlenkgetriebe ist zur Umformung der Zug-, Druck-oder Drehkräfte eines Federspeichers in taktende Hubbewegungen eingerichtet. Die Zündeinrichtung, bevorzugt die autarke Energiequelle kann aber auch zusätzlich einen Durchflusssensor umfassen, beispielsweise und / oder ein magnetisch-induktiver Durchflussmesser und / oder ein Ultraschall-Durchflussmesser und / oder eine Staudrucksonde, der die autarken Energiequelle aktiviert, beispielsweise das spannbares Federelement mit Umlenkgetriebe. In diesem Fall kann die autarke Energiequelle auch als eine Trockenbatterie ausgebildet sein, die eine Hochspannungs-Zündeinheit mit einem federbelasteten Schalter im Stromkreis der Trockenbatterie sowie mit Hochspannungsmodul, Ladekondensator und einen elektrischen Funkenerzeuger umfasst.

Die Zündquelle kann ein mechanischer Funkenerzeuger und / oder ein elektrischer Funkenerzeuger sein, sodass in Abhängigkeit vom Durchfluss, die Zündquelle, entweder mit oder ohne autarke Energiequelle, beispielsweise mittels einer Druck- und / oder Zug- und / oder Drehkraft aktivierbar sein kann. Im Falle des elektrischen Funkenerzeugers kann beispielsweise Hochspannungsmodul und / oder ein Ladekondensator vorgesehen sein und dieser kann mit dem Ventilator und / oder dem Dynamo betreibbar sein. Die Zündquelle kann der druckbelastbar gelagerte Piezokristall mit einer an seine

beiden Pole angeschlossenen Funkenstrecke sein. Dazu kann der autarke Energiespeicher bei Aktivierung des Piezokristalls eine periodische Druckbelastungen auf den Piezokristall ausüben, was mit der autarken Energiequelle, insbesondere mit dem Ventilator oder dem spannbaren Federelement mit Umlenkgetriebe, möglich ist, wobei, wie bereits beschrieben, das Umlenkgetriebe zur Umformung der Zug-, Druck oder Drehkräfte des Federspeichers in taktende Hubbewegungen eines am Piezokristall angreifenden Druckstückes eingerichtet ist. Insgesamt ist somit vorteilhafterweise die Zündeinrichtung, insbesondere die autarke Energiequelle und / oder Zündquelle, unabhängig von der oder den weiteren Energiequellen der Kernreaktoranlage betreibbar und kann, insbesondere aufgrund der Abhängigkeit vom Durchfluss, vollkommen energieautark, also unabhängig von einer Energiequelle bei einem Störfall oder Totalausfall der Energieversorgung betrieben werden, sodass eine Abhängigkeit von einer entfernt angeordneten Energiequelle oder Energieversorgung entfällt und / oder es bedarf keiner Zuleitungen von einer entfernt angeordneten Energiequelle, seien es Kabel oder andere Energietransportleitungen. Darüber hinaus sind die beschriebenen Zündeinrichtungen, insbesondere die autarken Energiequellen und / oder Zündquellen, konstruktiv einfach gestaltet, sodass die Herstellung und / oder die Montage an bestehenden Kernreaktoranlagen einfach ist.

In Ausgestaltung der Erfindung ist der chemische Zündstoff in die Druckleitung einbringbar, wenn die Durchflussmenge des zündfähigen Gemischs eine Durchflussschwelle überschreitet. Somit kann der chemische Zündstoff gleichzeitig autarke Energiequelle und Zündquelle sein. Der chemische Zündstoff kann aber auch nur eine Zündquelle sein und mittels der autarken Energiequelle in die Druckleitung einbringbar sein. Somit ermöglicht der chemische Zündstoff eine sichere und konstruktiv einfach gestaltete kontrollierte Entzündung des zündfähigen Gemischs, sodass eine Abhängigkeit von einer entfernt angeordneten Energiequelle oder

Energieversorgung entfällt und der chemische Zündstoff bedarf keiner Zuleitungen, seien es Kabel oder andere Energietransportleitungen.

In Ausgestaltung der Erfindung weist die autarke Energiequelle zur Auslösung des Zündvorganges ein Auslöseelement zur Aktivierung der Zündquelle auf, insbesondere ein Auslöseelement zur Ausübung einer periodischen Druckbelastung und / oder einer Zugkraft und / oder einer Drehkraft und / oder einer Druckkraft, bevorzugt auf die Zündquelle, besonders bevorzugt auf den druckbelastbar gelagerten Piezokristall. Vorteilhafterweise ermöglicht das Auslöseelement konstruktiv einfach gestaltete Aktivierung der Zündquelle.

In Ausgestaltung der Erfindung umfasst die Druckleitung eine Deflagrationskammer mit einer Einströmöffnung umfasst, und die Einströmöffnung mit der Druckleitung strömungsverbunden ist. Die Zündeinrichtung ist an der Deflagrationskammer, bevorzugt an der Einströmöffnung der Deflagrationskammer, angeordnet. Dabei kann die Druckleitung als Deflagrationskammer ausgebildet sein, wobei die Druckleitung ein bestimmtes Durchmesser/Längen Verhältnis aufweist, und / oder die Deflagrationskammer kann als ein separates Bauteil, insbesondere von der Druckleitung getrenntes Bauteil, ausgebildet sein, wobei die Deflagrationskammer ein bestimmtes Durchmesser/Längen Verhältnis aufweist. Vorteilhafterweise können somit Detonationen in der Kernreaktoranlage, insbesondere im Druckentlastungssystem und /oder der Druckleitung vermieden werden, da es sich herausgestellt hat, dass eine Detonationen bei einem bestimmten Durchmesser/Längen Verhältnis der Deflagrationskammer und / oder der Druckleitung verhindert werden kann. Die Druckleitung kann somit derart ausgestaltet sein, dass die Druckleitung ein bestimmtes Durchmesser zu Längen Verhältnis aufweist, das in vielen Fällen als Richtwert ein Länge zu Durchmesser Verhältnis von 10:1 haben kann, wobei der genaue Wert abhängig von den beteiligten Gasen ist, z.B. Wasserstoff, Kohlenmonoxid, Methan, usw.. Und / oder die Druckleitung kann

als Diffusor ausgebildet sein, sodass die Detonationen verhindert werden kann.

