

(12)

Österreichische Patentanmeldung

(21)

Anmeldenummer:

A 50887/2019

(22)

Anmeldetag:

15.10.2019

(43)

Veröffentlicht am:

15.05.2021

(51)

Int. Cl.:

H02J 15/00

H02J 3/38

C25B 1/02

(2006.01)

(2006.01)

(2006.01)

(56)

Entgegenhaltungen:

WO 2017165981 A1

DE 102015005940 A1

WO 2018000078 A1

US 2010022669 A1

US 2006096298 A1

(71)

Patentanmelder:

Schelch Michael Dr.

8600 Oberaich (AT)

Staber Wolfgang Dr.

8600 Bruck an der Mur (AT)

(72)

Erfinder:

Schelch Michael Dr.

8600 Oberaich (AT)

Staber Wolfgang Dr.

8600 Bruck an der Mur (AT)

(74)

Vertreter:

Redl Gerda Dr.

1220 Wien (AT)

(54)

Verfahren und System zum Energiemanagement

(57)

Die Erfindung betrifft ein Verfahren zum Energiemanagement unter Beteiligung von

-

zumindest einem Stromnetz,

-

zumindest einem elektrische Energie verbrauchenden Prozess zur Herstellung zumindest eines Produktes und

-

zumindest einem elektrische Energie erzeugenden Prozess, wobei das Verfahren in Abhängigkeit des Regelenergiebedarfes in einem der folgenden Betriebszustände betrieben wird:

a)

bei keinem Regelenergiebedarf in einem Normalbetrieb, bei welchem der elektrische Energie verbrauchende Prozess mit der Energie des elektrische Energie erzeugenden Prozesses zumindest ein Produkt hergestellt,

b)

beim Bedarf an negativer Regelenergie in einem Speicherbetrieb, bei welchem aus dem Stromnetz zusätzliche elektrische Energie in den elektrische Energie verbrauchenden Prozesse eingespeist und derart gegenüber dem Normalbetrieb ein Überschuss an Produkt hergestellt und dieser gespeichert wird und

c)

bei Bedarf an positiver Regelenergie in eine Abgabebetrieb, bei welchem der energieverbrauchende Prozess stillgelegt oder gedrosselt und die elektrische Energie des elektrische Energie erzeugenden Prozesses ins Stromnetz eingespeist wird.

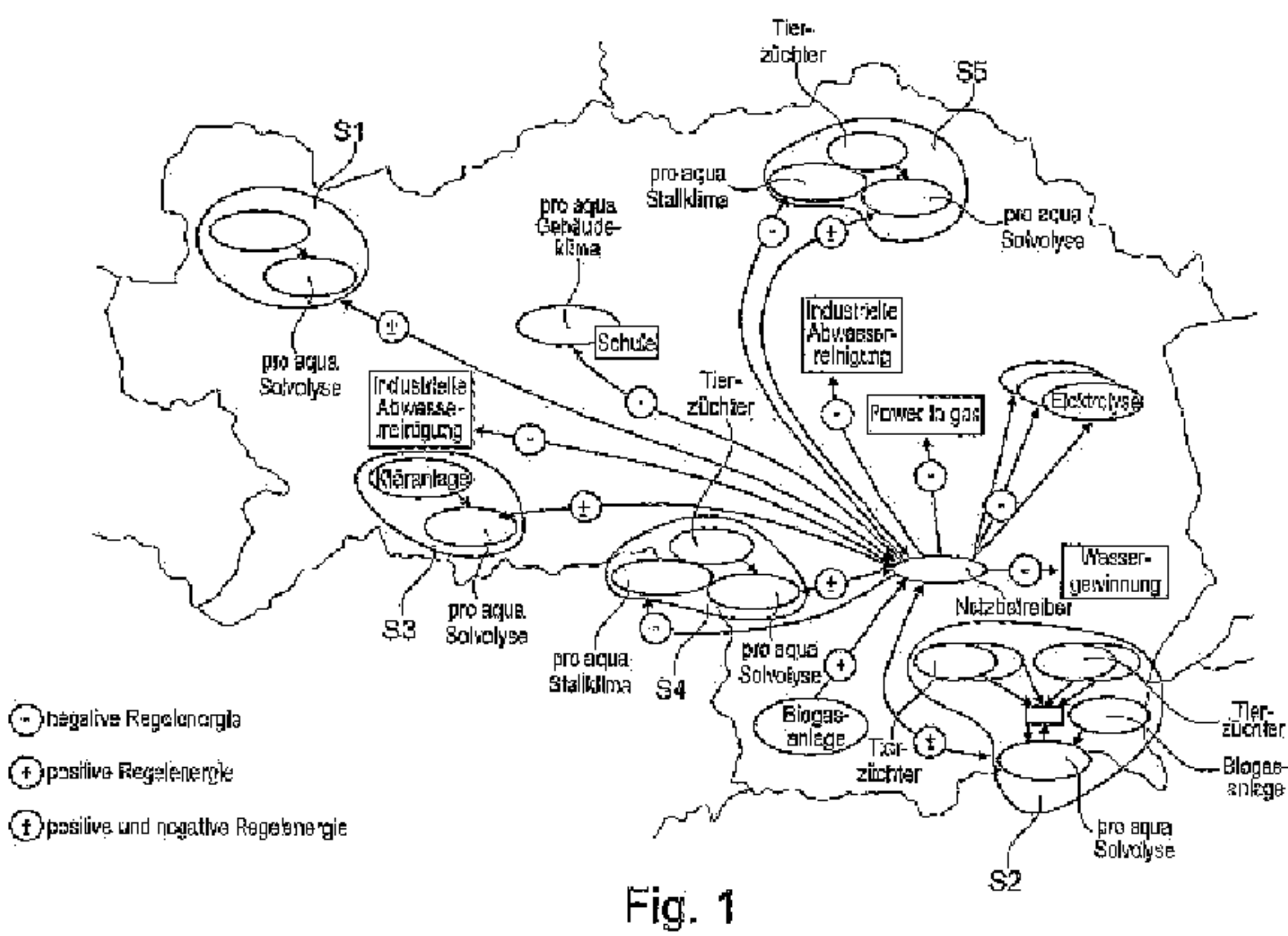


Fig. 1

5 **Zusammenfassung**

- 10 Die Erfindung betrifft ein Verfahren zum Energiemanagement unter Beteiligung von
- zumindest einem Stromnetz,
 - zumindest einem elektrische Energie verbrauchenden Prozess zur Herstellung zumindest eines Produktes und
 - 15 – zumindest einem elektrische Energie erzeugenden Prozess, wobei das Verfahren in Abhängigkeit des Regelenergiebedarfes in einem der folgenden Betriebszustände betrieben wird:
 - a) bei keinem Regelenergiebedarf in einem Normalbetrieb, bei welchem der elektrische Energie verbrauchende Prozess mit der Energie des elektrischen
 - 20 Energie erzeugenden Prozesses zumindest ein Produkt hergestellt,
 - b) beim Bedarf an negativer Regelenergie in einem Speicherbetrieb, bei welchem aus dem Stromnetz zusätzliche elektrische Energie in den elektrischen Energie verbrauchenden Prozesse eingespeist und derart gegenüber dem Normalbetrieb ein Überschuss an Produkt hergestellt und dieser gespeichert wird und
 - 25 c) bei Bedarf an positiver Regelenergie in einen Abgabebetrieb, bei welchem der energieverbrauchende Prozess stillgelegt oder gedrosselt und die elektrische Energie des elektrischen Energie erzeugenden Prozesses ins Stromnetz eingespeist wird.

Beschreibung

5

Verfahren und System zum Energiemanagement

Die Erfindung betrifft ein Verfahren und ein System zum Energiemanagement.

- 10 Es ist bekannt, dass der Ausbau erneuerbarer Energien ein erklärtes Ziel von Staaten und Staatenverbunden ist. Im Rahmen der Agenda 2030 für nachhaltige Entwicklung hat sich beispielsweise die Österreichische Bundesregierung das Ziel gesetzt, bis zum Jahr 2030 die Treibhausgasemissionen um 36 % gegenüber 2005 zu reduzieren. Ferner soll bis 2030 der Anteil erneuerbarer Energien am Bruttoendenergieverbrauch bei 45% bis 50% liegen.
- 15 Außerdem soll 2030 der gesamte Stromverbrauch in Österreich aus erneuerbaren Energiequellen stammen.

- Durch den Ausbau von erneuerbarer Energie kommt es naturgemäß zu höheren Schwankungen in den Stromnetzen. Die fluktuierende Stromeinspeisung bringt
- 20 zunehmende Herausforderungen mit sich. Dabei steigen unter anderem die Anforderungen an die Strommärkte, die Stromerzeuger und die Stromnetzbetreiber.

- Der Bedarf an sogenannter Regelenergie, welche als Reserve Stromschwankungen im Stromnetz ausgleicht und derart einen Zusammenbruch des Stromnetzes verhindert, nimmt
- 25 somit erheblich zu. Regelenergie greift beispielsweise dann ein, wenn der Stromverbrauch überraschend ansteigt, ein konventionelles Kraftwerk ausfällt oder ein plötzlich einsetzender Wetterumschwung die prognostizierte Stromproduktion aus erneuerbaren Energiequellen deutlich beeinflusst. Regelenergie gleicht Schwankungen im Stromnetz innerhalb von Sekunden ("Primärreserve"), fünf Minuten ("Sekundärreserve") oder
- 30 Viertelstunden ("Minutenreserve") aus. Regelenergie kann dabei nicht nur von Stromproduzenten, sondern auch von Stromverbrauchern und Stromspeichern erbracht werden (zur genaueren Definition von Regelenergie siehe weiter unten).

