



(10) **DE 10 2014 205 085 A1 2015.09.24**

(12)

Offenlegungsschrift

(21) Aktenzeichen: **10 2014 205 085.5**

(22) Anmelddatum: **19.03.2014**

(43) Offenlegungstag: **24.09.2015**

(51) Int Cl.: **G21C 19/08 (2006.01)**

G21C 15/02 (2006.01)

(71) Anmelder:

AREVA GmbH, 91052 Erlangen, DE

(56) Ermittelter Stand der Technik:

DE	197 48 222	C1
DE	31 30 109	A1
DE	196 32 678	A1
US	4 289 196	A
EP	2 518 731	A2

(74) Vertreter:

**Tergau & Walkenhorst Patentanwälte -
Rechtsanwälte, 60322 Frankfurt, DE**

(72) Erfinder:

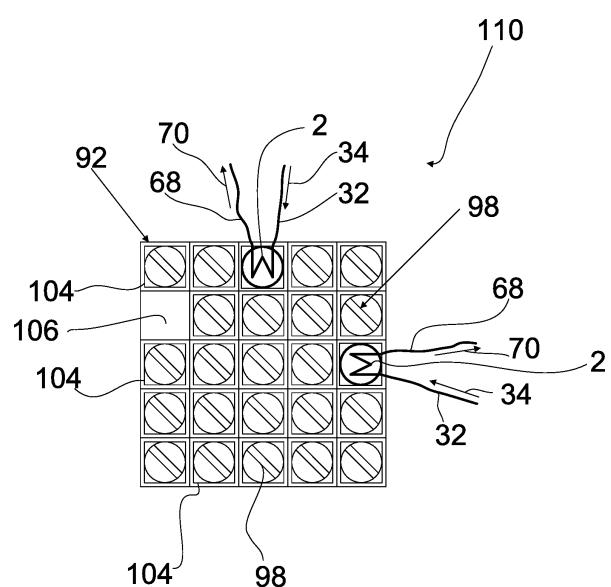
**Fuchs, Thomas, Dr., 50389 Wesseling, DE; Ornot,
Leo, 90449 Nürnberg, DE; Reck, Markus, Dr.,
91056 Erlangen, DE; Reuter, Matthias, 04539
Groitzsch, DE**

Prüfungsantrag gemäß § 44 PatG ist gestellt.

Die folgenden Angaben sind den vom Anmelder eingereichten Unterlagen entnommen

(54) Bezeichnung: **Kühlelement zum Kühlen der Kühlflüssigkeit in einem Brennelementbecken, zugehöriges System, Brennelementbecken und kerntechnische Anlage**

(57) Zusammenfassung: Ein Kühlelement (2) zum Kühlen der Kühlflüssigkeit in einem Brennelementbecken (115), in dem ein Brennelementgestell (92) zur Aufnahme von Brennelementen (98) angeordnet ist, wobei das Kühlelement (2) einen Wärmeübertrager (64) umfasst, der zum Anschuss an einen Kühlkreislauf (120) ausgebildet ist, soll platzsparend in ein bereits vorhandenes Brennelementbecken (115) integriert werden. Dazu ist erfindungsgemäß vorgesehen, dass das Kühlelement (2) derart dimensioniert und konfiguriert ist, dass es in einer freien Position (106) für ein Brennelement (98) in dem Brennelementgestell (92) angeordnet und/oder befestigt werden kann.



Beschreibung

[0001] Die Erfindung betrifft ein Kühlelement zum Kühlen der Kühlflüssigkeit in einem Brennelementbecken, in dem ein Brennelementgestell zur Aufnahme von Brennelementen angeordnet ist, wobei das Kühlelement einen Wärmeübertrager (Wärmetauscher) umfasst, der zum Anschuss an einen Kühlkreislauf ausgebildet ist. Sie betrifft weiterhin ein System zum Kühlen der Kühlflüssigkeit in einem Brennelementbecken, ein Brennelementbecken sowie eine kerntechnische Anlage.

[0002] Zur Kühlung von Brennelementbecken werden derzeit hauptsächlich zwei technisch unterschiedliche Lösungen eingesetzt. Die erste Lösung sieht die unmittelbare Kühlung des Beckenwassers vor. Hierzu wird das Wasser mittels einer Pumpe dem Becken entnommen, in einer externen Kühleinheit gekühlt und dann in das Becken zurückgespeist. Falls es hierbei zu einer Leckage im Kühlkreislauf kommt, droht ein Absenken des Beckenfüllstandes.

[0003] Eine zweite gebräuchliche Lösung beruht auf der Verwendung von Einhängekühlern. In diesem Fall wird das Beckenwasser mittels eines Zwischenkühlkreislaufes gekühlt. Anders als bei der zuvor genannten Methode besteht bei diesem System nicht die Gefahr einer Beckenleckage, da einerseits keine Beckendurchdringungen benötigt werden und andererseits das Beckenwasser im Becken verbleibt. Jedoch beansprucht ein derartiges System aufgrund der notwendigen Wärmeübertragungsflächen einen nicht unerheblichen Einbauraum im Lagerbecken.

[0004] Aus der DE 102 17 969 A1 ist ein Zwischenlagersystem für Brennelemente einer kerntechnischen Anlage mit einem passiven einphasigen Kühlkreislauf bekannt. Der Innenraum eines Nasslagerbeckens wird durch in das Nasslagerbecken eingehängte Wärmetauscher gekühlt.

[0005] Die DE 29 44 962 A1 offenbart ein Lagerbecken für Brennelemente von Kernreaktoren, wobei in das Beckenwasser Wärmetauscher tauchen, die ohne feste Verbindung mit der Beckenwand angehängt sind.