Die Erfindung betrifft im Weiteren eine Druckleitung für eine Kernreaktoranlage. In der Praxis umfasst die Druckleitung eine Zündeinrichtung mit einer Zündquelle zum kontrollierten Entzünden eines zündfähigen Gemischs umfasst, und die Zündeinrichtung derart ausgestaltet ist, dass in Abhängigkeit von einem Durchfluss des zündfähigen Gemischs, bevorzugt wenn eine Durchflussmenge des zündfähigen Gemischs eine Durchflussschwelle überschreitet, das zündfähige Gemisch mittels der Zündquelle entzündbar ist, insbesondere die Zündquelle das zündfähige Gemisch entzündet. Die Druckleitung kann in der erfindungsgemässen Kernreaktoranlage verwendet werden und weist die in Bezug auf die beschriebene Kernreaktoranlage die beschriebenen Vorteile auf. Ausnahmsweise kann die Druckleitung, insbesondere aber auch die Zündeinrichtung als Ersatzbauteil der Kernreaktoranlage einfach ausgewechselt werden.

Die Erfindung betrifft weiterhin eine Zündeinrichtung zum kontrollierten Entzünden eines zündfähigen Gemischs in einer Druckleitung für ein Containment einer Kernreaktoranlage, umfassend eine Zündquelle zur Zündung des zündfähigen Gemischs. Erfindungsgemäss ist die Zündeinrichtung derart ausgestaltet ist, dass in Abhängigkeit von einem Durchfluss des zündfähigen Gemischs, bevorzugt wenn eine Durchflussmenge des zündfähigen Gemischs eine Durchflussschwelle überschreitet, das zündfähige Gemisch mittels der Zündquelle entzündbar ist, insbesondere die Zündquelle das zündfähige Gemisch entzündet.

In Ausgestaltung der Erfindung weist die Zündeinrichtung eine autarke Energiequelle zur Aktivierung der Zündquelle auf, und die Zündeinrichtung ist derart ausgestaltet, dass die autarke Energiequelle die Zündquelle zur

Auslösung des Zündvorganges veranlasst, wenn die Durchflussmenge des Gemischs eine Durchflussschwelle überschreitet.

Die Zündeinrichtung kann in der erfindungsgemässen Kernreaktoranlage verwendet werden und weist die in Bezug auf die beschriebene Kernreaktoranlage die beschriebenen Vorteile auf. Vorteilhafterweise kann die Zündeinrichtung als Ersatzbauteil der Kernreaktoranlage und / oder Druckleitung einfach ausgewechselt werden.

Schliesslich betrifft die Erfindung ein Verfahren zum Betreiben einer Kernreaktoranlage, umfassend ein Containment, ein Druckentlastungsystem, das ausserhalb des Containments angeordnet ist und mit einem Inneren des Containments über eine Druckleitung derart strömungsverbunden ist, dass ein Reaktorfluid aus dem Containment über die Druckleitung in das Druckentlastungssystem strömt. Erfindungsgemäss umfasst die Druckleitung ausserhalb des Containments eine Zündeinrichtung mit einer Zündquelle zum kontrollierten Entzünden eines im Reaktorfluid, insbesondere in der Containeratmosphäre enthaltenen zündfähigen Gemischs umfasst, wobei die Zündquelle das zündfähigen Gemisch in Abhängigkeit von einem Durchfluss des Gemischs entzündet.

In Ausgestaltung der Erfindung entzündet die Zündquelle das Gemisch, wenn eine Durchflussmenge des Gemischs eine Durchflussschwelle überschreitet.

Das beschriebene Verfahren zum Betreiben einer Anlage mit einem Reaktor, insbesondere Kernreaktoranlage oder chemische Anlage kann mit der beschriebenen Anlage durchgeführt werden.

Sowohl die erfindungsgemässe Anlage mit einem Reaktor, insbesondere Kernreaktoranlage oder chemische Anlage, als auch die erfindungsgemässe Druckleitung, die erfindungsgemässe Zündeinrichtung und das Verfahren zum Betreiben der Anlage ermöglichen somit vorteilhafterweise sowohl im Normalbetrieb als auch im Störfall der Kernreaktoranlage eine sichere,

energieautarke und konstruktiv einfach gestaltete kontrollierte Entzündung des zündfähigen Gemischs. Von Vorteil ist somit eine kontrollierte Entzündung des zündfähigen Gemischs möglich, ohne eine Abhängigkeit von einer entfernt angeordneten Energiequelle oder Energieversorgung. Darüber hinaus bedarf es keiner Zuleitungen von entfernt angeordneten Energiequellen, seien es Kabel oder andere Energietransportleitungen. Darüber hinaus kann somit eine gezielte Verbrennung oder Deflagration des zündfähigen Gemischs in der Druckleitung, bevorzugt an einem bestimmten Bereich in der Druckleitung ausserhalb des Containments, erreicht werden, bevor es zur Explosion oder Detonation kommt. Ein wesentlicher Vorteil ist somit, dass die Transformation von der Deflagration zur Detonation unterbunden wird.

Weitere vorteilhafte Massnahmen und bevorzugte Verfahrensführungen ergeben sich aus den abhängigen Ansprüchen.