Da der Strom mittels erneuerbarer Energien zudem häufig in großer Entfernung von den Stromabnehmern erzeugt wird, beispielsweise mittels Offshore-Windparks, steigt der räumliche Ausgleichsbedarf. Die Bedeutung von Anlagen und Technologien zur Stromspeicherung nimmt daher deutlich zu, insbesondere ist davon auszugehen, dass künftig ein sehr hoher Speicherbedarf besteht. Stromspeicher gelten mitunter bereits als „Schlüsseltechnologie“ für eine erfolgreiche Energiewende.

Zur Speicherung von elektrischer Energie stehen aktuell im Wesentlichen vier Speichertypen zur Verfügung. Zu diesen gehören mechanische Speicher (z. B. Pumpspeicherkraftwerke), elektrochemische Speicher (z. B. Batterien), elektrische Speicher (z. B. Kondensatoren) und chemische Speicher (z. B. mittels Elektrolyse erzeugter und in Brennstoffzellen umgesetzter Wasserstoff oder mittels einer Power-to-Gas-Anlage erzeugtes Gas). Die Speicherung elektrischer Energie ist bekannter Weise immer mit Umwandlungsverlusten verbunden. Ein wirtschaftlicher Betrieb von Energiespeichern ist daher zurzeit nur bedingt möglich. Dies gelingt am ehesten dann, wenn die Energiespeicher in der Lage sind, auch andere Systemdienstleistungen (z. B. Frequenzhaltung durch Regel- und Reserveleistung) anzubieten. Zudem ist der Einsatz der exemplarisch genannten Speicher mit an sich bekannten Nachteilen verbunden.

Bei Pumpspeicherkraftwerken kommt es zu einer Reihe von weitreichenden Auswirkungen auf die lokale und regionale Umwelt, sowohl durch die Errichtung als auch den Betrieb. Die lokale Flora und Fauna werden durch Flächeninanspruchnahme bei der Errichtung von Speicherbecken und den notwendigen technischen Konstruktionen (Gebäude, Rohrleitungen, Netzanschluss usw.) deutlich beeinträchtigt. Dies führt unweigerlich zu unerwünschten Biotopverlust und weiteren Verdrängungsprozessen. Aus geologischen Gründen kann zudem nur eine beschränkte Anzahl an Pumpspeicherkraftwerken errichtet werden. Aus der Studie EU ESTORAGE 2015 – „A new era of smart energy management“ geht hervor, dass in Westeuropa noch Pumpspeicherkraftwerke mit einer Kapazität von voraussichtlich 2,6 TWh errichtet werden können.

Bei Batterien werden aufgrund ihrer hohen Energiedichte und der möglichen Anzahl an Ladezyklen zunehmend Lithium-Ionen-Batterien verwendet, welche neben Lithium noch weitere Rohstoffe, wie Nickel, Kobalt und Mangan enthalten können. In anderen Batterievarianten werden Aluminium, Graphit oder Silizium eingesetzt. Zudem ist aktuell Kupfer für die Verkabelung der Batterien erforderlich. Der Abbau der genannten Rohstoffe ist bekannter Weise problematisch. Lithium wird beispielsweise aus Salzseen gewonnen. In Südamerika ist es dabei üblich, die Salzlauge (Sole, Hauptbestandteil ist Wasser) aus der Erde zu pumpen und das Wasser zu verdunsten. Dieser Vorgang kann zur Senkung des Grundwasserspiegels führen. Dürre und dergleichen können die Folgen sein. Am Ende der Lebensdauer der Batterien ist es zudem von entscheidender Bedeutung, ob die Batterien wiederverwertet werden können oder entsorgt werden müssen. Eine nicht sachgerechte Entsorgung von Batterien birgt jedenfalls beträchtliche Umweltrisiken (z. B. Brandgefahr, Grundwasserverunreinigung durch auslaufende Elektrolyte). Ferner sind bei Batterien aktuell die Investitionskosten im Vergleich zur Lebensdauer relativ hoch, sodass diese zukünftig nur dann volkswirtschaftlich sinnvolle Energiespeicher sein werden, wenn sich die Produktionskosten verringern und die Lebensdauer verlängert.

Bei Power-to-Gas-Anlagen wird mittels Strom Wasserstoff erzeugt, welcher mit Kohlenstoffdioxid unter Beteiligung eines Katalysators zu einem Gas umgesetzt wird (Methanisierung). Dieses Gas wird üblicherweise nicht direkt rückverstromt, sondern für andere Einsatzzwecke verwendet. Beispielsweise wird das Gas in ein Gasnetz eingespeist oder als Treibstoff verwendet. Aktuell ist ein wirtschaftlicher Betrieb von Power-to-Gas-Anlagen nur bei einer sehr hohen Anlagenauslastung möglich.

Zusammenfassend kann festgehalten werden, dass es einige Möglichkeiten der Energiespeicherung gibt. Diese sind häufig nicht wirtschaftlich betreibbar und/oder sind mit deutlichen, negativen Auswirkungen auf die Umwelt verbunden.

Eines der größten Probleme liegt dabei darin, dass bei sämtlichen der bekannten Energiespeicher deutliche Energieverluste auftreten. Die aus den Energiespeichern „entnehmbare“ Energiemenge ist immer kleiner als die in sie „hineingesteckte“ Energiemenge. Im Hinblick auf ihre Energiebilanz sind sie daher nicht betragsgleich.

Der Erfindung liegt daher die Aufgabe zugrunde, ein im Hinblick auf seine Energiebilanz deutlich günstigeres und vorteilhafteres Konzept eines Energiemanagements bereitzustellen.

5

Gelöst wird die gestellte Aufgabe erfindungsgemäß durch ein Verfahren zum Energiemanagement unter Beteiligung von

- zumindest einem Stromnetz,
- zumindest einem elektrische Energie verbrauchenden Prozess zur Herstellung
- 10 zumindest eines Produktes und
- zumindest einem elektrische Energie erzeugenden Prozess,
- wobei das Verfahren in Abhängigkeit des Regelenergiebedarfes in einem der folgenden Betriebszustände betrieben wird:
- a) bei keinem Regelenergiebedarf in einem Normalbetrieb, bei welchem der
- 15 elektrische Energie verbrauchende Prozess mit der Energie des elektrische Energie erzeugenden Prozesses zumindest ein Produkt hergestellt,
- b) bei Bedarf an negativer Regelenergie in einem Speicherbetrieb, bei welchem aus dem Stromnetz zusätzliche elektrische Energie in den elektrische Energie verbrauchenden Prozesse eingespeist und derart gegenüber dem Normalbetrieb ein
- 20 Überschuss an Produkt hergestellt und dieser gespeichert wird und
- c) bei Bedarf an positiver Regelenergie in einem Abgabebetrieb, bei welchem der energieverbrauchende Prozess stillgelegt oder gedrosselt und die elektrische Energie des elektrische Energie erzeugenden Prozesses ins Stromnetz eingespeist wird.

25 Ferner wird die gestellte Aufgabe erfindungsgemäß durch ein System zum Energiemanagement gelöst, welches folgendes umfasst:

- zumindest ein Stromnetz,
- zumindest eine erste Systemkomponente zur Erzeugung elektrischer Energie,
- zumindest eine zweite Systemkomponente zur Herstellung zumindest eines
- 30 Produktes mittels elektrischer Energie von der ersten Systemkomponente,
- zumindest ein Lager zur Speicherung von Produktüberschuss und

- eine elektronische Regelung, welche bei negativer Regelenergie aus dem Stromnetz elektrische Energie in die zweite Systemkomponente einspeist und bei positiver Regelenergie die Zuführung von elektrischer Energie aus der ersten Systemkomponente in die zweite Systemkomponente drosselt oder abstellt und die in der ersten Systemkomponente erzeugte elektrische Energie zumindest zum Teil ins Stromnetz einspeist.

Das erfindungsgemäße Verfahren und das erfindungsgemäße System verzichten somit komplett auf Energiespeicher im herkömmlichen Sinn. Es werden nämlich zumindest ein elektrische Energie verbrauchender Prozess zur Herstellung zumindest eines Produktes (bzw. die entsprechende Systemkomponente), zumindest ein elektrische Energie erzeugender Prozess (bzw. die entsprechende Systemkomponente) und ein Stromnetz in Abhängigkeit des Regelenergiebedarfs auf spezielle Weise miteinander ge- bzw. entkoppelt. Beim Verfahren wird negative Regelenergie dafür eingesetzt, die Produktivität (Leistung) eines ein Produkt oder mehrere Produkte erzeugenden Prozesses zu erhöhen (Produkt(e)-Überschuss). Ein solcher Prozess zeichnet sich dabei insbesondere dadurch aus, dass er leicht automatisierbar, rasch ein- bzw. ausschaltbar sowie zeitunkritisch in seiner Durchführung ist, daher zu einem beliebigen Zeitpunkt durchführbar ist. Auf die Speicherung elektrischer Energie wird komplett verzichtet, Produkte werden gespeichert. Bei Bedarf an positiver Regelenergie wird die elektrische Energie des elektrischen Energie erzeugenden Prozesses ins Stromnetz eingespeist. Das erfindungsgemäße System nimmt Energie auf und stellt Energie zur Verfügung, sodass es sich nach außen wie ein Energiespeicher verhält, ohne ein Energiespeicher zu sein oder einen aufzuweisen. Dadurch arbeiten das System und das Verfahren – im Gegensatz zu aktuell bekannten Energiespeichern – zumindest im Wesentlichen betragsgleich (keine Umwandlungsverluste). Unter der Voraussetzung, dass für die Lagerung der Produkte keine Energie erforderlich ist, beispielsweise durch Kühlen oder Rühren, arbeitet das Verfahren sogar betragsgleich. Ferner lässt sich eine höhere „Pseudo-Energiespeicherdichte“ als mit herkömmlichen Energiespeichern erzielen (genauere Erläuterung siehe Punkt 4). Das Ausmaß, in welchem die „Pseudo-Energiespeicherung“, also die Produktspeicherung, erfolgen kann, ist dabei lediglich von der Größe des Lagers oder der Lager abhängig, welches bzw. welche das zumindest eine in Schritt b) erhaltene Produkt aufnimmt, also

speichert. Die Produkte eignen sich im Allgemeinen für eine Langzeitspeicherung, sodass sich auch saisonale Nachfrageschwankungen nach elektrischer Energie ideal ausgleichen lassen. Beispielsweise kann die in den Sommermonaten vorherrschende stärkere Sonnenstrahlung genutzt werden, um einen Produkt(e)überschuss anzulegen. In den im
 5 Hinblick auf die Sonnenstrahlung ertragsschwächeren Wintermonaten wird dann Energie zur Verfügung gestellt. Günstiger Weise lässt sich der zumindest eine elektrische Energie verbrauchende Prozess zur Herstellung zumindest eines Produktes im Normalbetrieb wirtschaftlich betreiben. Bei herkömmlichen Speicherkraftwerken, etwa einem Pumpspeicherkraftwerk, gibt es in diesem Sinne keinen „Normalbetrieb“.

