

(51) Int Cl.:
F01K 1/12 (2006.01)

(22) Anmeldetag: 20.09.2008

(72) Erfinder: **Kammermeier, Bernhard**
82396 Pähl-Fischen (DE)

(30) Priorität: 28.09.2007 DE 102007046854

handlungsanlagen, insbesondere für solche im Chargenbetrieb.



Beschreibung

[0001] Die Erfindung betrifft ein Verfahren zur Verminderung des Einsatzes an Heizenergie und auch von Kühlenergie für Dampfbehandlungsanlagen, beschrieben am Beispiel von Dampfsterilisatoren.

[0002] Typische Beladegüter von Dampfsterilisatoren sind medizinische Geräte, Textilien, pharmazeutische Stoffe und Hilfsmittel oder Laborgüter. Ziel ist die Herstellung der Keimfreiheit oder Keimreduktion. Hierzu wird das Gut in einer Behandlungskammer auf typischerweise 121°C oder 134° aufgeheizt. Der zugehörige Dampf wird in einem Dampferzeuger mittels elektrischer Energie oder fossiler Brennstoffe generiert und der Kammer zugeleitet bis sowohl die Kammer auf vollem Druck und Temperatur ist als auch das Gut die gewünschte Temperatur erreicht hat. Nach der gewünschten Behandlungszeit muss der Dampf wieder auf der Kammer abströmen, wobei infolge der Druckabsenkung auch das Kondensat aus dem Gut wieder verdampft und ebenfalls abströmt. Das Gut gibt dabei den größten Teil der zuvor aufgenommenen Wärme wieder an das verdampfende Kondensat ab und kühlt aus.

Auch für industriellen Fertigungsverfahren werden Güter mittels Dampf behandelt; in diesem Zusammenhang werden die Anlagen typischerweise Autoklaven bezeichnet.

[0003] Der Energienfluss einer Dampfsterilisationsanlage gemäß aktuellem Stand der Technik ist in **Figur 1** dargestellt. Es ist ein Temperaturverlauf **1.1** in einer Behandlungskammer zu sehen, der zeigt, dass in der Aufheizphase mehrere Zwischenabsaugvorgänge **1.2** ausgeführt werden. Ziel hierbei ist es, durch Zwischenexpansion und erneute Dampfeinströmung das Austreiben von Luft aus dem Gut zu erreichen und eine ausreichende Dampfpennetration zu bewirken.

Jeder Temperaturanstiegsabschnitt wird durch Dampfzuleitung aus einem Dampferzeuger **1.3** erreicht. Jede Temperaturabsenkung wird durch Abströmen des Dampfes aus der Behandlungskammer zu einem mittels Kühlwasser betriebenen Dampfkondensator **1.4** erreicht. Meist ist der Kondensator mit einer nachgeschalteten Wasserringvakuumpumpe kombiniert, da ein Großteil der Vorgänge im Unterdruck stattfindet und störende Fremdgase mit abgesaugt werden müssen um den Unterdruck aufrecht zu erhalten.

Der Verbrauch an Kühlwasser für einen medizinischen Sterilisator mittlerer Größe liegt bei ca. 300 Liter je Charge und bei ca. 450 Liter je Stunde.

Der Verbrauch an Dampf liegt bei ca. 20 kg je Charge und bei ca. 30 kg je Stunde. Beim Dampf ist in die Betrachtung insbesondere die Auslegeleistung einzubeziehen, die erforderlich ist, um verträgliche Aufheizzeiten zu ermöglichen. Sie liegt im betrachteten Fall bei ca. 250 kg pro Stunde. Dies entspricht ca. 200 kW. Insbesondere im Falle der häufig angewandten Dampferzeugung über elektrische Energie stellt die Vorhaltung der Anschlussleistung neben den laufenden Betriebskosten einen erheblichen Kostenfaktor dar.

heblichen Kostenfaktor dar.

[0004] Das Temperatur- und Druckniveau des Dampferzeugers **1.3** muss höher liegen als das höchste in der Behandlungskammer gewünschte Niveau, d.h. typischerweise über 140 °C und damit über 3600 mbar absolut.

Das Temperatur- und Druckniveau des Kondensators **1.4** muss tiefer liegen als das niedrigste in der Behandlungskammer gewünschte Niveau, d.h. typischerweise unter 40 °C und damit unter 80 mbar absolut; zum Betrieb der üblicherweise nachgeschalteten Wasserringvakuumpumpe ist letztlich ein Temperaturniveau unter 20 °C erforderlich.

[0005] Da mit Ausnahme von Restwärme im Gut fast alle Energie wieder abgeführt werden muss, die im Verlauf des Prozesses eingebracht wurde, wäre es naheliegend, die Energie von der Kondensatorseite dem Dampferzeuger wieder zuzuführen. Theoretisch wäre dies über Wärmepumpen oder Dampfkompressoren möglich. Da jedoch der Temperaturunterschied über 100°C beträgt und eine Druckerhöhung um das 45-fache erforderlich wäre, ist dies mit derzeit erhältlichen Mitteln nicht wirtschaftlich und vermutlich technisch sogar unmöglich.

[0006] Der Erfindung liegt die Aufgabe zugrunde, ein wirtschaftliches Verfahren zu gestalten, mit dem es möglich ist, die Kondensationsenergie für die Dampferzeugung wieder nutzbar zu machen, so dass sowohl Heizenergie als auch Kühlenergie eingespart werden kann.

Diese Aufgabe wird gemäß nachfolgender Beschreibung in verschiedenen Verfahrensvarianten gelöst.

[0007] **Figur 2** zeigt schematisch die grundsätzlichen Energieströme. Der Anschaulichkeit wegen ist nur ein einfacher Temperaturanstieg **2.1** dargestellt ohne die in **Figur 1** gezeigten Zwischenabsaugungen **1.2**, da dies für den relativen Energiebilanzvergleich ohne Bedeutung ist. Unabhängig von der Verfahrensführung ist die Summe der abzuführenden Energien immer gleich der eingebrachten Energie abzüglich der Restwärme im Gut nach dem Prozess. Aufgrund des physikalischen Zusammenhangs $Q = m \cdot c \cdot \Delta T$, also die Wärmeenergie Q = Masse des Gutes mal spezifischer Wärmekapazität des Gutes mal Veränderung der Temperatur des Gutes, ist die Veränderung der Temperatur direkt proportional zur aufgenommenen bzw. abgeführten Energie.