Im Folgenden wird die Erfindung sowohl in apparativer als auch in verfahrenstechnischer Hinsicht anhand von Ausführungsbeispielen unter Bezugnahme auf die Zeichnung näher erläutert. In der schematischen Zeichnung zeigt:

Fig. 1 eine aus dem Stand der Technik bekannte Kernreaktoranlage;

Fig. 2 ein erstes Ausführungsbeispiel einer erfindungsgemässen Kernreaktoranlage;

Fig. 2a ein erstes Ausführungsbeispiel einer erfindungsgemässen Zündeinrichtung an einer erfindungsgemässen Druckleitung für eine erfindungsgemässe Kernreaktoranlage;

Fig. 3 ein zweites Ausführungsbeispiel der erfindungsgemässen Zündeinrichtung an der erfindungsgemässen Druckleitung der erfindungsgemässe Kernreaktoranlage;

Fig. 4 ein drittes Ausführungsbeispiel einer erfindungsgemässen Zündeinrichtung an der erfindungsgemässen Druckleitung der erfindungsgemässen Kernreaktoranlage;

Die Fig. 1 zeigt eine aus dem Stand der Technik bekannte Kernreaktoranlage 1‘, die ein Containment 12‘, sowie ein Druckentlastungssystem 13‘ umfasst. Das Druckentlastungsystem 13‘ ist beispielweise ausserhalb des Containments 12‘ und / oder innerhalb der Kernreaktoranlage 1‘ oder in anderer Weise angeordnet und ist mit einem Inneren des Containments 12‘ über eine Druckleitung 2‘ derart strömungsverbunden, dass ein Reaktorfluid aus dem Containment 12‘ über die Druckleitung 2‘ in das Druckentlastungssystem 13‘ strömbar ist. Im Containment 12‘ ist ein Einlasskorb 134‘ vorgesehen, der an einer Einlassöffnung der Druckleitung 2‘ angeordnet ist. Ausserdem ist an der Druckleitung 2‘ ein Containmentventil bzw. Isolierventil 135‘ vorgesehen, um ein unkontrolliertes Strömen des Reaktofluids zu verhindern. Die Druckleitung 2‘ ist mit einem Filtertank 137‘ strömungsverbunden, sodass das Reaktorfluid aus dem Containment 12‘ über den Einlasskorb 134‘ in die Druckleitung 2‘ und bei geöffnetem Containmentventil 135‘ in den Filtertank 137‘ strömen kann. Zusätzlich ist eine Abfluss- bzw. Leckageleitung 136‘ vorgesehen, die insbesondere an einer Unterseite (die dem Boden der Kernreaktoranlage zugewandte Seite) des Filtertanks 137‘ angeordnet sein kann, die mit der Druckleitung 2‘ strömungsverbunden ist. Darüber hinaus ist ein Vorratstank 132‘ zur Einleitung eines Mediums, insbesondere Thiosulfat, in den Filtertank 137‘ vorgesehen und mit dem Filtertank 137‘ mittels einer Verbindungsleitung strömungsverbunden. Am Filtertank 137‘, insbesondere an einer Oberseite (die dem Boden der Kernreaktoranlage abgewandte Seite) des Filtertanks 137‘ ist eine Ausströmleitung 141‘ vorgesehen, die ausserhalb des Druckentlastungsystems 13‘ mit einem Aussenbereich 14‘ strömungsverbunden ist.

Fig. 2 zeigt in schematischer Darstellung ein erstes Ausführungsbeispiel einer erfindungsgemässen Kernreaktoranlage 1, die ein Containment 12, sowie ein Druckentlastungssystem 13 umfasst. Das Druckentlastungsystem 13 ist ausserhalb des Containments 12 aber innerhalb der Kernreaktoranlage angeordnet und ist mit einem Inneren des Containments 12 über eine erfindungsgemässe Druckleitung 2 (siehe auch Fig. 2a), an der eine erfindungsgemässe Zündeinrichtung 3 (nicht dargestellt, siehe Fig. 2a) angeordnet ist, derart strömungsverbunden, dass ein Reaktorfluid aus dem Containment 12 über die Druckleitung 2 in das Druckentlastungssystem 13 strömbar ist. Im Containment 12 ist ein Einlasskorb 134 vorgesehen, der an einer Einlassöffnung der Druckleitung 2 angeordnet ist. Ausserdem ist an der Druckleitung 2 ein Containmentventil bzw. Isolierventil135 vorgesehen, um ein unkontrolliertes Strömen des Reaktofluids zu verhindern. Die Druckleitung 2 ist mit einem Filtertank 137 strömungsverbunden, sodass das Reaktorfluid aus dem Containment 12 über den Einlasskorb 134 in die Druckleitung 2 und bei geöffnetem Containmentventil 135 in den Filtertank 137 strömen kann. Zusätzlich ist eine Abfluss- bzw. Leckageleitung 136 vorgesehen, die insbesondere an einer Unterseite (die dem Boden der Kernreaktoranlage zugewandte Seite) des Filtertanks 137 angeordnet sein kann, die mit der Druckleitung 2 strömungsverbunden ist. Darüber hinaus ist ein Vorratstank 132 zur Einleitung eines Mediums, insbesondere Thiosulfat, in den Filtertank 137 vorgesehen und mit dem Filtertank 137 mittels einer Verbindungsleitung strömungsverbunden. Am Filtertank 137, insbesondere an einer Oberseite (die dem Boden der Kernreaktoranlage abgewandte Seite) des Filtertanks 137 ist eine Ausströmleitung 141 vorgesehen. An der Ausströmleitung 141 ausserhalb Druckentlastungsystem 13 in einem Aussenbereich 14 kann eine Flammensperre 138 und / oder eine Auslassventilklappe 139 angeordnet sein. Die Ausströmleitung 141 ist mit einem Inneren des Druckentlastungsystem 13, insbesondere dem Filtertank 137 über die Ausströmleitung 141 derart strömungsverbunden, dass ein Abgas, insbesondere ein zündfähiges Gemisch und / oder ein Gas und / oder ein Dampf, aus dem Filtertank 137

ausströmen kann. Das Abgas ist also aus dem Filtertank 137 aus dem Druckentlastungsystem 13 über die Ausströmleitung 141 in einen Aussenbereich 14 strömbar. An der Ausströmleitung 141 ausserhalb Druckentlastungsystem 13 ist eine Flammensperre 138 und / oder eine Auslassventilklappe 139 angeordnet. Vorteilhafterweisen kann mittels der Flammensperre 138 und / oder der Auslassventilklappe 139 ein Zurückschlagen von Flammen oder einer Druckwelle in das Druckentlastungssystem und / oder in das Containment verhindert werden und das Druckentlastungssystem und / oder das Containment sind somit vor einer Zerstörung geschützt.