10

Nachfolgend wird zunächst auf bevorzugte Ausführungen des Verfahrens und anschließend wird auf bevorzugte Ausführungen des Systems näher eingegangen.

Gemäß einer bevorzugten Ausführung des Verfahrens ist das Produkt bzw. sind die
 15 Produkte, welches bzw. welche mit dem elektrische Energie verbrauchenden Prozess hergestellt wird bzw. werden, flüssig oder gasförmig. Flüssige und gasförmige Produkte lassen sich logistisch einfach handhaben, sodass sich die diesbezüglich relevanten Verfahrensschritte auf zuverlässige und einfache Weise automatisiert durchführen lassen. Insbesondere können die Produkte – im Vergleich zu festen Produkten – platzsparend
 20 gelagert und einfach unter Verwendung von Pumpen, Rohren, Ventilen und dergleichen transportiert bzw. weitergeleitet werden.

Bevorzugt ist es, wenn mit dem elektrische Energie verbrauchenden Prozess ein Produkt bzw. Produkte hergestellt wird bzw. werden, welches bzw. welche ohne weiteren
 25 Energieaufwand, wie beispielsweise Kühlung, auf stabile Weise lagerbar ist bzw. sind. In diesem Fall arbeitet das Verfahren vorteilhafterweise betragsgleich.

Gemäß einer weiteren bevorzugten Ausführung des Verfahrens ist der elektrische Energie verbrauchende Prozess ein Elektrolyseverfahren, insbesondere ein elektrochemisches
 30 Membranverfahren, eine Metallgewinnungselektrolyse, eine elektrochemische Reinigung von Metallen, ein unter den Begriff der Galvanotechnik fallendes Verfahren, eine organische Elektrosynthese oder eine Wasserelektrolyse. Elektrolyseverfahren sind sehr

energieintensiv, sie ermöglichen daher ausgesprochen hohe Pseudo-Energiespeicherdichten (siehe Punkt 4.2.2, Endergebnis 3). Ferner zeichnen sie sich durch kurze Anlaufzeiten aus, sodass bei Bedarf an negativer Regelenergie der Speicherbetrieb besonders schnell aufgenommen werden kann. Außerdem lassen sich Elektrolyseverfahren schnell stilllegen
5 oder drosseln.

Bei einer weiteren bevorzugten Ausführung ist der elektrische Energie verbrauchende Prozess eine Verdampfung, insbesondere eine Verdampfung von Wasser aus Wasser enthaltenden Ausgangsmaterialien. Das Verdampfen von Wasser ist ebenfalls ein
10 energieintensiver Prozess. Das beim Verdampfen zurückbleibende Konzentrat weist daher eine hohe Pseudo-Energiespeicherdichte auf (siehe Punkt 4.2.1, Endergebnis 2) und ist im Allgemeinen lagerstabil. Es lässt sich daher bei Umgebungstemperatur ohne weiteren Energieeinsatz lagern, sodass das Verfahren betragsgleich arbeitet und die Lagerkosten gering sind. Die Verdampfung kann bei Bedarf an positiver Regelenergie schnell
15 heruntergefahren oder gedrosselt sowie bei Bedarf an negativer Regelenergie schnell in Gang gebracht werden.

Insbesondere im Hinblick auf die Prozesslogistik ist es günstig, wenn mittels des elektrischen Energie verbrauchenden Prozesses zumindest ein Produkt hergestellt wird,
20 welches zumindest teilweise als Ausgangsmaterial für den elektrischen Energie erzeugenden Prozess eingesetzt wird.

Bei einer weiteren bevorzugten Ausführung wird für den elektrischen Energie verbrauchenden Prozess zumindest ein wasserhaltiges, biologisches Ausgangsmaterial,
25 insbesondere ein biogener Rohstoff oder ein biogener Reststoff, eingesetzt. Solche Ausgangsstoffe sind häufig preiswert in der Beschaffung und Lagerung und meistens in großen Mengen vorhanden.

Besonders bevorzugt ist es, wenn als biogener Reststoff organische Abfälle bzw. Abwässer,
30 ferner der bei einer mechanisch-biologischen Abfallbehandlung anfallende biogene Anteil, land- und forstwirtschaftliche Nebenprodukte, biogene Produktionsreste, Gülle, Gärreste aus einer Biogasanlage, Klärschlamm, Schlachtabfälle, Tiermehl, Waldrestholz, Reste aus

der forst- und holzindustriellen Produktion, Landschaftspflegematerial, Abfälle aus Gärten, Parks und Friedhöfen, Bioabfällen, Exkrementen aus der Tierhaltung und/oder Straßenbegleitgrün eingesetzt wird bzw. werden. Die genannten biogenen Reststoffe sind preiswert erhältlich, wobei manche, beispielsweise Klärschlamm, mitunter sogar einen
 5 negativen Einstandspreis aufweisen. Diese Reststoffe lassen sich auch gut lagern, beispielsweise in Stapelbecken.

Bei einer weiteren bevorzugten Ausführung des Verfahrens sind mehrere elektrische Energie verbrauchende Prozesse, insbesondere zumindest eine Verdampfung und
 10 zumindest ein Elektrolyseverfahren, vorzugsweise ein elektrochemisches Membranverfahren, beteiligt. Durch den Einsatz einer Vielzahl solcher Prozesse lässt sich ein virtuelles Kraftwerk bilden.

Das am Verfahren beteiligte Stromnetz ist vorzugsweise ein Verbundnetz.
 15

Ferner ist es bevorzugt, wenn der elektrische Energie verbrauchende Prozess im Normalbetrieb kontinuierlich abläuft. Ein solcher Prozess passt sich schnell an den jeweiligen Regelenergiebedarf an.

20 Bei einer besonders günstigen Variante des Verfahrens umfassen die elektrische Energie verbrauchenden Prozesse folgende nacheinander ablaufende Schritte:

- i. Vermischen eines organischen Verbindungen und Wasser enthaltenden, biologischen Ausgangsmaterials mit einem alkalischen, in Wasser gelöstem Hydrolysemittel zur Bildung eines hydrolysierten Mediums,
- 25 ii. Erhitzen und Eindampfen des hydrolysierten Mediums zur Bildung eines Brüdens und eines Konzentrates,
- iii. a) im Normalbetrieb: Einsatz des Konzentrates zur Erzeugung von elektrischer Energie mittels des elektrischen Energie erzeugenden Prozesses,
 b) im Speicherbetrieb: Einsatz einer Teilmenge des Konzentrates zur Erzeugung
 30 elektrischer Energie mittels des elektrischen Energie erzeugenden Prozesses sowie Speicherung des weiteren Konzentrates,

c) im Abgabebetrieb: Einsatz des im Speicherbetrieb gespeicherten Konzentrates zur Erzeugung von elektrischer Energie mittels des elektrischen Energie erzeugenden Prozesses.

5 Bei dieser Variante ist es vorteilhaft, wenn das in Schritt i. eingesetzte Hydrolysemittel zumindest eines aus der Gruppe Natriumhydroxid, Natriumcarbonat, Natriumhydrogencarbonat, Lithiumhydroxid, Lithiumcarbonat, Lithiumhydrogencarbonat, Kaliumhydroxid, Kaliumcarbonat, Kaliumphosphat, Kaliumhydrogenphosphat, Kaliumdihydrogenphosphat oder Dikaliumhydrogenphosphat ist. Diese Hydrolysemittel
10 lassen sich vorteilhafter Weise mittels Elektrolyseverfahren zurückgewinnen.

Ferner ist es bei dieser Variante günstig, wenn der in Schritt ii. anfallende Brüden kondensiert und unter Zusatz zumindest eines sauren Prozesshilfsstoffes in zumindest einer Elektrolysezelle zu einer Ammoniak-Lösung umgesetzt wird. Die Ammoniak-Lösung stellt
15 eine besonders werthaltige chemische Verbindung dar.

Darüber hinaus ist es bei dieser Variante günstig, wenn in Schritt iii. das Konzentrat zur Erzeugung elektrischer Energie in einem Reaktor auf bis zu 700°C erhitzt und die entstehenden Gase in einem Blockheizkraftwerk umgesetzt werden.

20

Außerdem ist es bei dieser Variante günstig, wenn der in Schritt iii. im Reaktor zurückbleibende Rückstand zur Bildung eines Eluates mit Wasser vermischt wird, wobei aus zumindest einem Teil des Eluates in einer Elektrolysezelle ein für Schritt i. geeignetes Hydrolysemittel gebildet wird.