[0006] Die US 2012/0051484 A1 beschreibt ein Lagerbecken für Brennelemente, bei dem Wärmetauscher am Beckenrand angebracht sind, mit einem zweiphasigen Kühlkreislauf, bei dem das Kühlmedium in den Wärmetauschern einen Phasenübergang durchführt.

[0007] Die im Rahmen der „Post Fukushima“ Maßnahmen geforderten Nachrüstungen von redundanten und diversitären Beckenkühlungen, welche überwiegend auf der zweiten geschilderten Variante basieren, stehen häufig vor dem Problem, dass der notwendige Bauraum in den bestehenden Becken zu klein ist, als dass eine entsprechende Menge von Einhängekühlern untergebracht werden kann. Häufig besteht dann der einzige Ausweg in einer kostenintensiven und genehmigungstechnisch aufwändigen Neuordnung der Lagerstelle für die Brennelemente. Des Weiteren ist die erdbebentechnisch sichere Anbringung von Einhängekühlern problematisch, da nur ungern die bestehenden Beckenstrukturen durch Schweißungen oder Bohrungen modifiziert werden.

[0008] Der Erfindung liegt daher die Aufgabe zugrunde, ein Kühlelement bereitzustellen, welches platzsparend in ein bereits vorhandenes Brennelementkühlbecken integriert werden kann. Zudem sollen ein entsprechendes System zum Kühlen der Kühlflüssigkeit in einem Brennelementbecken, ein Brennelementbecken und eine kerntechnische Anlage bereitgestellt werden.

[0009] In Bezug auf das Kühlelement wird die oben genannte Aufgabe dadurch gelöst, dass das Kühlelement derart dimensioniert und konfiguriert ist, dass es in einer freien Stelle / Position für ein Brennelement in dem Brennelementgestell angeordnet und/oder befestigt werden kann.

[0010] Vorteilhafte Ausgestaltungen der Erfindung sind Gegenstand der Unteransprüche.

[0011] Die Erfindung geht von der Überlegung aus, dass durch heutige Sicherheitsanforderungen an kerntechnische Anlagen der Bedarf an zuverlässigen, modular einsetzbaren und redundant oder ergänzend nutzbaren Kühlsystemen drastisch gestiegen ist. Bekannte Lösungen sind gewöhnlich baulich aufwändig, zudem ergeben sich gegebenenfalls Unsicherheiten bezüglich der Sicherheit des neuen Designs und damit auch der erneuten Zulassung.

[0012] Es wäre also schon aus diesen Gründen eine technische Lösung wünschenswert, deren Umsetzung keine oder nur geringe Modifikationen der Ausgestaltungen des Kühlbeckens bzw. der Kühlsysteme erfordert.

[0013] Wie nunmehr erkannt wurde, lässt sich eine derartige technische Lösung zur Kühlung des Beckenwassers realisieren, indem bereits vorhandene Bauräume bzw. Räume, die bislang zum Anordnen von anderen Komponenten genutzt wurden, für die Unterbringung der Kühlelemente genutzt werden. Wie weiter erkannt wurde, eignen sich dafür besonders freie Slots bzw. Schächte im Brennelementgestell. Dazu müssen die Kühlelemente entsprechend dimensioniert werden, d. h. hinsichtlich ihres Durchmessers bzw. Querschnitts und ggf. auch hinsichtlich ihrer Länge an die vorgegebenen Dimensionen angepasst werden. Zudem sollten sie derart konfi-

guriert sein, dass sie sich sicher einfügen und wieder entnehmen lassen und stabil angeordnet werden können. Das jeweilige Kühlelement kann unter Umständen auch länger als das Brennelement sein, dessen Platz es einnimmt – es kann beispielsweise oben aus dem ihm zugeordneten Kasten oder Schacht des Brennelementgestells herausragen. Am oberen Ende kann auch eine Art Trichter angebracht sein, der das Beckenwasser leitet – eine Art Einlauf.

[0014] Vorteilhafterweise weist das jeweilige Kühlelement also prinzipiell die typischen Abmessungen eines Brennelements auf. Rein beispielhaft im Sinne eines groben Richtwertes für die typische Dimensionierung sei in diesem Zusammenhang erwähnt, dass ein typisches Brennelement eines Druckwasserreaktors 15×15 Brennstäbe enthält und ca. 4500 mm Länge und einen quadratischen Querschnitt mit 250 mm Kantenlänge besitzt. Ein Brennelement eines Druckwasserreaktors vom Typ EPR hat beispielsweise 18×18 Brennstäbe und dementsprechend eine größere Kantenlänge. Brennelemente für Siedewasserreaktoren haben z. B. 8×8 Brennstäbe und dementsprechend eine kleinere Kantenlänge. Es gibt aber auch z. B. Brennelemente mit sechseckigem Querschnitt oder noch anderer Formgebung. Darüber hinaus kann das Kühlelement von den typischen Maßen abweichen, wenn das auch als Brennelementkasten bezeichnete Brennelementgestell speziell für diese Anwendung angefertigte Sondermaße aufweist.

[0015] Vorzugsweise ist das Kühlelement als Einhängekühlelement zum Einhängen in das Brennelementgestell ausgebildet. Bevorzugt ist das Kühlelement nach der Montage dann in einer der freien Stellen / Positionen für ein Brennelement angeordnet. Alternativ ist das Kühlelement neben den Brennelementkästen bzw. außerhalb der Außenwand des Brennelementgestells angeordnet. Ein Brennelementsschacht dient dann zur Aufnahme einer Halterung, die das Kühlelement fixiert. Bei dieser Variante sind die räumlichen Abmessungen des Kühlelements nicht durch die Schachtgröße limitiert.