Fig. 2a zeigt in schematischer Darstellung ein erstes Ausführungsbeispiel einer erfindungsgemässen Zündeinrichtung 3 an einer erfindungsgemässen Druckleitung 2 für eine erfindungsgemässe Kernreaktoranlage (nicht dargestellt, siehe Fig. 2, Bezugszeichen 1). Die Fig. 2a entspricht im Wesentlichen Fig. 2 (einem Teilbereich der Fig. 2), weshalb nur auf die Unterschiede eingegangen wird. Das Druckentlastungsystem 13 (siehe Fig. 2a) ist ausserhalb des Containments 12 (siehe Fig. 2a) angeordnet und mit einem Inneren des Containments 12 über die Druckleitung 2 derart strömungsverbunden, dass ein Reaktorfluid aus dem Containment 12 über die Druckleitung 2 in das Druckentlastungssystem 13 strömbar ist. Im Betriebszustand strömt also das Reaktorfluid vom Inneren des Containments 12 (siehe Richtungspfeil A) in die Druckleitung 2 und von dort in das Druckentlastungssystem 13 (siehe Richtungspfeil B).

Die Druckleitung 2 ausserhalb des Containments 12 (siehe Fig. 2a) umfasst die Zündeinrichtung 3 mit einer Zündquelle 31 zum kontrollierten Entzünden eines im Reaktorfluid enthaltenen zündfähigen Gemischs. Die Zündeinrichtung 3 ist derart ausgestaltet, dass das zündfähige Gemisch, in Abhängigkeit von einem Durchfluss des zündfähigen Gemischs, mittels der Zündquelle 31 entzündbar ist, bevorzugt wenn eine Durchflussmenge des

zündfähigen Gemischs eine Durchflussschwelle überschreitet, die Zündquelle 31 das zündfähige Gemisch entzündet.

Die Zündquelle 31 ist ein mechanischer Funkenerzeuger 31, kann aber auch als ein chemischer Zündstoff und / oder ein elektrischer Funkenerzeuger und / oder ein druckbelastbar gelagertes Piezokristall mit einer an seine beiden Pole angeschlossenen Funkenstrecke sein.

Darüber hinaus weist die die Zündeinrichtung 3 eine autarke Energiequelle 32 zur Aktivierung des mechanischen Funkenerzeugers 31 aufweist. Die autarke Energiequelle 32 ist als ein Ventilator 32 ausgebildet, kann aber auch ein Zahnrad-Durchflussmesser, Drehkolbenzähler und / oder ein magnetisch-induktiver Durchflussmesser und / oder ein Ultraschall-Durchflussmesser und / oder eine Staudrucksonde und / oder ein Dynamo und / oder ein chemischer Zündstoff und / oder ein spannbares Federelement mit Umlenkgetriebe sein. Das Umlenkgetriebe (nicht dargestellt) kann dabei zur Umformung der Zug-, Druck-oder Drehkräfte eines Federspeichers in taktende Hubbewegungen eingerichtet sein. Die Zündeinrichtung 3 ist derart ausgestaltet ist, dass der mechanischen Funkenerzeuger 31 mittels der autarke Energiequelle 32 bzw. des Ventilators 32 in Abhängigkeit von einem Durchfluss des zündfähigen Gemischs oder des Reaktorfluids, insbesondere von einem Durchfluss des zündfähigen Gemischs durch die Druckleitung 2, aktivierbar ist und das zündfähige Gemisch mittels der Zündquelle entzündbar ist. Bevorzugt erfolgt die Auslösung des Zündvorganges, wenn die Durchflussmenge des zündfähigen Gemischs eine Durchflussschwelle überschreitet. Die autarke Energiequelle 32, insbesondere der gezeigte Ventilator 32 kann zur Auslösung des Zündvorganges ein Auslöseelement (nicht dargestellt) zur Aktivierung der Zündquelle 31 aufweisen, insbesondere ein Auslöseelement (nicht dargestellt) zur Ausübung periodischer Druckbelastungen auf die Zündquelle 31, bevorzugt den druckbelastbar gelagerten Piezokristall, aufweist. Die in Fig. 2 schematisch dargestellte erfindungsgemässe Druckleitung 2 für eine erfindungsgemässe Kernreaktoranlage 1 (siehe Fig.

2a) umfasst also die erfindungsgemässe Zündeinrichtung 3 mit dem mechanischen Funkenerzeuger 31 zum kontrollierten Entzünden des zündfähigen Gemischs und die Zündeinrichtung 3 ist derart ausgestaltet, dass in Abhängigkeit von einem Durchfluss des zündfähigen Gemischs, insbesondere wenn eine Durchflussmenge des zündfähigen Gemischs eine Durchflussschwelle überschreitet, das zündfähige Gemisch mittels dem mechanischen Funkenerzeuger 31 entzündbar ist.

In Fig. 3 ist eine schematische Darstellung eines zweiten Ausführungsbeispiels der erfindungsgemässen Zündeinrichtung 3 an der erfindungsgemässen Druckleitung 2 für die erfindungsgemässe Kernreaktoranlage 1 (siehe Fig. 2a) gezeigt. Die Fig. 3 entspricht im Wesentlichen Fig. 2 und Fig. 2a, weshalb nur auf die Unterschiede eingegangen wird. Die Zündquelle 31 und autarke Energiequelle 32 ist ein chemischer Zündstoff 31, 32. Der chemische Zündstoff 31, 32 ist in Abhängigkeit von einem Durchfluss in die Druckleitung 2 einbringbar, bevorzugt wenn die Durchflussmenge des zündfähigen Gemischs eine Durchflussschwelle überschreitet, wobei das zündfähige Gemisch mittels dem chemischen Zündstoff 31, 32 entzündbar ist. Die Zündeinrichtung 3 kann eine Drucksicherungen 33 aufweisen, bevorzugt eine oder mehrere Berstscheiben 33, welche die Druckleitung und / oder das Druckentlastungssystem und / oder das Containment bzw. die gesamte Kernreaktoranlage vor einem schädigendem Über- und / oder Unterdruck schützen. Die Drucksicherung 33 umfasst eine einmalig verwendbare Membran umfassen, die sich im Falle einer Entzündung des zündfähigen Gemischs biegt oder zerbirst. Die Membran kann als eine dünne Folie, insbesondere als eine dünne Folie aus Stahl, Edelstahl oder Graphit sein.