25

Bei einer weiteren besonders günstigen Variante des Verfahrens umfassen die elektrische Energie verbrauchenden Prozesse folgende nacheinander ablaufende Schritte:

- I. Eindampfen einer organischen Verbindung und Wasser enthaltenden, biologischen Ausgangsmaterials unter Bildung eines Brüdens und eines Konzentrates,
- 30 II. a) im Normalbetrieb: Umsetzen des Konzentrates in einer Biogasanlage, wobei ein Gärrest gebildet und dieser aus der Biogasanlage ausgelesen wird,

b) im Speicherbetrieb: Einspeisen von elektrischer Energie in Schritt I, sodass ein Überschuss an Konzentrat gebildet wird, welcher nachfolgend in der Biogasanlage gespeichert wird,

c) im Abgabebetrieb: Bildung von Biogas aus dem im Speicherbetrieb

5 gespeicherten Konzentrat und Erzeugung elektrischer Energie aus dem Biogas.

Die Vorteile dieser Variante sind ausführlich unter Punkt 2 (siehe unten) dargelegt. Ein besonderer Vorteil liegt darin, dass die Biogasanlage gleichzeitig als „interner Speicher“ eingesetzt wird. Auf einen „externen Produktspeicher“ kann daher verzichtet werden.

10

Weitere bevorzugte Ausführungen betreffen das erfindungsgemäße System.

Bevorzugter Weise umfasst das System eine Vielzahl von ersten Systemkomponenten und/oder eine Vielzahl von zweiten Systemkomponenten. Es können dementsprechend

15 große Mengen elektrischer Energie aus dem Stromnetz aufgenommen bzw. in dieses eingespeist werden.

Ferner ist es von Vorteil, wenn eine erste Systemkomponente ein Blockheizkraftwerk ist.

Ein Blockheizkraftwerk wird vorzugsweise am Ort des Wärmeverbrauchs betrieben, es

20 kann auch Nutzwärme in ein Nahwärmenetz einspeisen und nutzt vorteilhafterweise das Prinzip der Kraft-Wärme-Kopplung.

Außerdem ist es bevorzugt, wenn eine oder mehrere zweite Systemkomponente(n)

vorgesehen ist bzw. sind, welche ein Verdampfer, eine Elektrolysezelle und/oder eine

25 Biogasanlage ist bzw. sind. Auf die Vorteile dieser Systemkomponenten wurde bereits im Zusammenhang mit den bevorzugten Ausführungen des Verfahrens hingewiesen.

Weitere Merkmale, Vorteile und Einzelheiten der Erfindung werden nun anhand der Zeichnung näher erläutert. Dabei zeigen

30

Fig. 1 schematisch und exemplarisch Regelenergieflüsse innerhalb eines österreichischen Bundeslandes,

Fig. 2 ein Blockfließbild eines Systems S1 zum Energiemanagement im Normalbetrieb gemäß einem ersten Ausführungsbeispiel,

5 Fig. 2a und 2b Diagramme zur weiteren Erläuterung des Systems S1,

Fig. 3 ein Blockfließbild des Systems S1 im Speicherbetrieb,

Fig. 4 ein Blockfließbild des Systems S1 im Abgabebetrieb,

10

Fig. 5 ein Blockfließbild eines Systems S2 zum Energiemanagement im Normalbetrieb gemäß einem zweiten Ausführungsbeispiel,

Fig. 6 ein Blockfließbild des Systems S2 im Speicherbetrieb und

15

Fig. 7 ein Blockfließbild des Systems S2 im Abgabebetrieb.

Die Erfindung befasst sich mit einem System und einem Verfahren zum Energiemanagement. Das System umfasst zumindest eine Systemkomponente zur Erzeugung elektrischer Energie, zumindest eine Systemkomponente zur Herstellung
20 zumindest eines Produktes mittels elektrischer Energie, zumindest ein Stromnetz, insbesondere ein Verbundnetz (elektrisch verbundene Stromnetze), und eine das Verfahren betreibende bzw. umsetzende elektronische Regelung. Am Verfahren sind zumindest ein elektrische Energie erzeugender Prozess, zumindest ein elektrische Energie
25 verbrauchender, zumindest ein Produkt erzeugender Prozess und ein Stromnetz, insbesondere ein Verbundnetz, beteiligt.

Zunächst werden in der Beschreibung verwendete, an sich bekannte Definitionen kurz wiedergegeben.

30

Regelenergie (Regelleistung, Reserveleistung):

Regelenergie bezeichnet Energie, die ein Stromnetzbetreiber benötigt, um unvorhergesehene Leistungsschwankungen im Stromnetz (Schwankungen der Stromfrequenz), auszugleichen. Abweichungen zwischen Stromerzeugung und Stromentnahme werden daher durch den Einsatz von Regelenergie ausgeglichen, damit die Stabilität des Stromnetzes nicht gefährdet wird. Bei Regelenergieeinsatz wird daher elektrische Energie dem Stromnetz entnommen oder in dieses eingespeist. Regelenergie kann dabei beispielsweise von Stromproduzenten, Stromverbrauchern und Stromspeichern erbracht werden.

10 *Negative Regelenergie*

Wenn die ins Stromnetz eingespeiste elektrische Energie die zum selben Zeitpunkt aus dem Stromnetz entnommene elektrische Energie übersteigt, das Angebot elektrischer Energie also größer ist als die Nachfrage, liegt ein Leistungsüberschuss im Stromnetz vor. Der Stromnetzbetreiber „benötigt negative Regelenergie“ durch Stromabnehmer, die dem Stromnetz elektrische Energie über einen gewissen Zeitraum entziehen.

Positive Regelenergie

Zum Ausgleich erhöhter Nachfrage nach elektrischer Energie bei nicht ausreichendem Angebot an elektrischer Energie, benötigt der Stromnetzbetreiber positive Regelenergie. Es ist die Einspeisung zusätzlicher elektrischer Energie ins Stromnetz über einen gewissen Zeitraum erforderlich.

Die nachfolgend unter Bezugnahme auf Fig. 1 erfolgten Erläuterungen sind als rein exemplarisch zu verstehen. Fig. 1 zeigt eine Ansicht des österreichischen Bundeslandes Steiermark. Ein Stromnetzbetreiber sowie eine Anzahl von Stromabnehmern und/oder Stromerzeugern sind angedeutet. Eine Vielzahl von Linien versinnbildlicht ein Stromnetz, über welches zum Ausgleich von Schwankungen der Stromfrequenz bei Bedarf negative und positive Regelenergie fließt. Der Fluss negativer Regelenergie ist durch ein „-“, der Fluss positiver Regelenergie ist durch ein „+“ gekennzeichnet. Beispielsweise kann die mittels einer Biogasanlage erzeugte elektrische Energie zum Ausgleich erhöhter Nachfrage ins Stromnetz eingespeist werden (positive Regelenergie). Exemplarisch liefert der Stromnetzbetreiber einen über dem aktuellen Bedarf liegenden temporären

Stromüberschuss (negative Regelenergie) an eine Power-to-Gas-Anlage und an eine industrielle Abwasserreinigung.

In Fig. 1 sind exemplarisch fünf Systeme S1 bis S5 angedeutet. Zwischen dem Stromnetzbetreiber und den Systemen S1 bis S5 verlaufende, mit „±“ gekennzeichnete Linien versinnbildlichen die Möglichkeit, jedem der Systeme S1 bis S5 einen im Stromnetz vorliegenden temporären Stromüberschuss zuzuleiten (negative Regelenergie) sowie die Möglichkeit, mit jedem dieser Systeme S1 bis S5 bei nicht ausreichendem Angebot an elektrischer Energie diese zur Einspeisung ins Stromnetz bereitzustellen (positive Regelenergie).

Bei den Ausführungsbeispielen werden mittels der energieverbrauchenden Prozesse werthaltige chemische Verbindungen aus in Abfall enthaltenen organischen und anorganischen Verbindungen gewonnen. Unter einer werthaltigen chemischen Verbindung wird dabei eine solche verstanden, welche beispielsweise in der Industrie Einsatz findet und sich daher zum Verkauf eignet. Teile der Systeme S1 bis S5 können insbesondere der in der Patentanmeldung AT 520 454 A2 offenbarten Vorrichtung in entsprechend angepasster Weise entsprechen. Ein ebenfalls geeignetes System stellt die Vorrichtung aus der noch nicht veröffentlichten österreichischen Patentanmeldung mit dem amtlichen Aktenzeichen A50630/2018 dar. Die gegenständlich eingesetzten Elektrolysezellen sind insbesondere wie in der AT 520 454 A2 bzw. der A50630/2018 beschrieben ausgeführt.

Nachfolgend wird anhand von Fig. 2 bis Fig. 7 zunächst das System S1, inklusive des zugehörigen Verfahrens, und im Anschluss das System S2, ebenfalls inklusive des zugehörigen Verfahrens, erläutert. Stoffflüsse sind durch durchgehende Linien, der Fluss elektrischer Energie ist durch gestrichelte Linien angedeutet. Die Mengenangaben zu den Stoffflüssen in Fig. 2 bis Fig. 4 sind als rein exemplarisch zu verstehen.

1. Beschreibung des Systems S1 (Fig. 2 bis Fig. 4, inklusive Fig. 2a und Fig. 2b)

Ein für den energieverbrauchenden Prozess des Systems S1 in Frage kommender Abfall ist beispielsweise Gülle. Gülle besteht Großteils aus Wasser und im Wasser gelösten oder suspendierten anorganischen und organischen Verbindungen. Zu den im Wasser

- enthaltenen anorganischen Verbindungen zählen insbesondere Kaliumsalze, Amine, Ammonium, Amide, wie etwa Harnstoff, Nitrate, Nitrite sowie Phosphate. Zu den im Wasser enthaltenen organischen Verbindungen gehören insbesondere Fette, Eiweiße, Kohlenhydrate und Lignine. Wie noch genauer erläutert wird, können aus diesen
- 5 organischen und anorganischen Verbindungen werthaltige chemische Verbindungen gewonnen werden. Ferner kann aus den organischen und anorganischen Verbindungen auch elektrische Energie zur Herstellung der werthaltigen chemischen Verbindungen gewonnen werden, wie ebenfalls noch beschrieben wird.
- 10 Tabelle 1 zeigt Beispiele für die in Gülle befindlichen, üblicherweise als Nährstoffe bezeichneten Verbindungen.