[0016] In einer möglichen Ausführungsform weist der Wärmetauscher einen Kühlmittelkanal zur Durchleitung eines in dem zugehörigen Kühlkreislauf geführten Kühlmittels auf, wobei das Kühlelement wenigstens einen Kühlmittelzuleitungsanschluss und wenigstens einen Kühlmittelableitungsanschluss zum Anschluss an bzw. zur Integration in den Kühlkreislauf umfasst. Ein derartiges Kühlelement eignet sich insbesondere für einen einphasigen Kühlkreislauf, bei dem das Kühlmittel im Wärmetauscher Wärme aufnimmt, dabei aber nicht seinen Aggregatzustand ändert.

[0017] In einer bevorzugten Ausführungsform ist das Kühlelement jedoch zur Integration in einen zweipha-

sigen Kühlkreislauf ausgelegt, wobei wenigstens ein Kondensatkanal zur Zuführung des Kühlmittels in einen Kondensatsammler vorgesehen ist, und wobei der Wärmetauscher wenigstens einen Verdampferkanal zur Führung des verdampften Kühlmittels in einen Dampfsammler umfasst und wobei das Kühlelement weiterhin eine Vorlaufleitung und eine Rücklaufleitung zum Anschluss an den Kühlkreislauf umfasst. Zweiphasige Kühlkreisläufe oder Wärmetransportkreisläufe, in denen das zirkulierende Kühlmittel seinen Aggregatzustand im Verdampfer von flüssig nach gasförmig und später in einem – außerhalb des Brennelementbeckens befindlichen – Kondensator wieder zurück ändert, ermöglichen im Vergleich zu einphasigen Kühlkreisläufen im Allgemeinen erhöhte Wärmetransportraten.

[0018] In konstruktiver Hinsicht weist das jeweilige Kühlelement / der Kühler also bevorzugt eine Mehrzahl von rohrförmigen Kühlmittelkanälen für das im Kühlkreislauf zirkulierende Kühlmittel auf, die in der Einbauposition bevorzugt parallel zur Längsrichtung der Schächte in dem Brennelementgestell orientiert sind. Davon wird vorzugsweise ein vergleichsweise geringer Anteil zur Kondensatzfuhr zum unteren Kondensatsammler (Abwärtsströmung) und der größere Anteil zur Verdampfung des Kondensats bzw. zur Führung des so erzeugten Dampf-Flüssigkeit-Gemisches zum oberen Dampfsammler (Aufwärtsströmung) verwendet. Der Kühler kann auch anstelle der Rohre / zusätzlich dazu durchströmte Platten aufweisen. Zwischen den Rohren oder Platten fließt das Beckenwasser, bevorzugt von oben nach unten, durch entsprechende Hohlräume oder Kanäle und wird durch Wärmeabgabe an das dabei vorzugsweise zum Sieden gebrachte Kühlmittel im Kühlkreislauf gekühlt. Der Dampf- bzw. Kondensatsammler verbindet einerseits die strömungsmäßig parallel geschalteten Rohre miteinander, andererseits sollte mittels geeigneter Aussparungen oder dergleichen gewährleistet sein, dass das Beckenwasser durch ihn hindurchfließen kann.

[0019] Die Auslegung, welcher Querschnittsflächenanteil des Kühlelements für die das Kühlmittel im Kühlkreislauf führenden Rohre / Platten verwendet wird, und welcher für die Abwärtsströmung des Beckenwassers verwendet wird, erfolgt im Einzelfall nach den gegebenen thermodynamischen Randbedingungen.

[0020] Gegebenenfalls können auch mehrere solcher Kühlelemente funktionell zusammengefasst werden – beispielsweise durch einen gemeinsamen Dampfsammler bei entsprechender Verschaltung der Rohr- bzw. Anschlussleitungen.

[0021] In den verschiedenen Ausführungsformen können die Leitungen, mit denen das Kühlelement an dem Kühlsystem angeschlossen wird, starr oder fle-

xibel ausgeführt sein. Sie sollten in jedem Fall druckfest ausgebildet sein.

[0022] In Bezug auf das System wird die oben genannte Aufgabe gelöst mit einem Brennelementgestell und wenigstens einem darin einsetzbaren bzw. eingesetzten Kühlelement der beschriebenen Art.

[0023] In Bezug auf das Brennelementbecken wird die oben genannte Aufgabe gelöst, indem das Brennelementbecken mit einer Kühlflüssigkeit, insbesondere Wasser (Beckenwasser), gefüllt ist und indem in ihm ein oben beschriebenes System angeordnet ist. Das Brennelementbecken ist bevorzugt ein Lagerbecken für Brennelemente, insbesondere ein Nasslagerbecken, Abklingbecken, Zwischenlagerbecken oder Endlagerbecken.

[0024] In Bezug auf die kerntechnische Anlage wird die oben genannte Aufgabe gelöst mit einem derartigen Brennelementbecken. Die kerntechnische Anlage umfasst vorzugsweise weiterhin ein nach Art eines Kreislaufs ausgestaltetes Kühlsystem mit wenigstens einem Rückkühler zum Anschluss des jeweiligen Kühlelementes. Das Kühlsystem kann bedarfsweise aktiv oder passiv ausgestaltet sein.

[0025] Die Vorteile der Erfindung liegen insbesondere darin, dass mittels der Kühlelemente eine verhältnismäßig einfache und robuste Kühlung von Brennelementlagerbecken erreicht wird. Dadurch wird eine unkomplizierte Modifikation bzw. Ergänzung von Beckenkühlsystemen ermöglicht. Durch den modularen Aufbau sind verschiedenartige Lösungsansätze möglich, die sowohl redundante als auch diversitäre Kühloptionen beinhalten. Es wird zudem eine temporäre Kühlung bei Kernvollausladung ermöglicht. Da in Zukunft eventuell andere Abbrände als bislang realisiert werden, kann ein solches Kühlsystem sehr variabel eingesetzt werden. Es kann auch effektiver auf eine Reduktion der Wärmelast durch Abklingvorgänge reagiert werden.