[0008] Das Verfahrensprinzip der Erfindung beruht darauf, dass mehrere Energiespeicher, im dargestellten Beispiel 5 Stück, d.h. gemäß **Figur 2** von **ES-1** bis **ES-5**, mit unterschiedlichem Temperaturniveau bereitgestellt werden. Die Energiespeicher sind bis zu einem bestimmten Niveau mit Wasser gefüllt mit einem darüber befindlichen Dampfraum.

Jeder der Energiespeicher bedient in der Einstromphase den zu seinem Temperatur- und Druckniveau passenden Abschnitt der Steigphase, d.h. einen Abschnitt der im Temperatur-Druckniveau niedriger als er selbst liegt.

Während der Temperaturabsenkung dient wiederum jeder der Energiespeicher einem zugehörigen Abschnitt

der Absenkphase, d.h. einem Abschnitt mit höherem Temperatur-Druckniveau.

Die Wassermasse im Energiespeicher wird so ausgelegt, dass sie bei der Abgabe von Dampf in der Anstiegsphase weniger Temperatur und Druck verliert, als die Temperatur und der Druck in der Behandlungskammer ansteigt. In der Absenkphase strömt dem Energiespeicher Dampf von höherem Temperatur-Druck-Niveau zu, so dass er die in der Anstiegsphase verlorene Energie wieder zurückgewinnt.

Die jeweils einem Energiespeicher zugeordneten Anstiegs- und Absenkphasen sind so gewählt, dass ein Gleichgewicht zwischen Energieentnahme und Rückgewinnung entsteht. Der Zustand im Energiespeicher pendelt also in einem begrenzten Temperaturbereich auf und ab.

Durch dieses Verfahren wird erreicht, dass der Unterschied der Energieniveaus gehalten wird, um die Dampfströmung in die gewünschte Richtung sicherzustellen. Der letzte Abschnitt der Anstiegsphase (ΔQ_4 auf) kann jedoch nur aus einem Energiespeicher **ES-5** bedient werden, der durch keinen Abschnitt der Absenkphase wieder aufgeladen werden kann. Dies würde im Beispiel gemäß **Figur 2** zur Folge haben, dass noch eine verbleibende primäre Heiz-Energie von ca. 25 % aufgewendet werden müsste. Ebenso steht für den letzten Abschnitt der Absenkphase kein Energiespeicher zur Verfügung, der dauerhaft kalt genug bleiben würde, um die Kondensation zu gewährleisten. Der Energiespeicher **ES-1** muss demzufolge zu einem externen Abnehmer Energie abgeben können. Dies würde im Beispiel gemäß **Figur 2** zur Folge haben, dass noch eine verbleibende primäre Kühl-Energie von ca. 25 % aufgewendet werden müsste.

[0009] Beim beschriebenen Verfahren hängt der Prozentsatz der verbleibenden, aufzuwendenden Heiz- bzw. Kühl-Energie von der Anzahl der Energiespeicher ab. Bei einem System mit 6 Energiespeichern würde sich der Restenergiebedarf auf 20 % reduzieren; bei 8 auf 12,5 %. Nach den Kriterien der wirtschaftlichen Amortisation einer Investition muss im Einzelfall über die Anzahl der Energiespeicher entschieden werden.

[0010] Die **Figur 3** zeigt ein Beispiel eines Anlagenschemas, in dem der Energiefluss gemäß **Figur 2** möglich ist. Es sind die Energiespeicher **ES-1** bis **ES-5** dargestellt und die Behandlungskammer **3.1** mit dem Beladegut **3.2**.

Über die Dampfzuleitung **3.3** erfolgt in den betreffenden Phasenabschnitten die Einströmung in die Behandlungskammer **3.1** vom zutreffenden Energiespeicher. Die Energiespeicher sind durch Ventile **3.4** gegeneinander absperrbar.

Über die Abströmleitung **3.5** erfolgt in den betreffenden Phasenabschnitten die Dampfströmung von der Behandlungskammer **3.1** zum zutreffenden Energiespeicher. Die Energiespeicher sind durch Ventile **3.6** gegeneinander absperrbar.

Im dargestellten Beispiel ist die Einströmung in die Energiespeicher so gestaltet, dass eine Kondensation des

einströmenden Dampfes über eine Mischdüse **3.7** mit dem Wasser im Energiespeicher stattfindet. Da der abströmende Dampf aus der Behandlungskammer Fremdgase (Luft) mitbringt, die für die nachfolgende Einströmphase prozessschädlich wären, sind die Energiespeicher mit einer Gasfalle **3.8** ausgestattet. Die Blasen der nichtkondensierbaren Gase steigen in den oberen Raum der Gasfalle **3.8** auf und sammeln sich dort. Je mehr Gas enthalten ist, desto höherer Druck entsteht im Raum der Gasfalle **3.8**, so dass infolgedessen der Wasserspiegel niedriger wird als im umgebenden Dampfraum **3.9** des Energiespeichers. Die Spiegelabsenkung kann über einen Niveauschalter **3.10** erfasst werden und dadurch ausgelöst, wird das Ventil **3.11** geöffnet und die Gase werden über die Vakuumpumpe **3.12** abgesaugt bis der Niveauschalter **3.10** wieder Normallevel meldet.

Diese Vorgehensweise ähnelt dem Patent Nr.: DE 100 47 691 "Verfahren und Vorrichtung zur fein geregelten Abscheidung von Gasen aus Kesselspeisewasser".

Alternativ könnte die Kondensation auch über Oberflächenwärmetausch stattfinden und auch hierbei eine Gasabscheidung eingerichtet werden. Das Verfahren könnte analog ausgeführt werden, wie im Patent Nr. DE 197 18 347 - "Verfahren zur Reinigung von Wasserdampf" beschrieben.