In Fig. 4 ist eine schematische Darstellung eines dritten Ausführungsbeispiels einer erfindungsgemässen Zündeinrichtung 3 an der erfindungsgemässen Druckleitung 2 der erfindungsgemässen Kernreaktoranlage 1 (siehe Fig. 2a) gezeigt. Fig. 4 entspricht im Wesentlichen den Fig. 2 und Fig. 2a und / oder

Fig. 3, weshalb nur auf die Unterschiede eingegangen wird.
Die Druckleitung 2 umfasst eine Deflagrationskammer 4 mit einer Einströmöffnung 41, und die Einströmöffnung 41 ist mit der Druckleitung 2 strömungsverbunden. Dabei ist Zündeinrichtung 3 an der Deflagrationskammer 4 an der Einströmöffnung 41 angeordnet, kann aber im Allgemeinen einfach an der Deflagrationskammer 4 angeordnet sein.

Das erfindungsgemässe Verfahren zum Betreiben der erfindungsgemässen Anlage, insbesondere chemische Anlage oder Kernreaktoranlage 1 (siehe Fig. 2a) sowie die in den abhängigen Ansprüchen beschriebenen Massnahmen, sind mit der Kernreaktoranlage 1, der Druckleitung 2 und der Zündeinrichtung 3, insbesondere mit denen in den Fig. 2 und / oder Fig. 3 und / oder Fig. 4 gezeigten Ausführungsbeispielen, durchführbar. Dabei umfasst die Druckleitung 2 ausserhalb des Containments 12 die Zündeinrichtung 3, mit einer Zündquelle 31 zum kontrollierten Entzünden des im Reaktorfluid enthaltenen zündfähigen Gemischs, wobei die Zündquelle 31 das zündfähigen Gemisch in Abhängigkeit von einem Durchfluss des Gemischs, bevorzugt wenn eine Durchflussmenge des Gemischs eine Durchflussschwelle überschreitet, entzündet.

Allen Ausführungsbeispielen in den Fig. 2, Fig. 2a, Fig. 3 und Fig. 4. ermöglichen somit vorteilhafterweise sowohl im Normalbetrieb als auch im Störfall der Kernreaktoranlage 1 eine sichere und konstruktiv einfach gestaltete kontrollierte Entzündung des zündfähigen Gemischs, insbesondere mittels den erfindungsgemässen Zündeinrichtungen 3 der Fig. 2a, Fig. 3 und Fig. 4. Von Vorteil ist somit eine kontrollierte Entzündung des zündfähigen Gemischs möglich, ohne eine Abhängigkeit von einer entfernt angeordneten Energiequelle oder Energieversorgung. Darüber hinaus bedarf es keiner Zuleitungen von entfernt angeordneten Energiequellen, seien es Kabel oder andere Energietransportleitungen. Somit kann eine gezielte Verbrennung oder Deflagration des zündfähigen Gemischs in der Druckleitung 2, bevorzugt an einem bestimmten Bereich in der Druckleitung 2 ausserhalb des

Containments 12, erreicht werden, bevor es zur Explosion oder Detonation kommt. Ein wesentlicher Vorteil ist, dass die Transformation von der Deflagration zur Detonation unterbunden wird.

Patentansprüche:

1. Anlage mit einem Reaktionsbehälter, insbesondere Kernreaktoranlage oder chemische Anlage, im speziellen Druckwasserreaktor, umfassend
- ein Containment (12),
- ein Druckentlastungsystem (13), das ausserhalb des Containments (12) angeordnet ist und mit einem Inneren des Containments (12) über eine Druckleitung (2) derart strömungsverbunden ist, dass ein Reaktorfluid aus dem Containment (12) über die Druckleitung (2) in das Druckentlastungssystem (13) strömbar ist,

dadurch gekennzeichnet, dass

die Druckleitung (2) ausserhalb des Containments (12) eine Zündeinrichtung (3) mit einer Zündquelle (31) zum kontrollierten Entzünden eines im Reaktorfluid enthaltenen zündfähigen Gemischs umfasst, wobei die Zündeinrichtung (3) derart ausgestaltet ist, dass das zündfähige Gemisch, in Abhängigkeit von einem Durchfluss des zündfähigen Gemischs, mittels der Zündquelle (31) entzündbar ist.

2. Anlage nach Anspruch 1, wobei die Zündeinrichtung (3) derart ausgestaltet ist, dass wenn eine Durchflussmenge des zündfähigen Gemischs eine Durchflussschwelle überschreitet, die Zündquelle (31) das zündfähige Gemisch entzündet.

3. Anlage nach Anspruch 1 oder 2, wobei die Zündeinrichtung (3) eine autarke Energiequelle (32) zur Aktivierung der Zündquelle (31) aufweist, und die Zündeinrichtung (3) derart ausgestaltet ist, dass die autarke Energiequelle (32) die Zündquelle (31) zur Auslösung des Zündvorganges veranlasst, wenn die Durchflussmenge des zündfähigen Gemischs eine Durchflussschwelle überschreitet.

4. Anlage nach einem der vorangehenden Ansprüche, wobei die autarke Energiequelle (32) ein Ventilator (32, 321) und / oder ein Zahnrad-Durchflussmesser (32) und / oder ein Dynamo (32) und / oder ein

chemischer Zündstoff (32,322) und / oder ein spannbares Federelement (32) mit Umlenkgetriebe ist, und dass das Umlenkgetriebe zur Umformung der Zug-, Druck-oder Drehkräfte eines Federspeichers in taktende Hubbewegungen eingerichtet ist.

5. Anlage nach einem der vorangehenden Ansprüche, wobei die Zündquelle ein chemischer Zündstoff (31, 322) und / oder ein mechanischer Funkenerzeuger (31) und / oder ein elektrischer Funkenerzeuger (31) und / oder ein druckbelastbar gelagertes Piezokristall (31) mit einer an seine beiden Pole angeschlossenen Funkenstrecke ist.