[0026] Ein Ausführungsbeispiel der Erfindung wird anhand einer Zeichnung näher erläutert. Darin zeigen in stark schematisierter Darstellung:

[0027] **Fig. 1** ein Kühlelement gemäß einer bevorzugten Ausführungsform in einer perspektivischen Ansicht,

[0028] **Fig. 2** in Draufsicht ein System zum Kühlen der Kühlflüssigkeit in einem Brennelementbecken, umfassend ein Brennelementgestell mit darin angeordneten Brennelementen und zwei darin angeordneten Kühlelementen gemäß **Fig. 1**,

[0029] **Fig. 3** in Draufsicht ein mit einem Kühlsystem gemäß **Fig. 2** ausgestattetes Brennelementbecken, und

[0030] **Fig. 4** einen Querschnitt durch ein Kernkraftwerk mit einem Brennelementbecken und einem zugehörigen Kühlsystem gemäß **Fig. 3**.

[0031] Gleiche Teile sind in allen Figuren mit denselben Bezugszeichen versehen.

[0032] Ein in **Fig. 1** dargestelltes Kühlelement **2** umfasst einen Kühlelementkörper **8**, der eine Anzahl von in Längsrichtung **14** des Kühlelementes **2** verlaufenden Kondensatkanälen **20** und Verdampfungskanälen **56**, die als parallel orientierte Rohre ausgebildet sind, aufweist. Statt einer Mehrzahl von Rohren kann auch ein einzelnes Rohr, vorzugsweise mit einem entsprechend großen Querschnitt verwendet werden (oder auch Platten). Über wenigstens eine an das Kühlelement in einem Kopfbereich **26** angeschlossene Vorlaufleitung **32** ist das Kühlelement **2** mit einem Kondensator (hier nicht eingezeichnet) eines Kühlkreislaufs verbunden bzw. in diesen Kühlkreislauf geschaltet.

[0033] Über die Vorlaufleitung **32** wird dem Kühlelement **2** Kondensat, d. h. Kühlmittel in flüssiger Form, in durch einen Pfeil **34** verdeutlichter Vorlaufrichtung zugeführt, welches in den Kondensatkanälen **20** entlang eines Gravitationsvektors **38**, der in Richtung der wirkenden Erdbeschleunigung bzw. Gravitationskraft an der Erdoberfläche zeigt, zu einem in einem Fußbereich **44** des Kühlelementes **2** angeordneten Kondensatsammler **50** hinab fließt. Von dort steigt das – im Kondensatsammler **50** zwar vorgewärmte aber immer noch flüssig vorliegende – Fluid bzw. Kühlmittel durch im Kühlelement **2** angeordnete rohrförmige Verdampferkanäle **56** in zum Gravitationsvektor **38** entgegengesetzter Richtung in einen am Kopfbereich **26** angeordneten Dampfsammler **62**. Die Verdampferkanäle **56** bilden damit einen als Kühlmittelverdampfer wirksamen Wärmetauscher bzw. Wärmeübertrager **64**.

[0034] Durch den Verdampfungsvorgang während des Aufsteigens und Verdampfens des Kühlmittels wird thermische Energie aus dem Beckenwasser aufgenommen, welches sich dadurch abkühlt. Dadurch wird ein zweiphasiges Kühlsystem verwirklicht, bei dem das im Kühlkreislauf zirkulierende Kühlmittel während des Durchlaufens des Kühlelementes **2** seinen Phasenzustand von flüssig nach gasförmig ändert.

[0035] Von dem Dampfsammler **62** wird der Dampf über wenigstens eine Rücklaufleitung **68** – vorzugsweise in Gestalt einer Steigleitung – dem zur Rückkühlung des Kühlmittels vorgesehenen Kondensator (in **Fig. 1** nicht dargestellt) in durch einen Pfeil **70** dargestellter Rücklaufrichtung zugeführt und dort kondensiert. Über die Vorlaufleitung **32** – vorzugsweise in Gestalt einer Fallleitung – bzw. wird das Kondensat erneut dem Kühlelement **2** zugeführt, so dass

sich der Kreislauf schließt. Der Massenstrom im Inneren des Kühlkreislaufes kann entweder über eine aktive mechanische (Pumpen etc.) oder eine passive Lösung (nach dem Prinzip der Naturkonvektion bzw. freien Konvektion) realisiert werden.

[0036] Durch die beschriebene Kühlung wird beckenseitig ein Dichtegradient erzeugt, so dass eine Strömung des Beckenwassers in Richtung des Gravitationsvektors **38** induziert wird. Die Abwärtsströmung ist ein Teil einer sogenannten Konvektionsrolle; der andere Teil wird in den benachbarten Brennelementen **98** durch eine entsprechende Aufwärtsströmung realisiert. Das Beckenwasser tritt am Kopfbereich **26** des Kühlelementes **2** in zwischen den Verdampferkanälen **56** angeordnete, in Längsrichtung verlaufende Zwischenräume **130** ein, was durch Pfeile **74** verdeutlicht wird. Das Beckenwasser strömt dann durch das Kühlelement **2** in Richtung des Gravitationsvektors **38**, wobei es seine Wärme an das in den Verdampferkanälen **56** aufsteigende Kühlmittel abgibt. Es tritt wieder am Fußende **44** des Kühlelementes **2** aus, was durch Pfeile **80** verdeutlicht wird.