[0011] Durch das über die Vakuumpumpe **3.12** erzeugte Vakuum kann auch der Energiespeicher **ES-1** durch Verdampfungskühlung immer wieder auf ein niedriges Temperaturniveau zurückgeführt werden, nachdem er die in Spitzen anfallende Kondensationsenergie zwischengepuffert hat. Die Energie wird abgeführt in den Speisewasservorratsbehälter **3.13**. Über die Pumpe **3.14** wird das vorgewärmte Speisewasser den Energiespeichern zugeführt. Im Dauerbetrieb wird dies in erster Linie der **ES-5** sein, da dieser keine Zuströmung von Kondensat erfährt. Durch die Speisewasservorwärmung kann noch mal ein geringer Teil der Energie aus dem **ES-1** ins System zurückgeführt werden. Letztlich wird es aber zu einem Überschuss an Energie kommen. Da der Speisewasservorratsbehälter **3.13** unter Atmosphärendruck steht oder leicht darüber, können von dort auch Dampfschwaden über Dach abgeführt werden, d.h. das Temperaturniveau im Speisewasservorratsbehälter **3.13** wird sich selbst überlassen. Der Vakuumpumpe **3.12** muss zur Erzielung des erforderlichen Vakuums, um aus dem **ES-1** absaugen zu können kaltes Wasser zugeführt werden.

[0012] Im **ES-5** ist eine elektrische Beheizung **3.15** dargestellt. Dies könnte auch eine indirekte oder direkte Dampfheizung sein. Die erforderliche Auslegeleistung für die Beheizung ist gering da der Energiespeicher **ES-5** ebenfalls so dimensioniert ist, dass er über seine Wassermasse und sein Temperaturniveau den letzten Abschnitt der Anstiegsphase aus dem Puffer bedienen kann.

[0013] Eine Möglichkeit zur weiteren Steigerung der Energierückgewinnung zeigt das Energieflussschema gemäß **Figur 4** in Verbindung mit dem Anlagenschema

gemäß **Figur 5**. Hierbei ist ein mechanischer Verdichter **4.1** bzw. **5.1** vorgesehen, mittels dem über die in **Figur 5** dargestellte Ventilverschaltung aus jedem der Energiespeicher angesaugt und in jeden wieder eingeblasen werden kann. Im Idealfall, der allerdings von der Charakteristik der verfügbaren Verdichtermaschine abhängig ist, wäre es möglich, jeden Energiespeicher aufzuladen, indem der Verdichter aus dem um eine Stufe niedrigeren Energiespeicher ansaugt, z.B. **ES-1** und in den nächst höheren einbläst, z.B. **ES-2**. Wegen der nicht allzu großen Unterschiedlichkeit der Temperatur-Druckniveaus erscheint dies realisierbar. Von **ES-2** wird nach **ES-3** gepumpt und von **ES-3** nach **ES-4**. Die Aufladung des **ES-5** findet statt, indem der erste Abschnitt der Absenkphase (**ΔQ4 ab**) vom Verdichter angesaugt und dem Energiespeicher **ES-5** zugeführt wird.

Bei diesem Verfahren ist keine primäre Heiz-Energie am **ES-5** erforderlich, außer zum Anfahren der Anlage und keine Kühl-Energie.

Als Verdichterbauarten erscheinen Roots- und Radialverdichter einsetzbar.

[0014] Alternativ zur vollständigen Wärmerückgewinnung kann ein Verdichter **5.1** gemäß **Figur 5** auch so ausgelegt werden, dass er lediglich aus dem Energiespeicher **ES-1** ansaugt und den Dampf nur soweit verdichtet, dass er von einem externen Verbraucher günstig genutzt werden kann. Damit liegt der Verbrauch an Kühlenergie ebenfalls bei 0 %. Heizenergie muss im **ES-5** allerdings noch aufgewandt werden, was aber bei Verfügbarkeit eines externen Verbrauchers durch diesen kompensiert wird.

[0015] Die zuletzt beschriebene Möglichkeit der Energieabgabe an einen externen Verbraucher kann alternativ zum mechanischen Verdichter auch über einen thermischen Verdichter (Dampfstrahl-Verdichter) **6.1** gemäß **Figur 6** erfolgen. Der Vorteil dieses Aggregats liegt in der einfachen und wartungsfreien Bauart. Der Treibdampf kann vom Energiespeicher **ES-5** kommen. Da der **ES-5** allerdings erwartungsgemäß nicht auf wesentlichem höherem Temperatur-Druckniveau betrieben wird, als in der Behandlungskammer erforderlich ist und damit der Betrieb der Strahlpumpe auf schlechtem Wirkungsgrad stattfindet, ist es zweckmäßiger externen Dampf auf hohem Druckniveau der Strahlpumpe als Treibdampf zuzuleiten. Falls ein externer Verbraucher zur Verfügung steht, ist dies eine wirtschaftliche Möglichkeit mit der Kühl-Energie-Verbrauch ebenfalls auf 0% reduziert werden kann.

[0016] Eine weitere Gestaltungsform des Verfahrens zeigt die **Figur 7**. Hier wird davon ausgegangen, dass die beschriebenen Energiespeicher- und Wärmerückgewinnungseinheiten nicht nur für einen Verbraucher genutzt werden, sondern für mehrere. Diese Verbraucher sollten vorzugsweise von möglichst gleicher Art sein hinsichtlich zeitlich gestaffeltem Energiebedarf und Energieabgabe. Im Falle von Dampfsterilisatoren können dies anstelle von einem Gerät mit einer großen Kammer und großem Fassungsvermögen mehrere kleine sein, die in

Summe das gleiche Fassungsvermögen haben.

Ein gemeinsames Steuerungssystem aller Verbraucher sorgt dafür, dass deren Chargen-Startzeitpunkte zeitlich so zueinander versetzt sind, dass möglichst hohes Maß an Gleichzeitigkeit von Dampfaufnahme und Dampfabgabe durch die mehreren Verbraucher besteht. Dies hat zur Folge, dass die Energiespeicher nur ein geringes Wasservolumen haben müssen. Idealerweise ist es dadurch möglich die Anzahl an Verbrauchern beliebig zu steigern, ohne dass sich die Energiespeicher vergrößern müssen.