Tabelle 1: Zusammensetzung von Gülle

Nährstoff	Schweinegülle	Milchvieh- und Rindergülle
Stickstoff (N, Gesamt)	4-7 kg/m ³	3-5 kg/m ³
davon in Form von Ammonium (NH ₄)	3,5-5 kg/m ³	2-2,5 kg/m ³
Phosphat (als P ₂ O ₅)	2-4 kg/m ³	1-2 kg/m ³
Kalium (als K ₂ O)	3-5 kg/m ³	4-5 kg/m ³
Magnesium (als MgO)	1-2 kg/m ³	1 kg/m ³

- 15 Typische Gülle weist einen Trockensubstanz-Gehalt (=Bestandteil einer Substanz, welcher nach Abzug der Masse des enthaltenen Wassers übrigbleibt) von etwa 3% bis 10% auf.

1.1 System S1 - Normalbetrieb

- Wie Fig. 2 zeigt, wird im Normalbetrieb des Systems S1 Gülle aus einem Güllelager 1
- 20 einem Mischer 2 zugeführt. In den Mischer 2 wird ferner eine aus einem Kalilaugenlager 3 stammende Kalilauge (wässrige Kaliumhydroxid-Lösung, „KOH“) sowie vorzugsweise zusätzlich ein aus einem Eluatlager 10 stammendes, Kalium(hydrogen)carbonat(e) und Kaliumphosphat(e) enthaltendes Eluat zugeleitet, wobei das Eluat und die Kalilauge
- bevorzugter Weise vor dem Eintritt in den Mischer 2 vermischt werden. Die Bildung
- 25 (Entstehung) der Kalilauge und des Eluates werden später noch genauer erläutert. Die zugeleitete Kalilauge bzw. das zugeleitete Gemisch aus Kalilauge und Eluat weist einen

pH-Wert von vorzugsweise mindestens 12,0 auf. Die Gülle wird mit der zugeleiteten Kalilauge bzw. dem zugeleiteten Gemisch im Mischer 2 vermischt, wodurch ein flüssiges und zumindest weitgehend homogenes Medium gebildet wird.

- 5 Das gebildete Medium wird aus dem Mischer 2 in einen Verdampfer 4 weitergeleitet, welcher insbesondere auf dem Prinzip eines Verdampfers mit Heizmantel und mechanischem Brüdenverdichter beruht. Im Verdampfer 4 wird das Medium auf 70°C bis 140°C erwärmt, wodurch sämtliche im Medium vorhandene organische Verbindungen alkalisch hydrolysiert, die Moleküle der organischen Verbindungen also abgebaut
- 10 (gespalten), werden. Bedingt durch den Einsatz von Kalilauge bilden sich zumindest aus dem Großteil der aus der Gülle stammenden organischen Verbindungen organische Kaliumsalze (weisen bekannter Weise zumindest ein Anion einer organischen Säure, d.h. eine Carboxylatgruppe R-COO-, auf) und aus den vorhandenen Phosphaten Kaliumphosphat(e), wobei die organischen Kaliumsalze und das bzw. die
- 15 Kaliumphosphat(e) in Lösung gehen, sich im Medium also auflösen.

- Während der Hydrolyse bildet sich im Verdampfer 4 ein Brüden. Dieser besteht aus Wasserdampf und gasförmigen Stickstoffverbindungen (Ammoniak, Amine) und wird aus dem Verdampfer 4 in ein Kondensatlager 5 geleitet, in welchem er kondensiert und bei
- 20 Bedarf zwischengespeichert werden kann. Das aus dem Brüden gebildete Kondensat wird unter Zuleitung von Phosphorsäure (H_3PO_4) in zumindest eine Elektrolysezelle 6 geleitet, in welcher Phosphorsäure (H_3PO_4) erzeugt wurde und fortlaufend erzeugt wird. Aus den im Kondensat enthaltenen Stickstoffverbindungen bilden sich Ammoniumphosphate, welche zumindest Großteiles unter Bildung von Ammonium (NH_4^+) und Phosphat-Ionen
 - 25 dissoziieren. Durch das Zuleiten der Phosphorsäure wird das Kondensat ferner angesäuert, wodurch das im Kondensat vorliegende Dissoziationsgleichgewicht zwischen Ammoniak und Ammonium ($\text{NH}_3 + \text{H}_3\text{O}^+ \rightleftharpoons \text{NH}_4^+ + \text{H}_2\text{O}$) in Richtung Ammonium (NH_4^+) verschoben wird. Ammonium ist im Gegensatz zu Ammoniak nämlich einer elektrochemischen Reaktion zugänglich. In der Elektrolysezelle 6 werden nachfolgend die Phosphorsäure
 - 30 (H_3PO_4), eine wässrige Ammoniaklösung ($\text{NH}_3 - \text{H}_2\text{O}$) und Wasserstoff gewonnen. Die Ammoniaklösung, der Wasserstoff sowie ein etwaiger vorhandener Überschuss an

Phosphorsäure werden aus der Elektrolysezelle 6 abgeleitet, sie gehören zu den werthaltigen chemischen Verbindungen.

Das im Verdampfer 4 gebildete, in diesem zurückbleibende, flüssige „hydrolysierte“

5 Medium enthält die bereits erwähnten, in diesem gelösten organischen Kaliumsalze und Kaliumphosphat(e). Das hydrolysierte Medium wird aus dem Verdampfer 4 abgeleitet und, wie noch erläutert wird, weiter aufbereitet. Zunächst wird jedoch der Effekt der Hydrolyse auf die Pumpfähigkeit des Mediums anhand von Fig. 2a erläutert.

10 Fig. 2a zeigt ein exemplarisches, nicht maßstäbliches Diagramm, bei welchem auf der Abszisse der Gehalt an organischer Trockensubstanz in % (oTS-Gehalt) und auf der Ordinate die Viskosität ohne Dimensionsangabe und Skalierung aufgetragen sind. Die Viskosität nimmt gemäß dem nach oben zeigenden Pfeil zu. Die organische Trockensubstanz (oTS), auch Trockenmasse genannt, ist bekannter Weise der Anteil der

15 organischen Bestandteile (organischen Verbindungen) eines Stoffes (hier des Mediums) nach vollständigem Entzug von Wasser und vollständigem Entzug von sämtlichen mineralischen Bestandteilen. Die gestrichelte Linie zeigt die Viskosität für die ursprüngliche Gülle aus dem Güllelager 1 in Abhängigkeit ihres oTS-Gehaltes (in Fig. 2a: „Gülle unbehandelt“). Die durchgehende Linie zeigt die Viskosität des hydrolysierten

20 Mediums in Abhängigkeit seines oTS-Gehaltes (in Fig. 2a: „Gülle hydrolysiert“). Ferner verdeutlicht eine waagrechte, mit η_{pump} bezeichnet Linie jene Viskosität, bis zu welcher die Gülle bzw. das Medium mit üblichen Mitteln pumpbar ist. Übersteigt die Viskosität der Gülle bzw. des hydrolysierten Mediums den durch die Linie η_{pump} angedeuteten Viskositätswert, ist die Gülle bzw. das hydrolysierte Medium im Wesentlichen nicht mehr

25 pumpbar. Die Temperatur der Gülle bzw. des hydrolysierten Mediums betrage exemplarisch je 100°C (in Fig. 2a: $T = 100^\circ\text{C}$). Es ist zu erkennen, dass die ursprüngliche, unbehandelte Gülle ab einem oTS-Gehalt im Bereich zwischen 15% und 20% bereits derart viskos ist, dass diese nicht mehr pumpbar ist. Im Gegensatz dazu, ist das hydrolysierte Medium aus dem Verdampfer 4 bis zu einem oTS-Gehalt von fast 80% pumpbar.

30

Der Hydrolysevorgang ermöglicht es daher, ein pumpbares Medium mit einem – gegenüber dem Ausgangsprodukt (der ursprünglichen Gülle) – deutlich höheren oTS-Gehalt zu

erhalten. Aufgrund seines deutlich höheren oTS-Gehaltes wird das hydrolysierte Medium daher nachfolgend als „Konzentrat“ bezeichnet.

Gemäß Fig. 2 wird das im Verdampfer 4 gebildete Konzentrat in einen Reaktor 7 weitergeleitet, in welchem das Konzentrat auf bis zu 700°C, insbesondere auf bis zu 400°C, erhitzt wird, wodurch die im Konzentrat enthaltenen organischen Verbindungen thermisch zersetzt und Gase gebildet werden. Die Gase werden in ein Blockheizkraftwerk 8 geleitet, in welchem in bekannter Weise aus den Gasen elektrische Energie und Wärme erzeugt wird. Mit dieser elektrischen Energie werden der erwähnte Verdampfer 4, die zumindest eine Elektrolysezelle 6 und zumindest eine Elektrolysezelle 9 betrieben.