6. Anlage nach einem der vorangehenden Ansprüche, wobei der chemische Zündstoff (31, 32, 322) in die Druckleitung (2) einbringbar ist, wenn die Durchflussmenge des zündfähigen Gemischs eine Durchflussschwelle überschreitet.

7. Anlage nach einem der vorangehenden Ansprüche, wobei die autarke Energiequelle (32) zur Auslösung des Zündvorganges ein Auslöseelement zur Aktivierung der Zündquelle (31) aufweist, insbesondere ein Auslöseelement zur Ausübung periodischer Druckbelastungen auf die Zündquelle (31), bevorzugt den druckbelastbar gelagerten Piezokristall, aufweist.

8. Anlage nach einem der vorangehenden Ansprüche, wobei die Druckleitung (2) eine Deflagrationskammer (4) mit einer Einströmöffnung umfasst, und die Einströmöffnung mit der Druckleitung (2) strömungsverbunden ist.

9. Anlage nach einem der vorangehenden Ansprüche, wobei die Zündeinrichtung (3) an der Deflagrationskammer (4), bevorzugt an der Einströmöffnung der Deflagrationskammer (41), angeordnet ist.

10. Druckleitung für eine Anlage mit einem Reaktionsbehälter, insbesondere Kernreaktoranlage oder chemische Anlage nach einem der Ansprüche 1 bis 9.

11. Druckleitung nach Anspruch 10, wobei die Druckleitung (2) eine Zündeinrichtung (3) mit einer Zündquelle (31) zum kontrollierten Entzünden eines zündfähigen Gemischs umfasst, und die Zündeinrichtung (3) derart ausgestaltet ist, dass in Abhängigkeit von einem Durchfluss des zündfähigen Gemischs das zündfähige Gemisch mittels der Zündquelle (31) entzündbar ist, und / oder wobei die Zündeinrichtung (3) derart ausgestaltet ist, dass wenn eine Durchflussmenge des zündfähigen Gemischs eine Durchflussschwelle überschreitet, die Zündquelle (31) das zündfähige Gemisch entzündet.

12. Zündeinrichtung zum kontrollierten Entzünden eines zündfähigen Gemischs, bevorzugt in einer Druckleitung (2) nach einem der Ansprüche 10 oder 11, für eine Anlage (1) nach einem der Ansprüche 1 bis 9, umfassend eine Zündquelle (31) zur Zündung des zündfähigen Gemischs, **dadurch gekennzeichnet, dass**
die Zündeinrichtung (3) derart ausgestaltet ist, dass in Abhängigkeit von einem Durchfluss des zündfähigen Gemischs das zündfähige Gemisch mittels der Zündquelle (31) entzündbar ist.

13. Zündeinrichtung nach Anspruch 12, wobei die Zündeinrichtung (3) derart ausgestaltet ist, dass wenn eine Durchflussmenge des zündfähigen Gemischs eine Durchflussschwelle überschreitet, die Zündquelle (31) das zündfähige Gemisch entzündet und / oder wobei die Zündeinrichtung (3) eine autarke Energiequelle (32) zur Aktivierung der Zündquelle (31) aufweist, und die Zündeinrichtung (3) derart ausgestaltet ist, dass die autarke Energiequelle (32) die Zündquelle (31) zur Auslösung des Zündvorganges veranlasst, wenn die Durchflussmenge des Gemischs eine Durchflussschwelle überschreitet.

14. Verfahren zum Betreiben einer Anlage (1), bevorzugt nach einem der Ansprüche 1 bis 9, umfassend
- ein Containment (12),
- ein Druckentlastungsystem (13), das ausserhalb des Containments (12) angeordnet ist und mit einem Inneren des Containments (12) über eine Druckleitung (2) nach einem der Ansprüche 10 oder 11, derart strömungsverbunden ist, dass ein Reaktorfluid aus dem Containment (12) über die Druckleitung (2) in das Druckentlastungssystem (13) strömt,
dadurch gekennzeichnet, dass
die Druckleitung (2) ausserhalb des Containments (12) eine Zündeinrichtung (3) nach einem der Ansprüche oder 13, mit einer Zündquelle (31) zum kontrollierten Entzünden eines im Reaktorfluid enthaltenen zündfähigen Gemischs umfasst, wobei die Zündquelle (31) das zündfähigen Gemisch in Abhängigkeit von einem Durchfluss des Gemischs entzündet.

15. Verfahren nach Anspruch 14, wobei die Zündquelle (31) das Gemisch entzündet, wenn eine Durchflussmenge des Gemischs eine Durchflussschwelle überschreitet.