Patentansprüche

1. Verfahren zur Verminderung des Einsatzes an Heiz- und Kühlenergie für Dampfbehandlungsanlagen im Chargenbetrieb, **dadurch gekennzeichnet, dass** mehrere Energiespeicher mit unterschiedlichem Temperaturniveau bereitgestellt werden, die bis zu einem bestimmten Grad mit Wasser gefüllt sind mit einem darüber befindlichen Dampfraum, wobei jeder der Energiespeicher in den Phasen der Einstromung in die Dampfbehandlungsanlage den zu seinem Temperatur- und Druckniveau passenden Abschnitt der Steigphase, der im Temperatur-Druckniveau niedriger als er selbst liegt, mit Dampf aus seiner im Wasser gespeicherten Energie versorgt und in der Absenkphase der Behandlungskammer mit Dampf wieder aufgeheizt wird, der aus einem Abschnitt der Absenkphase kommt, der auf einem höheren Temperatur-Druckniveau als er selbst liegt, wobei die dem jeweiligen Energiespeicher zugeordneten Anstiegs- und Absenkphasen so gewählt sind, dass ein Gleichgewicht zwischen Energieentnahme und Rückgewinnung entsteht und der Energiespeicher auf einem für ihn vorgesehenen Energiebereich pendelt, der zwischen dem Temperatur-Druckniveau des zugehörigen Abschnittes der Steigphase und des zugehörigen Abschnittes der Absenkphase liegt.
2. Verfahren zur Verminderung des Einsatzes an Heiz- und Kühlenergie für Dampfbehandlungsanlagen im Chargenbetrieb, **dadurch gekennzeichnet, daß** zu den unter Anspruch 1 beschriebenen Energiespeichern zur weiteren Steigerung der Energierückgewinnung zusätzlich ein mechanischer Verdichter eingesetzt wird, mittels dem über geeignete Ventilverschaltung aus jedem der Energiespeicher oder direkt aus der Behandlungskammer angesaugt und in jeden wieder eingeblasen werden kann, so dass es möglich ist, jeden Energiespeicher aufzuladen, indem der Verdichter aus dem um eine Stufe niedrigeren Energiespeicher ansaugt und in den nächst höheren einbläst.
3. Verfahren zur Verminderung des Einsatzes an Heiz-

und Kühlenergie für Dampfbehandlungsanlagen im Chargenbetrieb, **dadurch gekennzeichnet, daß** zu den unter Anspruch 1 beschriebenen Energiespeichern zur weiteren Steigerung der Energierückgewinnung zusätzlich ein mechanischer Verdichter eingesetzt wird, mittels dem aus dem Energiespeicher mit dem niedrigsten Energieniveau ansaugt und der Dampf soweit verdichtet, dass er von einem externen Verbraucher günstig genutzt werden kann.

5

10

4. Verfahren zur Verminderung des Einsatzes an Heiz- und Kühlenergie für Dampfbehandlungsanlagen im Chargenbetrieb, **dadurch gekennzeichnet, daß** zu den unter Anspruch 1 beschriebenen Energiespeichern zur weiteren Steigerung der Energierückgewinnung zusätzlich ein thermischer Verdichter eingesetzt wird, mittels dem aus dem Energiespeicher mit dem niedrigsten Energieniveau ansaugt und der Dampf soweit verdichtet, dass er von einem externen Verbraucher günstig genutzt werden kann, wobei der Treibdampf entweder aus dem Energiespeicher mit dem höchsten Energieniveau kommt oder von einer externen Dampfversorgung.

15

20

5. Verfahren zur Verminderung des Einsatzes an Heiz- und Kühlenergie für Dampfbehandlungsanlagen im Chargenbetrieb, **dadurch gekennzeichnet, daß** an die unter Anspruch 1 beschriebenen Energiespeicher mehrere Verbraucher angeschlossen sind mit vorzugsweise gleichartiger Arbeitscharakteristik und diese steuerungstechnisch in Ihrem Chargenablauf so gestaffelt sind, dass ein möglichst hohes Maß an Gleichzeitigkeit von Dampfaufnahme und Dampfabgabe durch die mehreren Verbraucher besteht.