Fig. 2b zeigt ein weiteres exemplarisches Diagramm, welches weitere Vorteile der zuvor durchgeführten Hydrolyse verdeutlicht. Auf der Abszisse ist die Temperatur im Reaktor 7 in °C und auf der Ordinate ist die beim Erhitzen im Reaktor 7 relativ abgebaute Menge an organischer Trockensubstanz aufgetragen. Die durchgehende Linie zeigt die relativ abgebaute Menge an organischer Trockensubstanz für das in den Reaktor 7 eingebrachte Konzentrat (in Fig. 2b „Gülle behandelt“) in Abhängigkeit von der Temperatur im Reaktor 7. Die gestrichelte Linie zeigt die relativ abgebaute Menge an organischer Trockensubstanz für in den Reaktor 7 eingebrachte ursprüngliche, unbehandelte Gülle (in Fig. 2b „Gülle unbehandelt“), was beim gegenständlichen Prozess jedoch nicht vorgesehen ist und nur zum Vergleich und zur Erläuterung dient. Es ist zu erkennen, dass im Temperaturbereich von 200°C bis 400°C die im Reaktor 7 relativ abgebaute Menge an organischer Trockensubstanz bei Verwendung des Konzentrates deutlich höher ist als bei der Verwendung von unbehandelter Gülle. Wird unbehandelte Gülle im Reaktor 7 beispielsweise auf 400°C erhitzt, sind lediglich 40% der organischen Trockensubstanz der Gülle zersetzt worden. Bei Verwendung des Konzentrates (= hydrolysierte und eingedampfte Gülle) wird die in diesem enthaltene organische Trockensubstanz bei einer Temperatur von 400°C zumindest im Wesentlichen vollständig zersetzt (durchgehende Linie in Fig. 2b bei 400°C / 100% relativ abgebaute oTS-Menge). Wie Fig. 2b somit verdeutlicht, ist – im Vergleich zur unbehandelten Gülle – der Einsatz des Konzentrates energetisch deutlich günstiger, da – im Vergleich zur unbehandelten Gülle – bereits bei niedrigeren Temperaturen prozentuell deutlich größere Mengen der jeweils enthaltenen

organischen Verbindungen abgebaut werden. Im Reaktor 7 werden daher aus dem Konzentrat – im Vergleich zur unbehandelten Gülle – prozentuell größere Gasmengen gewonnen.

- 5 Im Reaktor 7 verbleibt ein fester, insbesondere pulverförmiger Rückstand aus anorganischen Verbindungen, zu welchen schwerlösliche oder unlösliche anorganische Verbindungen („Asche“) sowie, bedingt durch den Einsatz von Kalilauge, wasserlösliche anorganische Kaliumsalze (weisen bekannter Weise ein Anion einer anorganischen Säure auf) gehören. Zur Asche gehören vor allem Oxide und (Bi-)Carbonate diverser Metalle. Zu
10 den wasserlöslichen anorganischen Kaliumsalzen zählen beim Ausführungsbeispiel Kalium(hydrogen)carbonat(e) und Kaliumphosphat(e). Der feste Rückstand wird aus dem Reaktor 7 ausgetragen und mit Wasser vermischt, wodurch ein Eluat gebildet wird. Unter einem Eluat wird bekannter Weise ein Gemisch aus einem Lösungsmittel und in diesen gelösten Substanzen verstanden. Das Lösungsmittel des gegenständlichen Eluates ist also
15 Wasser, in welchem sich die wasserlöslichen anorganischen Kaliumsalze lösen, sodass das Eluat eine Elektrolytlösung ist. Das Eluat wird in ein Eluatlager 10 geleitet, wobei die Asche vorzugsweise vor Erreichen des Eluatlagers 10 auf nicht gezeigte Weise abgetrennt, beispielsweise abfiltriert, wird.
- 20 Wie bei den Erläuterungen zum Normalbetrieb des Systems S1 bereits erwähnt wurde, wird vom Eluatlager 10 vorzugsweise ein Teil des Eluates in den Mischer 2 geleitet, wobei die gegebenenfalls noch nicht abgetrennte Asche abgetrennt wird. Ferner wird vom Eluatlager 10 Eluat in die bereits erwähnte Elektrolysezelle 9 geleitet, wobei die gegebenenfalls noch nicht abgetrennte Asche ebenfalls abgetrennt wird.
25 Es gelangt somit ein von Asche befreites Eluat in die Elektrolysezelle 9, in welcher aus dem Eluat Kaliumhydroxid in Form von Kalilauge (KOH) und Phosphorsäure (H₃PO₄) gebildet werden. Die Kalilauge (KOH) und die Phosphorsäure (H₃PO₄) werden aus der Elektrolysezelle 9 abgeleitet, sie stellen weitere werthaltige chemische Verbindungen dar.
30 Die Kalilauge (KOH) wird dabei in das eingangs bereits erwähnte Kalilaugenlager 3 geleitet, aus welchem jener Anteil an Kalilauge, der nicht für die Hydrolyse der Gülle erforderlich ist, entnommen werden kann.

Im Normalbetrieb des Verfahrens laufen die elektrische Energie verbrauchenden, Produkte erzeugenden Prozesse auf kontinuierliche Weise, also zeitlich durchgehend, ab. Die Füllstände im Kalilaugenlager 3, im Kondensatlager 5 und im Eluatlager 10 schwanken in einem gewissen Ausmaß, sind jedoch im Wesentlichen konstant. Exemplarisch wird der Normalbetrieb mit einem Gülleeinsatz von 30 kg OTS / h (Masse organischer Trockensubstanz pro Stunde) und einem Kalilaugeneinsatz von 6 kg / h durchgeführt. Bei diesen Durchsätzen läuft der Verdampfer 4 und die Elektrolysezelle 9 nicht mit maximaler Leistung, sondern beispielsweise mit 50% der maximalen Leistung. Unter der Leistung wird bekannter Weise die in einer Zeiteinheit erzeugte Menge eines Produktes (hier beispielsweise des Konzentrates) verstanden.

Beim System S1 ist die Systemkomponente zur Erzeugung elektrischer Energie das Blockheizkraftwerk 8. Der elektrische Energie erzeugende Prozess findet also im Blockheizkraftwerk 8 statt. Es gibt vier Systemkomponenten zur Herstellung von Produkten, nämlich den Verdampfer 4 (erzeugt im Normalbetrieb des Verfahrens das Konzentrat und das Kondensat), den Reaktor 7 (erzeugt im Normalbetrieb des Verfahrens das Eluat und Gase), die Elektrolysezelle 6 (erzeugt im Normalbetrieb des Verfahrens Ammoniak-Lösung und Phosphorsäure) und die Elektrolysezelle 9 (erzeugt im Normalbetrieb des Verfahrens Kalilauge und Phosphorsäure). Ammoniak-Lösung, Phosphorsäure und Kalilauge stellen Endprodukte dar. Die Kalilauge ist ferner ein speicherfähiges basisches Prozesshilfsmittel zur Hydrolyse der Gülle. Die in der Elektrolysezelle 6 erzeugte Phosphorsäure stellt ferner ein saures Prozesshilfsmittel dar. Das Konzentrat, das Kondensat und das Eluat sind speicherfähige Zwischenprodukte.

1.2 System S1 - Speicherbetrieb

Gemäß Fig. 3 wird im Speicherbetrieb im Stromnetz vorhandene überschüssige elektrische Energie (der Stromnetzbetreiber benötigt negative Regelenergie) vom Stromnetzbetreiber in das System S1 eingespeist.

Diese elektrische Energie wird dem Verdampfer 4 und der Elektrolysezelle 9 zugeleitet. Im Vergleich zum Normalbetrieb werden der Gülleeinsatz auf 60 kg OTS / h und die in den

Mischer 2 geleitete Menge an Kalilauge auf 12 kg/h verdoppelt. Die in der Elektrolysezelle 9 gebildete Menge an Kalilauge erhöht sich auf 20 kg/h. Die in der Elektrolysezelle 9 pro Stunde gebildete Menge an Phosphorsäure erhöht sich ebenfalls.

- 5 Im Vergleich zum Normalbetrieb wird im Verdampfer 4 nun die doppelte Menge an flüssigem Medium durchgesetzt. Von dem im Verdampfer 4 gebildeten Konzentrat werden 30 kg OTS / h in den Reaktor 7 und die weiteren 30 kg OTS /h in ein Konzentratlager 11 geleitet. Aus dem Eluatlager 10 wird mehr Eluat entnommen, als in dieses eingeleitet wird (stammt von den im Reaktor 7 verbleibenden, Rückständen, vermischt mit Wasser), wobei
 - 10 das entnommene Eluat zur Elektrolysezelle 9 und gegebenenfalls zum Mischer 2 geleitet wird. Überschüssige Kalilauge kann aus dem Kalilaugenlager 3 abgeleitet werden. Gegebenenfalls fließt das Eluat im Speicherbetrieb auch ausschließlich in die Elektrolysezelle 9.
- 15 Sobald der Stromnetzbetreiber keine negative Regelenergie mehr benötigt, geht das System wieder in den Normalbetrieb (Fig. 2) über.

Beim System S1 werden im Speicherbetrieb somit zwei der vier Systemkomponenten zur Herstellung von Produkten (der Verdampfer 4 und die Elektrolysezelle 9) mit zusätzlicher

20 Energie (negativer Regelenergie) versorgt.

1.3 System S1 - Abgabebetrieb

Fig. 4 zeigt das System S1 im Abgabebetrieb. Der Stromnetzbetreiber benötigt positive Regelenergie.

25

- Der Mischer 2, der Verdampfer 4 und die Elektrolysezellen 6 und 9 werden vorübergehend nicht betrieben. Die im Blockheizkraftwerk 8 gewonnene elektrische Energie wird dem Stromnetzbetreiber zugeleitet. Im Ausführungsbeispiel wird zur Energiegewinnung aus dem Konzentratlager 11 das während des Speicherbetriebes in diesem gesammelte

30 Konzentrat in den Reaktor 7 geleitet, in welchem aus dem Konzentrat Gase erzeugt werden, aus welchen im Blockheizkraftwerk 8 elektrische Energie gewonnen wird. Die elektrische

Energie wird dem Stromnetzbetreiber zugeleitet. Der im Reaktor 7 verbleibende Rückstand wird mit Wasser vermischt und ins Eluatlager 10 weitergeleitet.

Beim System S1 werden im beschriebenen Ausführungsbeispiel im Abgabebetrieb sämtliche Systemkomponenten zur Herstellung von Endprodukten stillgelegt (Elektrolysezelle 6 und 9). Die Systemkomponente zur Erzeugung elektrischer Energie (Blockheizkraftwerk 8) liefert die erzeugte elektrische Energie ins Stromnetz. Alternativ kann die Zuführung elektrischer Energie in die Systemkomponenten zur Herstellung von Produkten gedrosselt werden.