[0037] Wenn das Kühlelement **2** nach oben etwas aus dem Brennelementgestell **92** herausragt, dann muss das Beckenwasser nicht durch entsprechende Aussparungen im Dampfsammler **62** hindurch, sondern kann seitlich zufließen.

[0038] Das Kühlelement **2** ist hinsichtlich seiner räumlichen Abmessungen bzw. Dimensionierungen dazu ertüchtigt, in ein in **Fig. 2** in Richtung des Gravitationsvektors **38**, also im Wesentlichen von oben, dargestelltes Brennelementlagergestell oder kurz Brennelementgestell **92** eingesetzt bzw. eingebaut zu werden. Das Kühlelement **2** ist dazu als Einhängekühler ausgebildet. Zum Einhängen in das Brennelementgestell **92** besitzt es eine geeignete Formgebung und ggf. geeignete Vorsprünge oder Halteelemente. Das Kühlelement **2** kann aber auch auf dem Boden des Brennelementgestells **92** aufsitzen.

[0039] In **Fig. 2** ist das Brennelementgestell **92** mit eingesetzten Brennelementen **98** in einer Draufsicht von oben gezeigt. Das Brennelementgestell **92** ist im Querschnitt bzw. in der Draufsicht betrachtet als zweidimensionales Gitter ausgestaltet. In das Brennelementgestell **92** sind mehrere Brennelemente **98** eingesetzt. Das Brennelementgestell **92** weist hier eine freie Position **106** auf.

[0040] Das Brennelementgestell **92** weist im vorliegenden Ausführungsbeispiel **25** Einbau- bzw. Einsetzplätze bzw. Schächte **104** (Slots) für Brennelemente **98** auf. An zwei der Einsetzplätze sind anstelle von Brennelementen **98** Kühlelemente **2** eingesetzt. Im Extremfall können sämtliche Einsetzplätze mit Kühlelementen **2** belegt sein.

[0041] Die Kühlelemente **2** weisen dabei in ihrer Längsrichtung **14** eine Länge **l** auf, die im Wesentlichen derjenigen der Brennelemente **98** entspricht. Die Länge **l** kann aber auch etwas größer gewählt sein, so dass das jeweilige Kühlelement **2** dann nach oben aus dem Brennelementgestell **92** herausragt und das Beckenwasser auch seitlich einfließen kann (siehe oben). Jedes Kühlelement **2** besitzt hier im Ausführungsbeispiel einen über seine gesamte Länge hinweg im Wesentlichen konstanten quadratischen Querschnitt. Die Breite **b** des jeweiligen Kühlelementes **2** entspricht im Wesentlichen der lichten Weite des zu seiner Aufnahme vorgesehenen Schachtes **104**. Aufgrund dieser Dimensionierungen fügt sich das jeweilige Kühlelement **2** in einen Schacht **104** in ähnlicher Weise wie ein Brennelement **98** ein.

[0042] In einer nicht näher dargestellten Variante können Kühlelemente **2** außerhalb des Brennelementgestells **92** angeordnet sein, wobei die Fixierung aber am Brennelementgestell **92** erfolgt, und zwar bevorzugt mittels einer Halterung, die in einen leeren Schacht **104** eingreift und darin befestigt ist.

[0043] Das Brennelementgestell **92** und die darin / daran angeordneten Kühlelemente **2** bilden ein System **110** zum Kühlen der Kühlflüssigkeit in einem Brennelementbecken.

[0044] **Fig. 3** zeigt schematisch ein Brennelementbecken **115**, hier zum Beispiel bei einer externen Lagerstätte (Zwischenlager), mit einem darin angeordneten Brennelementgestell **92**, welches zumindest an einigen der ursprünglich für Brennelemente **98** vorgesehenen Positionen Kühlelemente **2** aufnimmt. Die Kühlelemente **2** sind jeweils einzeln oder zu Gruppen gebündelt in Kühlkreisläufe **120** geschaltet. Die Kühlkreisläufe **120** können sowohl aktiv (durch entsprechende Pumpen **134**) als auch passiv betrieben werden. Zur Rückkühlung des in den Kühlelementen **2** erwärmten Kühlmittels sind entsprechende Rückkühler **136** innerhalb oder außerhalb des Brennelementbeckens **115** umschließenden Gebäudes angeordnet und an eine geeignete Wärmequelle thermisch angekoppelt. Bei einem zweiphasigen Kühlkreislauf **120**, der bevorzugt zur Anwendung kommt, wirken die Kühlelemente **2** als Verdampfer und die Rückkühler **136** als Kondensatoren für das im Kreislauf geführte Kühlmittel.

[0045] Entsprechendes gilt analog für das in **Fig. 4** beispielhaft gezeigte Kernkraftwerk mit einem im Reaktorgebäude, neben der Reaktorgrube mit dem Reaktordruckbehälter **138** liegenden Brennelementbecken **115** (Abklingbecken).

Bezugszeichenliste

2	Kühlelement
8	Kühlelementkörper
14	Längsrichtung
20	Kondensatkanal
26	Kopfbereich
32	Vorlaufleitung
34	Pfeil
38	Gravitationsvektor
44	Fußbereich
50	Kondensatsammler
56	Verdampferkanal
62	Dampfsammler
64	Wärmeübertrager
68	Rücklaufleitung
70	Pfeil
74	Pfeil
80	Pfeil
92	Brennelementgestell
98	Brennelement
104	Schacht
106	leere Position
110	System
115	Brennelementbecken
120	Kühlkreislauf
130	Zwischenraum
134	Pumpe
136	Rückkühler
138	Reaktordruckbehälter
I	Länge
b	Breite

ZITATE ENTHALTEN IN DER BESCHREIBUNG

Diese Liste der vom Anmelder aufgeführten Dokumente wurde automatisiert erzeugt und ist ausschließlich zur besseren Information des Lesers aufgenommen. Die Liste ist nicht Bestandteil der deutschen Patent- bzw. Gebrauchsmusteranmeldung. Das DPMA übernimmt keinerlei Haftung für etwaige Fehler oder Auslassungen.