25

30

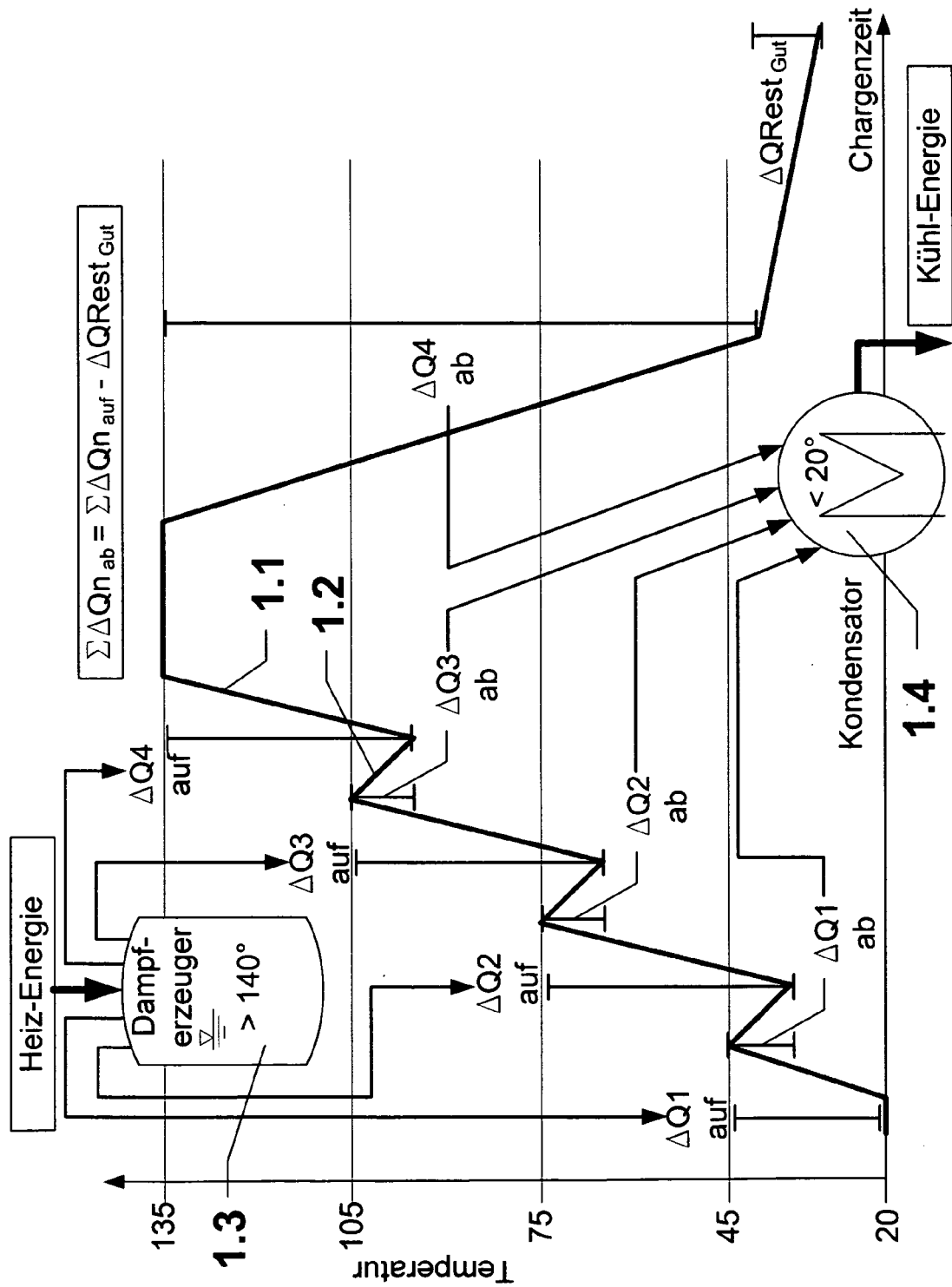
35

40

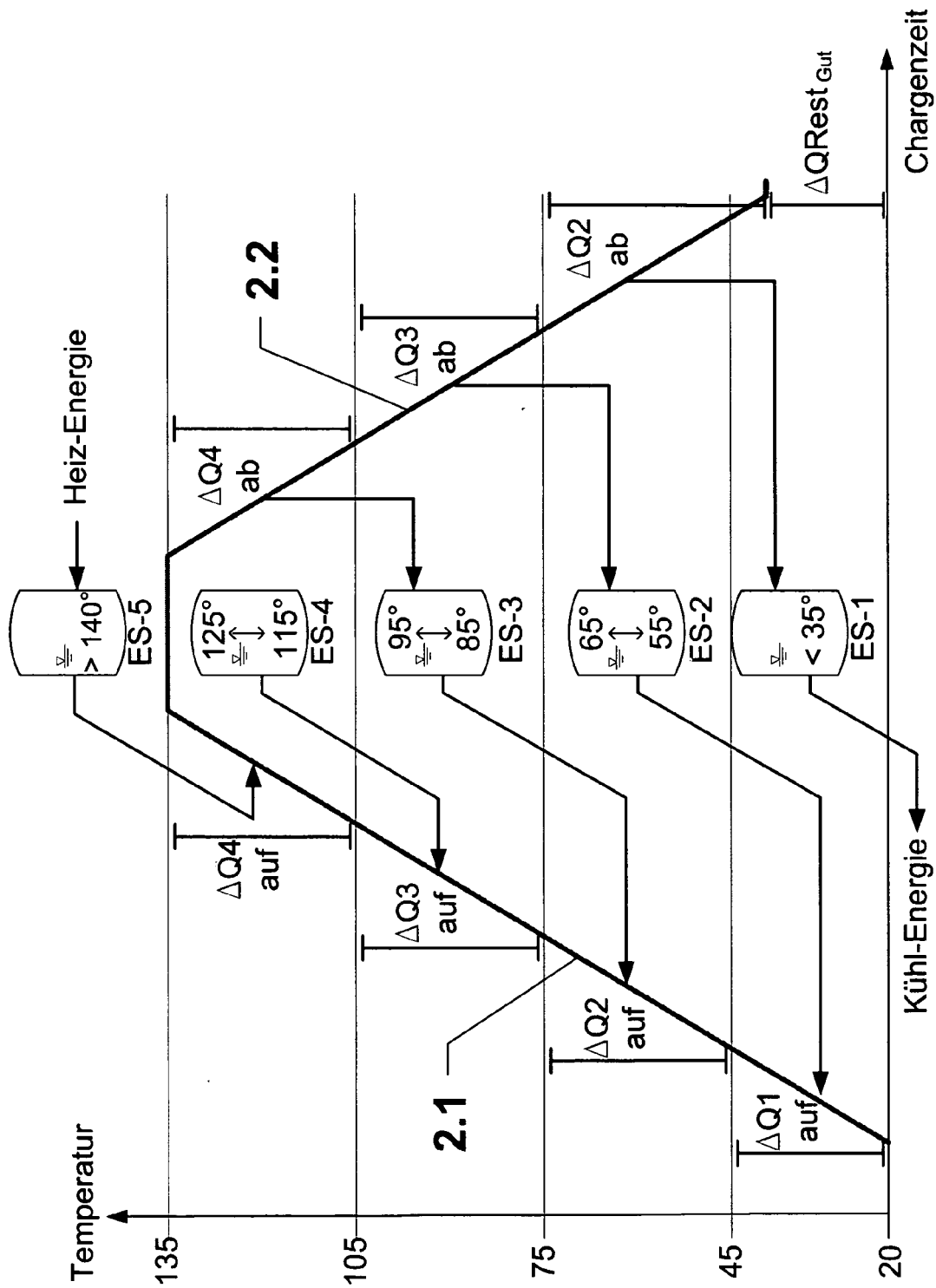
45

50

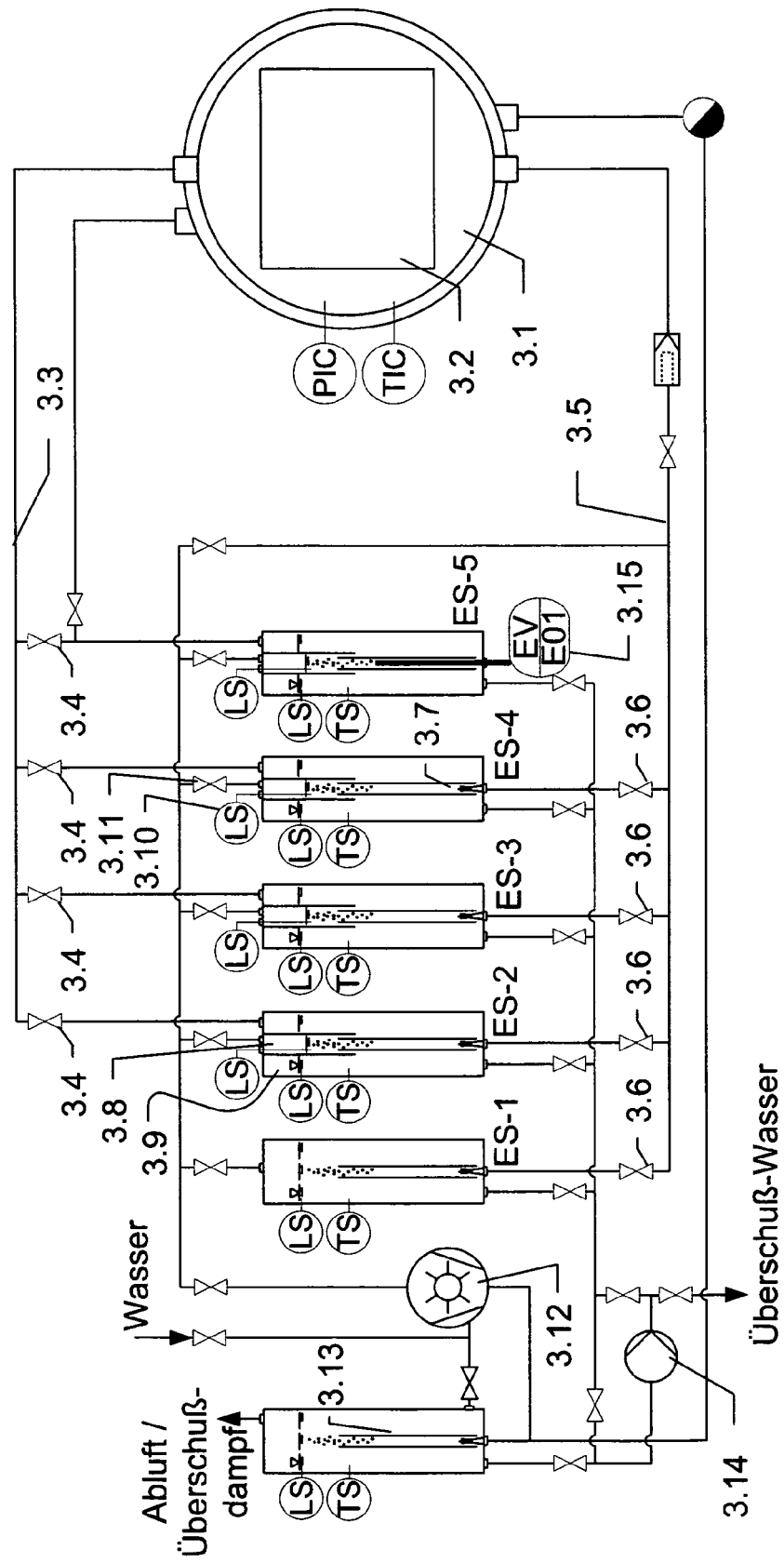
55



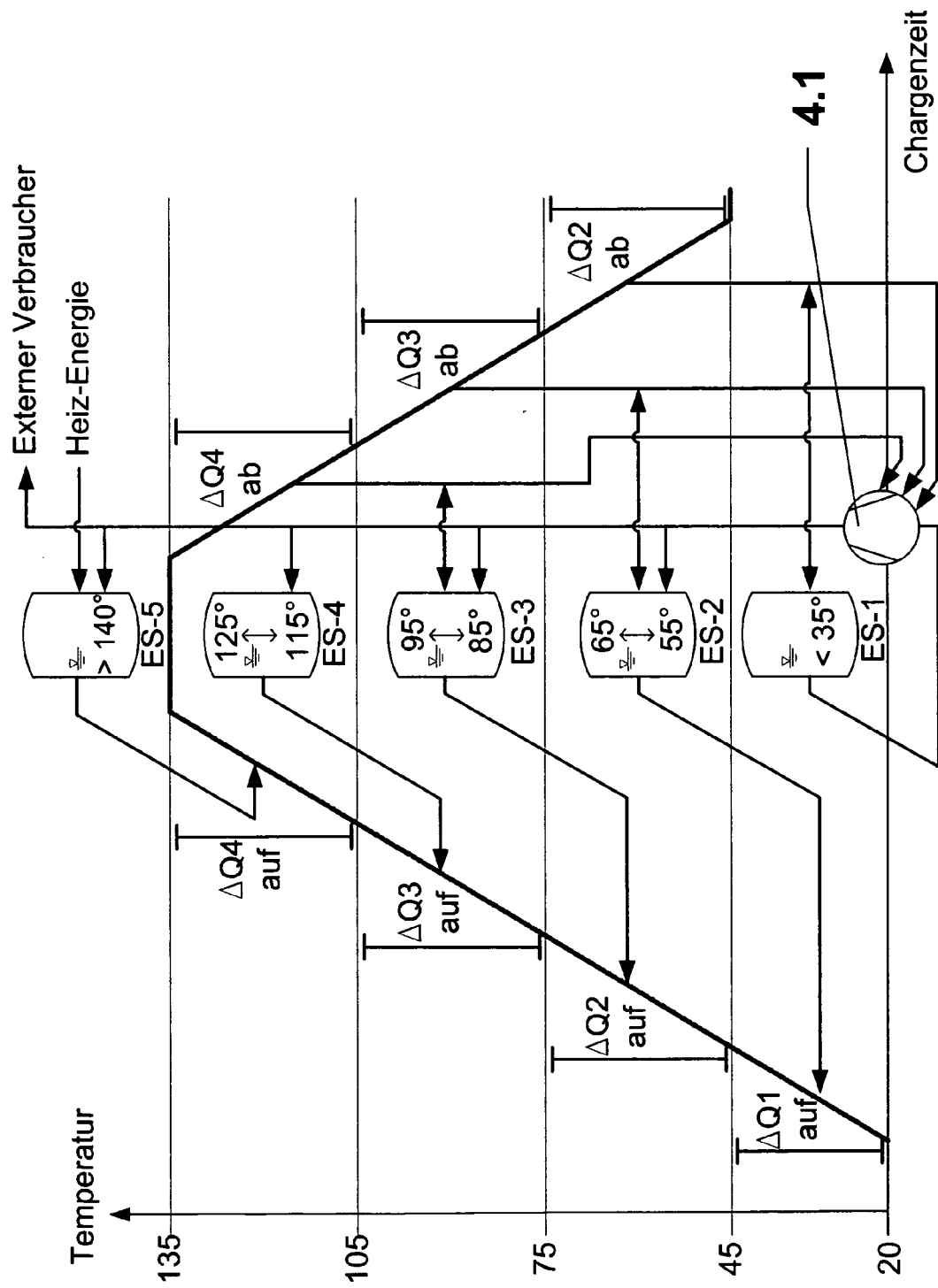
Figur 1