2. Beschreibung des Systems S2 (Fig. 5 bis Fig. 7)

2.1 System S2 – Normalbetrieb

Fig. 5 zeigt das System S2 im Normalbetrieb. Wie seitlich durch eine mit „analog System S1“ beschriftete Klammer angedeutet ist, stellt das System S2 eine Erweiterung bzw. eine besondere Ausgestaltung des Systems S1 dar, wobei das System S2 um einen zweiten Verdampfer 4', ein zweites Kondensatlager 5', eine zweite Elektrolysezelle 6', ein zweites Blockheizkraftwerk 8' und eine Biogasanlage 12 erweitert ist. Im Vergleich zum System S1 kann, wie auch im Ausführungsbeispiel gezeigt, vorteilhafter Weise auf das Konzentratlager 11 verzichtet werden.

Gülle wird aus dem Güllelager 1 in den Verdampfer 4' eingebracht, in welchem die Gülle erhitzt und aus dieser Wasser verdampft wird. Dabei wird die Gülle derart „eingedampft“, dass das im Verdampfer 4' zurückbleibende Güllekonzentrat einen Trockensubstanz-Gehalt von vorzugsweise 15% bis 25% aufweist. Der sich beim Eindampfen der Gülle bildende Brüden enthält vor allem Ammoniak und wird in das Kondensatlager 5' geleitet und in diesem kondensiert. Aus dem Kondensat werden in der Elektrolysezelle 6' Phosphorsäure (H_3PO_4), eine wässrige Ammoniaklösung ($\text{NH}_3 - \text{H}_2\text{O}$) und Wasserstoff gewonnen.

Das im Verdampfer 4' zurückbleibende Güllekonzentrat eignet sich – im Gegensatz zur ursprünglichen Gülle – bedingt durch seinen geringeren Wassergehalt und durch seinen geringeren Gehalt an Stickstoffverbindungen – als Ausgangsstoff für die Biogasanlage 12. Durch den geringeren Gehalt an Stickstoffverbindungen wird eine anderenfalls in der

Biogasanlage 12 auftretende Stickstoffhemmung der Bakterien vorteilhafterweise vermieden. Zusätzlich lässt sich mit dem Güllekonzentrat – im Vergleich zur ursprünglichen Gülle – eine höhere „Faulraumbelastung“ („Raumbelastung“) erreichen. Die Faulraumbelastung gibt bekannter Weise an, welche Mengen organischer Trockensubstanz der Biogasanlage maximal zugeführt werden können, ohne dass der zugrundeliegende biologische Prozess „umkippt“.

In der Biogasanlage 12 wird das Güllekonzentrat zu einem Biogas umgesetzt, welches in das Blockheizkraftwerk 8‘ geleitet wird. Das Blockheizkraftwerk 8‘ stellt die elektrische Energie für den Verdampfer 4‘ bereit.

Der in der Biogasanlage 12 zurückbleibende Gärrest (= zurückbleibender flüssiger und/oder fester Rückstand) enthält unter anderem wieder Ammoniak und/oder Ammonium, welcher bzw. welches durch den Abbau von Proteinen gebildet wurde. Die weitere Aufbereitung des Gärrestes erfolgt analog zur bereits beschriebenen Aufbereitung von Gülle im System S1. Der Gärrest wird also im nächsten Schritt in einen Mischer 2 weitergeleitet und in diesem mit einer Kalilauge und optional mit Eluat vermischt.

Ein Vorteil der Verwendung einer Biogasanlage liegt darin, dass bereits aus einem Teil des in der Gülle enthaltenen Ammoniaks ohne den Einsatz von Kalilauge eine werthaltige chemische Verbindung, nämlich in die aus der Zelle 6‘ ausgetragene, wässrige Ammoniaklösung ($\text{NH}_3 - \text{H}_2\text{O}$) gewonnen wird. Dies kann – je nach Anwendungsfall – im Hinblick auf die Energiebilanz vorteilhaft sein. Die erforderliche Menge an Kalilauge zur weiteren Aufbereitung des Gärrestes ist – im Vergleich zu direktem Einsatz der Gülle, wie beim System S1 vorgesehen (Fig. 2 bis Fig. 4) – geringer. Das System S2 ist vor allem dann günstig, wenn kontinuierlich größere Mengen an Gülle anfallen.

2.2 System S2 – Speicherbetrieb

Fig. 6 zeigt das System S2 im Speicherbetrieb. Vom Stromnetzbetreiber gelieferte, überschüssige elektrische Energie (negativ Regelenergie) wird dem der Biogasanlage 12 vorgeschalteten Verdampfer 4‘ zugeleitet, sodass im Vergleich zum Normalbetrieb mehr Güllekonzentrat, also ein Überschuss an Güllekonzentrat, gebildet wird. Das

Güllekonzentrat wird weiterhin in die Biogasanlage 12 gleitet, welche wie im Normalbetrieb (siehe Punkt 2.1) betrieben wird, sodass ein Überschuss an Güllekonzentrat in der Biogasanlage 12 verbleibt und in dieser derart in der Biogasanlage 12 gespeichert wird. Die Biogasanlage 12 übernimmt daher die Speicherfunktion und dient somit vorübergehend als Lager für das Güllekonzentrat.

2.3 System S2 – Abgabebetrieb

Fig. 7 zeigt das System S2 im Abgabebetrieb. Der der Biogasanlage 12 vorgeschaltete Verdampfer 4' wird stillgelegt. Das in der Biogasanlage 12 gespeicherte Güllekonzentrat wird zu Gasen umgesetzt, aus welchen im Blockheizkraft 8' elektrisch Energie erzeugt wird, die ins Stromnetz eingespeist wird. Der Gärrest wird wie im Normalbetrieb (siehe Punkt 2.1) und im Speicherbetrieb (siehe Punkt 2.2) umgesetzt.

3. Weitere Varianten

3.1 Varianten zu den in den Figuren gezeigten und beschriebenen Ausführungsbeispielen

3.1.1 Biologische Ausgangsmaterialien für den elektrische Energie verbrauchenden, zumindest ein Produkt erzeugenden Prozess

Das biologische Ausgangsmaterial ist insbesondere ein wasserhaltiger biogener Rohstoff oder ein biogener Reststoff (biogener Abfallstoff). Biogene Reststoffe sind dabei insbesondere organische Abfälle/Abwässer, der bei einer mechanisch-biologischen Abfallbehandlung anfallende biogene Anteil, land- und forstwirtschaftliche Nebenprodukte, biogene Produktionsreste, die bereits erwähnte Gülle, der bereits erwähnten Gärrest, Klärschlamm, Schlachtabfälle, Tiermehl, Waldrestholz, Reste aus der forst- und holzindustriellen Produktion und Landschaftspflegematerial, Abfälle aus Gärten, Parks und Friedhöfen, Bioabfällen, Exkrementen aus der Tierhaltung, Straßenbegleitgrün usw.

3.1.2 Varianten des Reaktors 7

Gemäß einer ersten bevorzugten Variante ist der Reaktor 7 ein Festbettreaktor. Das eingetragene Konzentrat wird auf ein im Reaktor befindliches Festbett (feste Schüttung oder Packung) aufgebracht. Nachfolgend wird das Festbett von einem heißen Gas

durchströmt. Aus dem Konzentrat bilden sich Gase, welche, wie bereits beschrieben, beispielsweise zu einem Blockheizkraftwerk geleitet werden. Die im Festbettreaktor zurückbleibende, feste, insbesondere pulverförmige, Phase wird beispielsweise über einen Drehrost oder dergleichen ausgetragen.

5

Gemäß einer zweiten bevorzugten Variante ist der Reaktor 7 ein Rührkessel, welcher entweder kontinuierlich oder diskontinuierlich betrieben wird und in welchem sich ein Wärmeübertragungsmedium befindet, welches beispielsweise als Pulver vorliegen kann oder ein Wärmeträgeröl, insbesondere ein Thermalöl, ist. Das in den Rührkessel eingetragene Konzentrat wird unter Atmosphärendruck auf insbesondere zirka 350°C und/oder unter geringen Überdrücken (ca. 1bar) auf vorzugsweise etwa 400°C erhitzt. Die im Rührkessel zurückbleibende, vom ursprünglich eingebrachten Konzentrat stammende, feste, insbesondere pulverförmige Phase wird durch Eluieren, Sedimentieren, Filtrieren oder dergleichen vom Wärmeübertragungsmedium abgetrennt und das Wärmeübertragungsmedium wird in den Rührkessel zurückgeführt. Das Wärmeüberträgermedium kann entweder im Rührkessel oder auch außerhalb des Rührkessels erhitzt werden.

10

15

3.1.2 Basische Prozesshilfsstoffe

20

Beim beschriebenen Ausführungsbeispiel bildet die Kalilauge einen basischen Prozesshilfsstoff, mittels welchem die im Ausgangsmaterial enthaltenen anorganischen und organischen Verbindungen einer stofflichen Verwertung zugänglich gemacht werden (Hydrolyse der organischen Verbindungen). Als Prozesshilfsstoff kommen insbesondere jeweils in Wasser gelöstes Natriumhydroxid, Natriumcarbonat, Natriumhydrogencarbonat, Lithiumhydroxid, Lithiumcarbonat, Lithiumhydrogencarbonat, Kaliumhydroxid, Kaliumcarbonat, Kaliumphosphat, Kaliumhydrogenphosphat, Kaliumdihydrogenphosphat, Dikaliumhydrogenphosphat oder ein Gemisch dieser Stoffe in Frage.