Zitierte Patentliteratur

- DE 10217969 A1 [0004]
- DE 2944962 A1 [0005]
- US 2012/0051484 A1 [0006]

Patentansprüche

1. Kühlelement (2) zum Kühlen der Kühlflüssigkeit in einem Brennelementbecken (115), in dem ein Brennelementgestell (92) zur Aufnahme von Brennelementen (98) angeordnet ist, wobei das Kühlelement (2) einen Wärmeübertrager (64) umfasst, der zum Anschuss an einen Kühlkreislauf (120) ausgebildet ist, **dadurch gekennzeichnet**, dass das Kühlelement (2) derart dimensioniert und konfiguriert ist, dass es in einer freien Position (106) für ein Brennelement (98) in dem Brennelementgestell (92) angeordnet und/oder befestigt werden kann.

2. Kühlelement (2) nach Anspruch 1, welches zum Einschub in eine der freien Positionen (106) in dem Brennelementgestell (92) ausgebildet ist.

3. Kühlelement (2) nach Anspruch 2, wobei das Kühlelement (2) zumindest in Bezug auf den Querschnitt die Abmessungen eines zum Einschub in das Brennelementgestell (92) vorgesehenen Brennelements (98) aufweist.

4. Kühlelement (2) nach Anspruch 1, welches für eine Anordnung neben dem Brennelementgestell (92) ausgebildet ist, wobei es durch eine in einer der freien Positionen (106) in dem Brennelementgestell (92) befestigte Halterung fixiert wird.

5. Kühlelement (2) nach einem der Ansprüche 1 bis 4, welches als Einhängekühlelement zum Einhängen in das Brennelementgestell (92) ausgebildet ist.

6. Kühlelement (2) nach einem der Ansprüche 1 bis 5, wobei der Wärmeübertrager (64) mindestens einen Kühlmittelkanal (20, 56) zur Durchleitung eines in dem Kühlkreislauf (120) zirkulierenden Kühlmittels umfasst.

7. Kühlelement (2) nach einem der Ansprüche 1 bis 6, wobei der Wärmeübertrager (64) mindestens einen Kanal oder Zwischenraum (130) zur Durchleitung von in dem Brennelementbecken (115) befindlicher Kühlflüssigkeit umfasst.

8. Kühlelement (2) nach einem der Ansprüche 1 bis 7, wobei wenigstens ein Kondensatkanal (20) zur Zuführung eines flüssigen Kühlmittels in einen Kondensatsammler (50) vorgesehen ist, wobei der Wärmeübertrager (64) wenigstens einen Verdampferkanal (56) zur Führung des darin verdampfenden Kühlmittels in einen Dampfsammler (62) umfasst, und wobei das Kühlelement (2) weiterhin eine Vorlaufleitung (32) und eine Rücklaufleitung (68) zum Anschluss an den Kühlkreislauf (120) umfasst.

9. System (110) zum Kühlen der Kühlflüssigkeit in einem Brennelementbecken (115), umfassend ein Brennelementgestell (92) und ein wenigstens darin

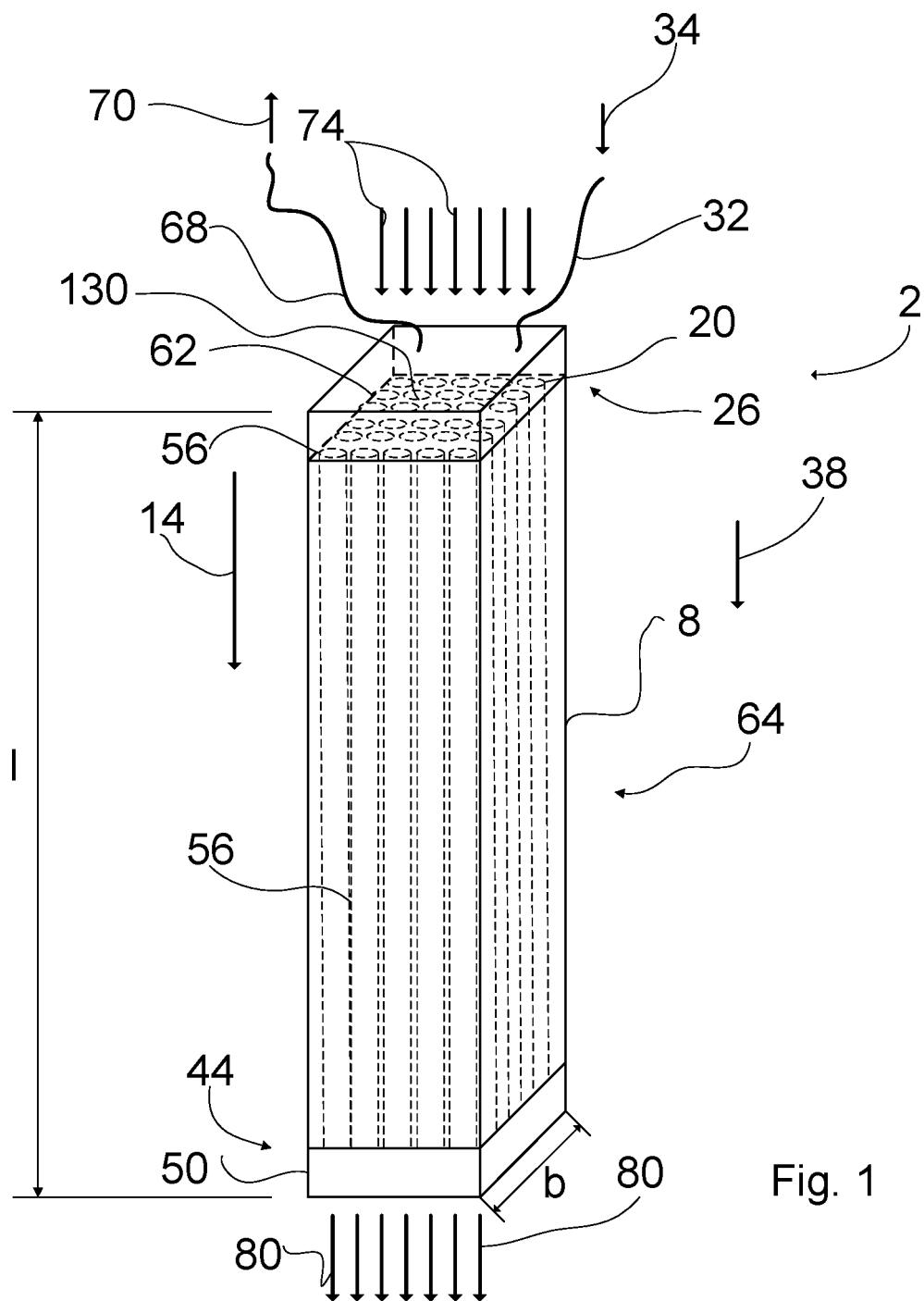
einsetzbares und/oder eingesetztes Kühlelement (2) nach einem der Ansprüche 1 bis 8.