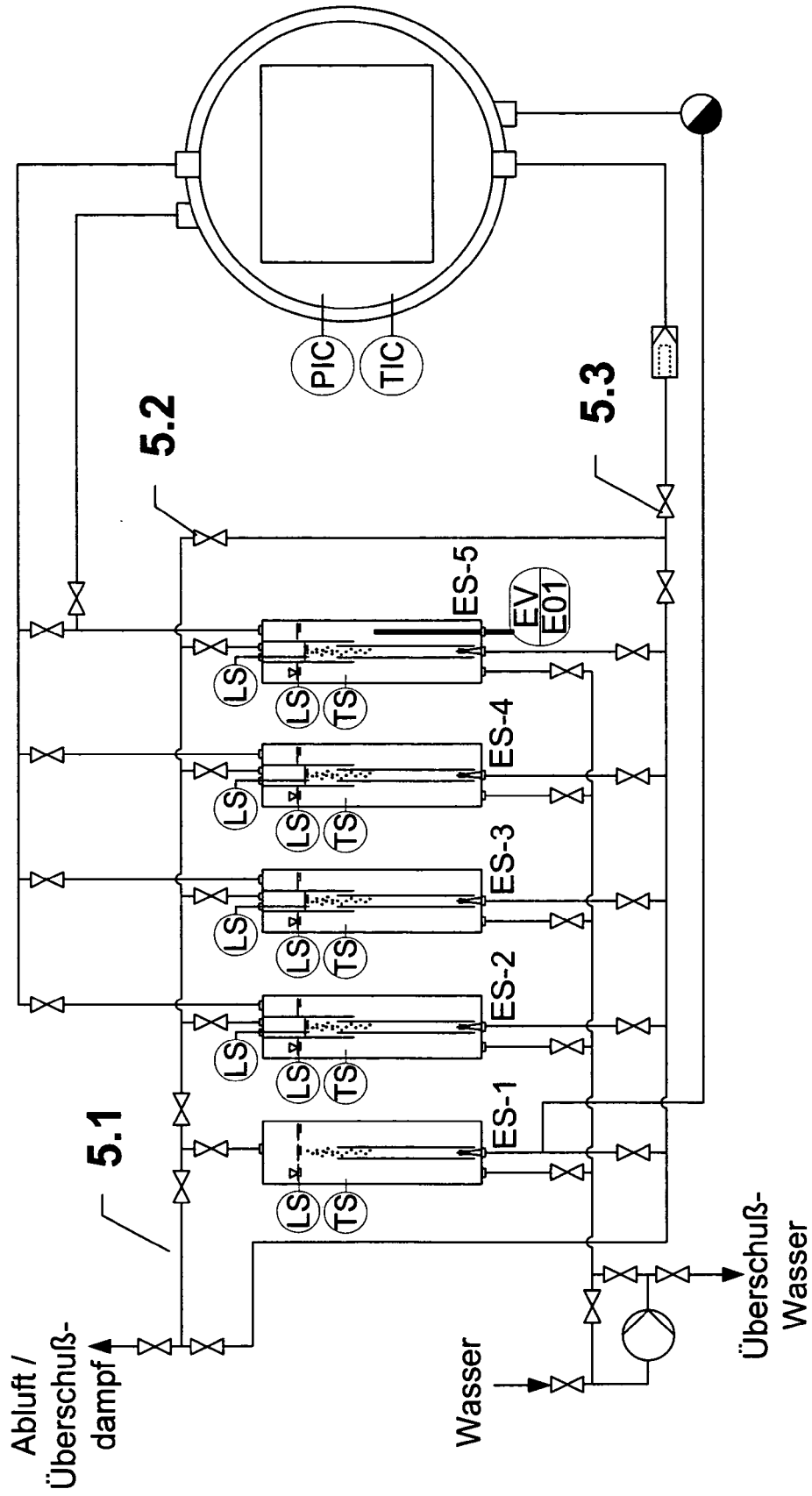
Figur 2



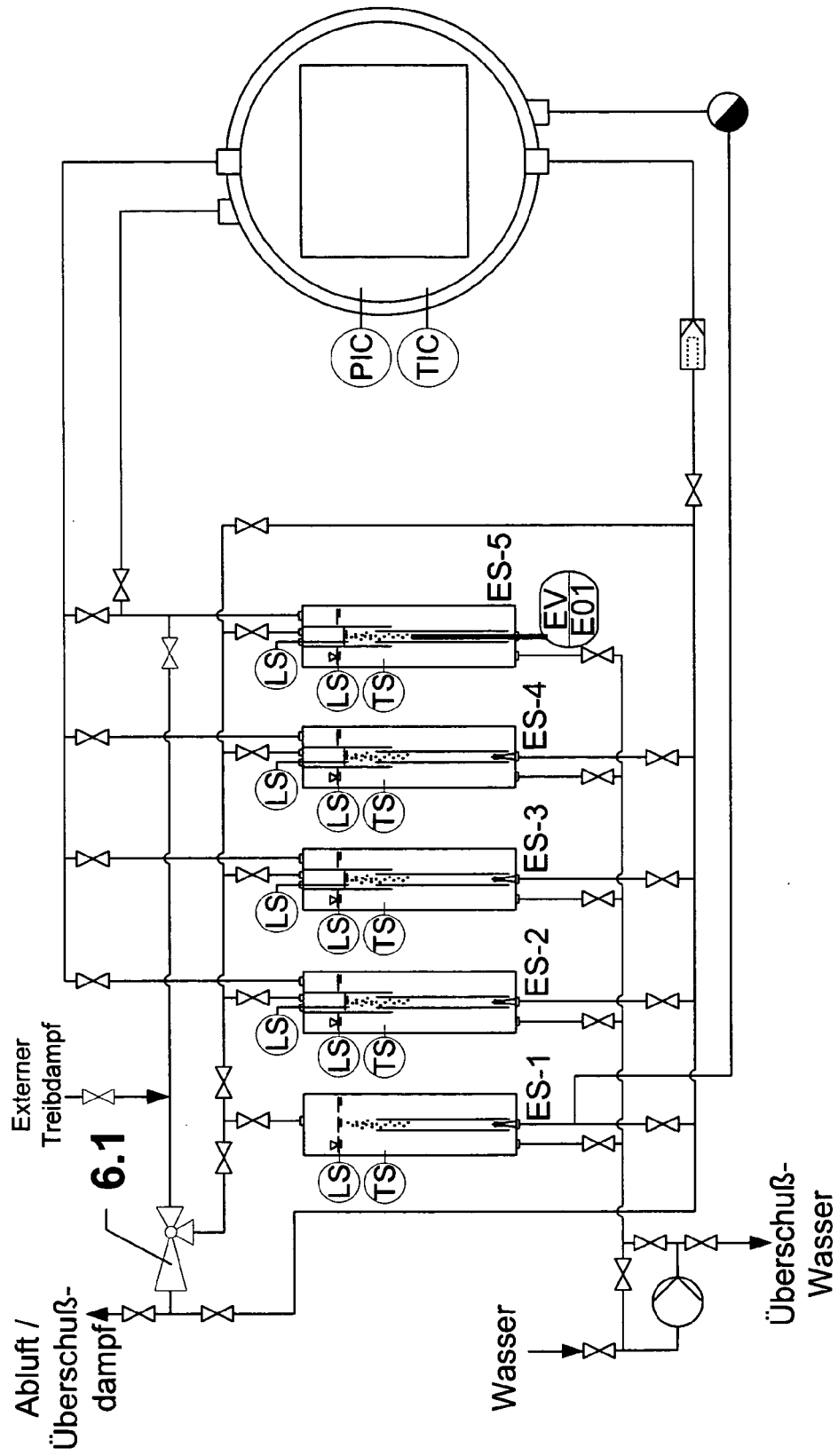
Figur 3



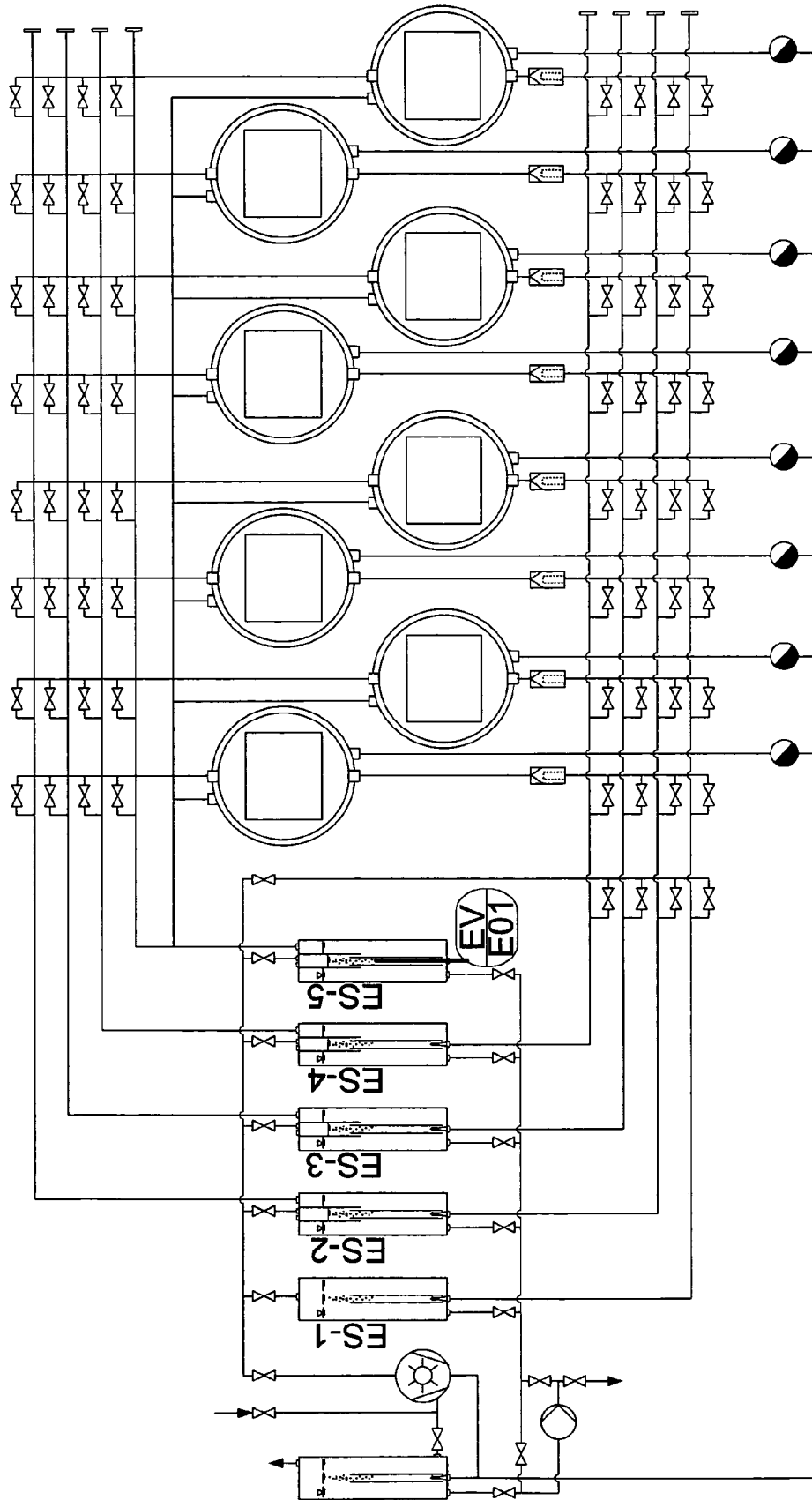
Figur 4



Figur 5



Figur 6



Figur 7

IN DER BESCHREIBUNG AUFGEFÜHRTE DOKUMENTE

Diese Liste der vom Anmelder aufgeführten Dokumente wurde ausschließlich zur Information des Lesers aufgenommen und ist nicht Bestandteil des europäischen Patentdokumentes. Sie wurde mit größter Sorgfalt zusammengestellt; das EPA übernimmt jedoch keinerlei Haftung für etwaige Fehler oder Auslassungen.

In der Beschreibung aufgeführte Patentdokumente

- DE 10047691 [0010]
- DE 19718347 [0010]