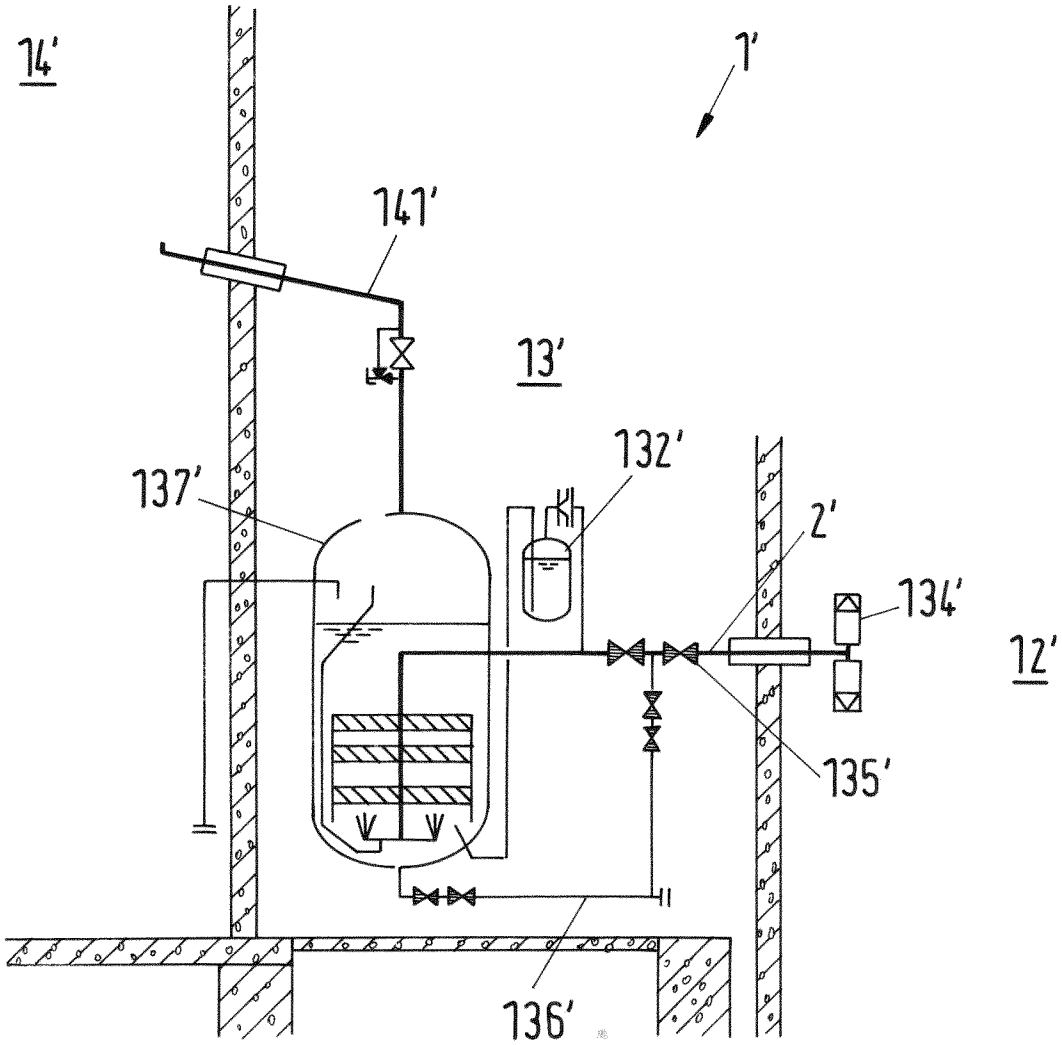


Fig.1

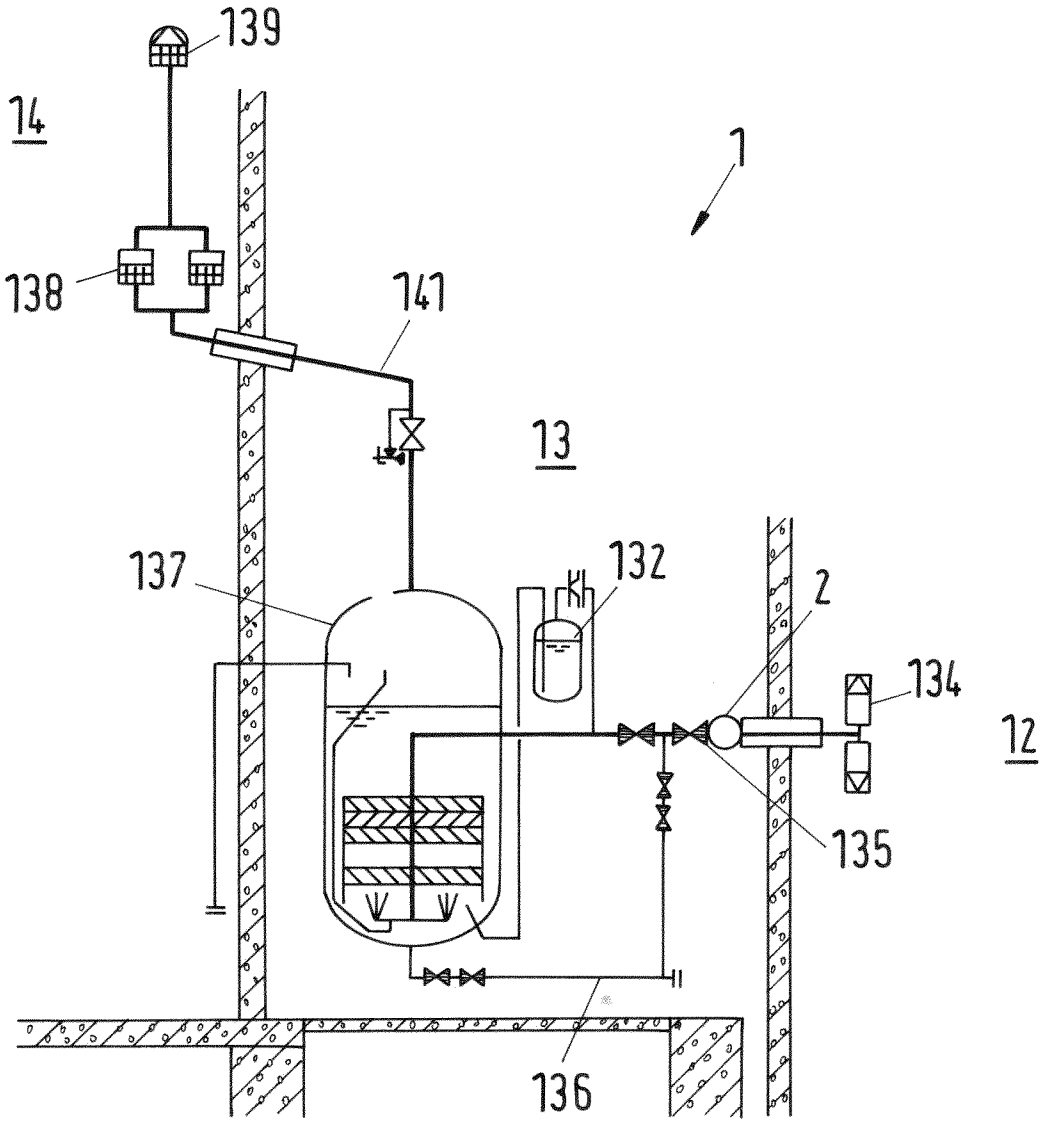


Fig.2

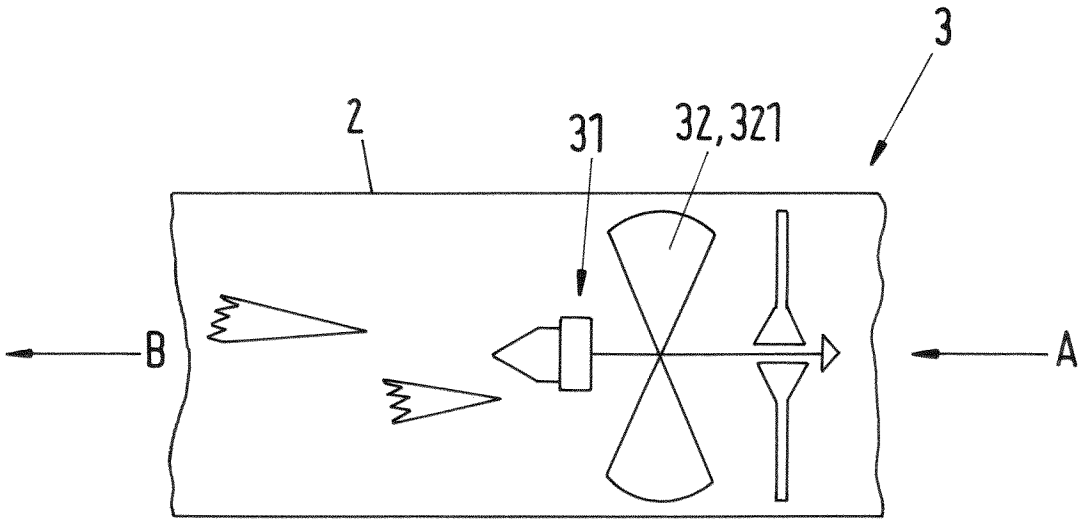