10. Brennelementbecken (115) einer kerntechnischen Anlage, welches mit einem Kühlmittel, insbesondere Wasser, gefüllt ist und in dem ein System (110) nach Anspruch 9 angeordnet ist.

11. Kerntechnische Anlage mit einem Brennelementbecken (120) nach Anspruch 10.

Es folgen 4 Seiten Zeichnungen

Anhängende Zeichnungen



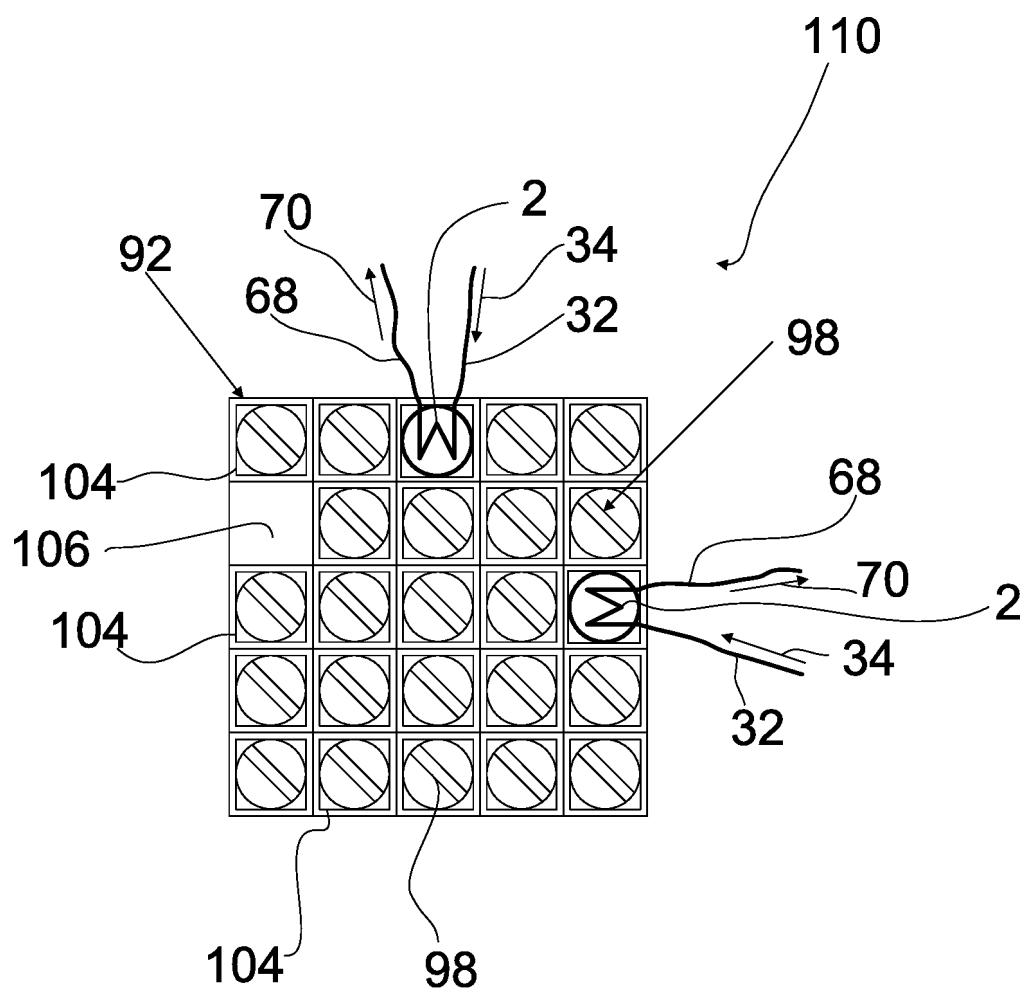


Fig. 2

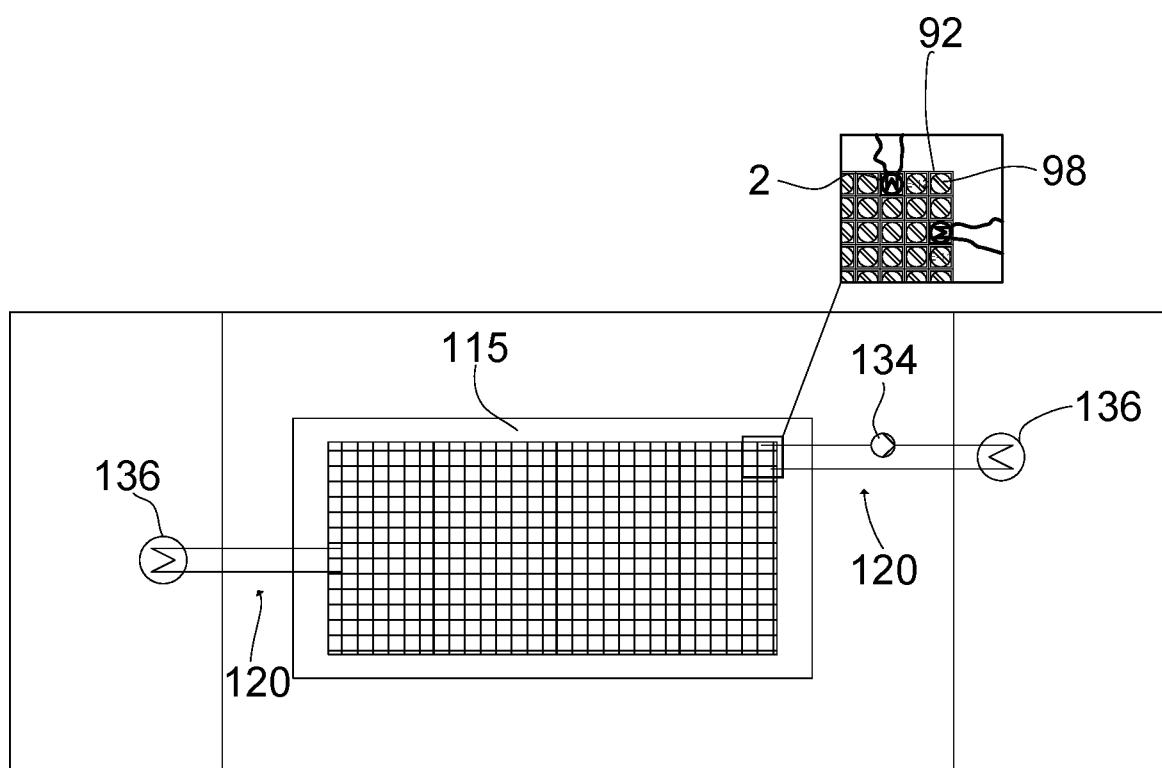


Fig. 3

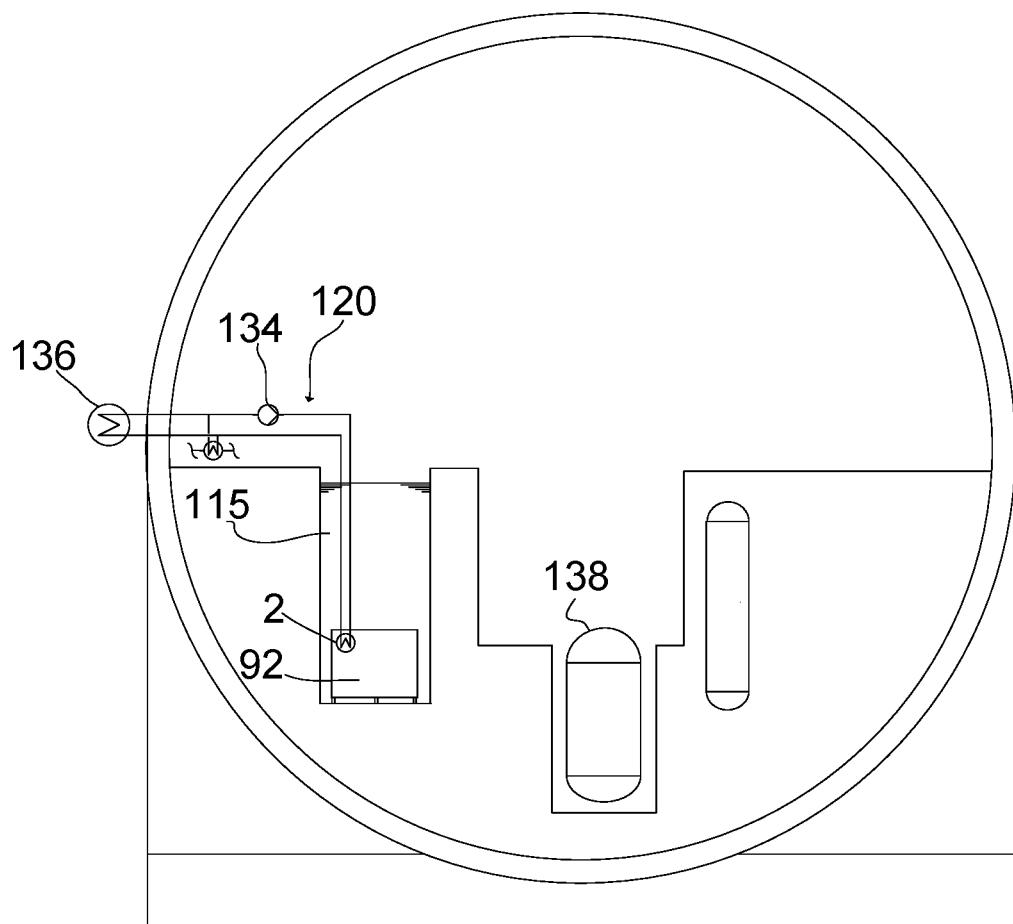


Fig. 4