Fig.2a

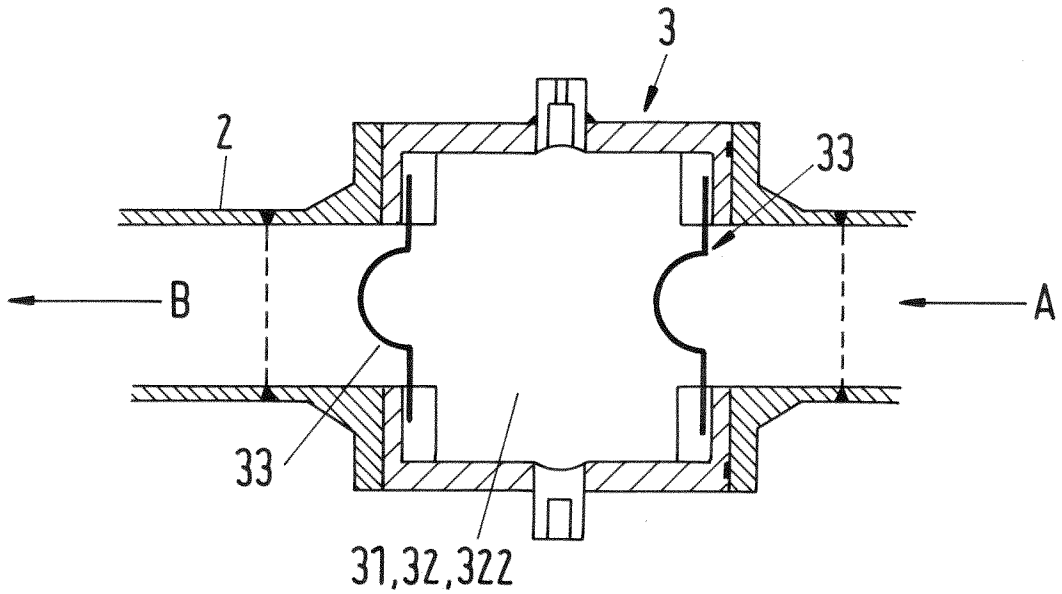


Fig.3

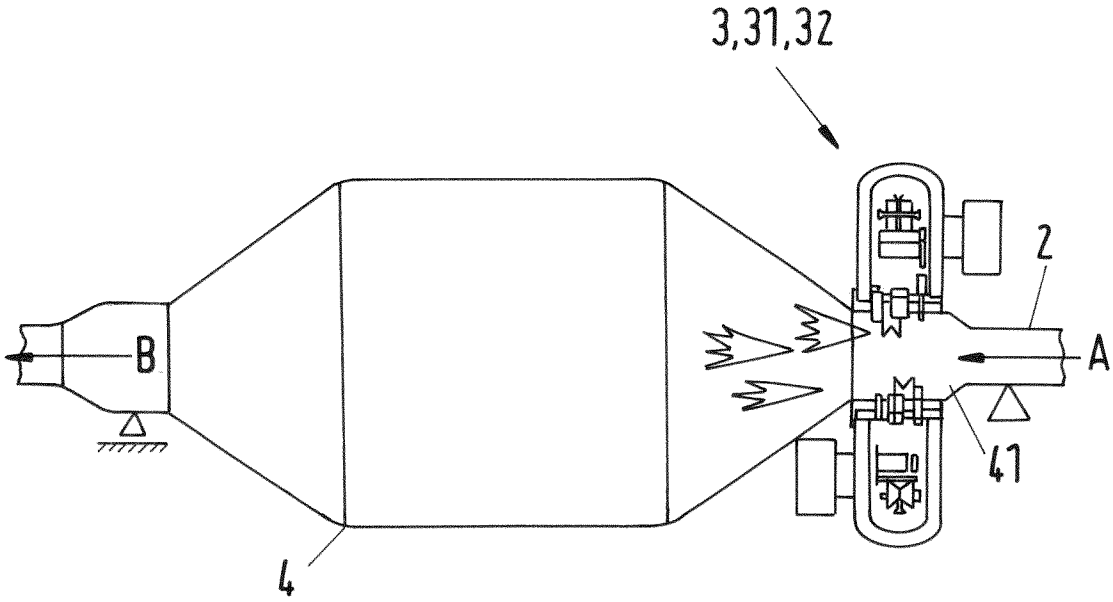


Fig.4