25

3.1.3 Saure Prozesshilfsstoffe

30

Auch die Phosphorsäure, welche zum Ansäuern des Kondensates verwendet wird, bildet einen Prozesshilfsstoff. Anstelle von Phosphorsäure kann eine andere geeignete anorganische Säure, insbesondere Schwefelsäure, eingesetzt werden. Diese wird, wie für

die Phosphorsäure beschrieben, in der Elektrolysezelle 6 erzeugt. Anstelle der Phosphate werden beim Einsatz von Schwefelsäure entsprechende Sulfate gebildet. Wie bereits erläutert, bilden sich Ammonium (NH_4^+) bzw. sich auflösende Ammoniumsalze, welche einer elektrochemischen Reaktion zugänglich sind.

5

3.1.4 Einsatz einer Waschkolonne zur Gaswäsche

Der im Verdampfer 4, 4' gebildete, Stickstoffverbindungen enthaltende Brüden kann aus dem Verdampfer 4, 4' unmittelbar in eine Waschkolonne geleitet und in dieser mit einer der erwähnten Säuren versetzt werden. Es bildet sich ein entsprechendes Kondensat, wie unter
10 Punkt 1.1 und Punkt 3.1.3 erläutert. Das Kondensat wird, wie beschreiben, in das Kondensatlager 5, 5' geleitet oder es wird insbesondere in einen Vorfluter geleitet, aus welchem es in die Elektrolysezelle 6, 6' weiterfließt.

3.1.5 Einsatz eines Ionentauschers

15 Der im Verdampfer 4 gebildete, Stickstoffverbindungen enthaltende Brüden kann auch über einen Ionentauscher geleitet werden, welcher mit einer der erwähnten Säuren regeneriert wird, wobei die Säure aus der Elektrolysezelle 6, 6' stammt. Im Ionentauscher bilden sich entsprechende Sulfate bzw. Phosphate. Je nach Ausgestaltung kann auf das Kondensatlager 5, 5' verzichtet werden.

20

3.2 Beispiele für mögliche elektrische Energie verbrauchende, zumindest ein Produkt erzeugende Prozesse

Der elektrische Energie verbrauchende Prozess erzeugt insbesondere zumindest ein lagerfähiges Produkt. Besonders günstig sind dabei energieintensive Prozesse, welche
25 große Mengen elektrischer Energie benötigen und – bezogen auf das Volumen an erzeugtem Produkt – möglichst wenig Produkt erzeugen, denn mit solchen Prozessen lassen sich hohe „Pseudo-Energiespeicherdichten“ erzielen (vergleiche Punkt 4).

Besonders geeignete Prozesse sind Elektrolyseverfahren, insbesondere elektrochemische
30 Membranverfahren, Metallgewinnungselektrolysen, die elektrochemische Reinigung von Metallen, die unter den Begriff der „Galvanotechnik“ fallenden Verfahren (beispielsweise

elektrochemische Metallabscheidung oder elektrochemische Metallbearbeitung), organische Elektrosynthesen und Wasserelektrolysen.

- Die aus diesen elektrische Energie verbrauchenden Prozessen hervorgehenden „Produkte“ bilden „Pseudo-Energiespeicher“. Der Ausdruck Pseudo-Energiespeicher soll verdeutlichen, dass keine elektrische Energie an sich gespeichert wird, die Energie ist jedoch nach erfolgter Arbeit im jeweils gebildeten Produkt „vergegenständlicht“ bzw. als äquivalent vorhanden (siehe auch Punkt 4). Beim gegenständlichen ersten Ausführungsbeispiel (System S1) bilden das aus dem Verdampfer 4 hervorgehende Konzentrat und die in der Elektrolysezelle 9 erzeugte Kalilauge sowie die in dieser erzeugte Phosphorsäure Pseudo-Energiespeicher.

4. Berechnungen zur „Pseudo-Energiespeicherdichte“

- Die nachfolgenden exemplarischen und näherungsweisen Berechnungen dienen lediglich zur Veranschaulichung. Das erfindungsgemäße Verfahren wird mit einem konventionellen Pumpspeicherkraftwerk im Hinblick auf seine „Pseudo-Energiespeicherdichte“ verglichen.

4.1 Pumpspeicherkraftwerk

- Die potentielle Energie eines Pumpspeicherkraftwerks lässt sich gemäß folgender Gleichung berechnen:

$$E_{\text{pot}} = m \cdot g \cdot h \quad \text{Gleichung 1}$$

E_{pot} potentieller Energie

- 25 m [kg] Masse des hochgepumpten Wassers

g [m/s²] Erdbeschleunigung, $g \sim 9,81 \text{ m/s}^2$

h [m] Höhe über dem Boden (Höhenunterschied zwischen dem Tiefbecken und dem Speicherbecken)

- 30 Für die Berechnung werden folgende Annahmen getroffen:

- Der Höhenunterschied h beträgt 100 m.

- Der Gesamtwirkungsgrad des Pumpspeicherkraftwerkes beträgt 80% bzw. 0,8.

Aus Gleichung 1 folgt:

$$E_{\text{pot}} = 1000 \text{ kg} * 9,81 \frac{\text{m}}{\text{s}^2} * 100 \text{ m} = 981.000 \frac{\text{kg} * \text{m}^2}{\text{s}^2} = 981.000 \text{ J} = 981.000 \text{ W} * \text{s} = 981 \text{ kW} * \text{s}$$

$$= 0,27 \text{ kW} * \text{h} \quad \text{Ergebnis 1}$$

Um zur „realen“ Pseudo-Energiespeicherdichte zu gelangen, wird noch der Gesamtwirkungsgrad des Pumpspeicherkraftwerkes sowie der Lagerbedarf vom „Edukt“ (Wasser im Tiefbecken) und vom „Produkt“ (Wasser im Speicherbecken) berücksichtigt.

- 10 Der Lagerbedarf beträgt 2m^3 , da das Wasser zunächst einen 1m^3 im Tiefbecken und anschließend 1m^3 im Speicherbecken einnimmt. Es gilt daher:

$$E_{\text{pot, real}} = 0,8 * \frac{E_{\text{pot}}}{2\text{m}^3} = 0,8 * \frac{0,27 \text{ kW} * \text{h}}{2\text{m}^3} = \mathbf{0,11 \frac{\text{kW} * \text{h}}{\text{m}^3}} \quad \text{Gleichung 2 \& Endergebnis 1}$$

- 15 Mittels des Pumpspeicherkraftwerkes lassen sich im Beispiel daher pro Kubikmeter Wasser $0,11 \text{ kWh}$ „pseudospeichern“. Diese Menge an elektrischem Energieäquivalent ist in jedem Kubikmeter hochgepumpten Wasser vorhanden, welches somit den Pseudo-Energiespeicher bildet.

20 4.2 Erfindungsgemäßes Verfahren – System S1

Beim System S1 wird die Überschussenergie (negative Regelenergie) dem Verdampfer 4 und der Elektrolysezelle 9 zugeleitet. Wie bereits erwähnt, bilden das im Verdampfer 4 gebildete Konzentrat sowie die in der Elektrolysezelle 9 erzeugte Kalilauge und die in dieser erzeugte Phosphorsäure die Pseudo-Energiespeicher (siehe 3.2). Nachfolgend

25 werden Berechnungen zur Pseudo-Energiespeicherdichte des Konzentrates und der Phosphorsäure durchgeführt. Bei den Berechnungen zum Pumpspeicherkraftwerk wurde der Aspekt des Lagerbedarfs des Wassers bereits in Gleichung 1 durch die Wasserdichte berücksichtigt. Bei den Berechnungen zum gegenständlichen Verfahren wird der Aspekt des Lagerbedarfs erst am Ende berücksichtigt.

30

4.2.1 Zum Pseudo-Energiespeicher Konzentrat

Es werden Berechnungen für 1m³ Gülle durchgeführt. Die Pseudo-Energiespeicherdichte des Konzentrates lässt sich dabei aus der elektrischen Energie (Arbeit) berechnen, welche der Verdampfer 4 zur Bildung des Konzentrates benötigt.

5 Für die Berechnung werden folgende Annahmen getroffen:

- Die Gülle weist einen Trockensubstanzgehalt von 5% auf. Sie besteht daher zu 95% aus Wasser und zu 5% aus Trockensubstanz.
- Das Eindampfen der Gülle erfolgt in einem Verdampfer mit mechanischem Brüdenverdichter, wobei die Kondensation des Dampfes bei einer Temperatur von 90°C erfolgt.
- Im Verdampfer 4 werden aus 1m³ Gülle 500 kg Wasser entfernt.
- Die zugeführte Menge an Prozesshilfsstoff wird vernachlässigt.
- Der Wirkungsgrad des Verdampfers mit Brüdenverdichter beträgt 50% bzw. 0,5.
- Auf das Kondensatlager wird verzichtet.

15

Der Verdampfer mit Brüdenverdichter stellt bekannter Weise eine Form einer Wärmepumpe dar, deren maximaler Leistungskoeffizienten η_{WP} gemäß Gleichung 3 berechnet werden kann.

20
$$\eta_{WP} = \frac{Q}{w} = \frac{T_{hoch}}{T_{hoch} - T_{niedrig}} \quad \text{Gleichung 3}$$

η_{WP} maximaler Leistungskoeffizient

Q Energie, erforderliche zur Verdampfung
(„zugeführte Wärme“, „ins Wärmereservoir gepumpte Wärme“)

w Arbeit, die die Wärmepumpe (=Verdampfer mit Brüdenverdichter) leistet

25

Die zu berechnende Arbeit, die der Verdampfer 4 zur Bildung des Konzentrates leistet, ergibt sich durch Umformen der Gleichung 3, wobei mit einem realen Leistungskoeffizienten gerechnet wird:

$$w = \frac{Q}{\eta_{WP,real}} \quad \text{Gleichung 3.1}$$

30 $\eta_{WP, real}$ realer Leistungskoeffizient

Q und $\eta_{WP, real}$ sind daher zu berechnen.

Die zur Verdampfung erforderliche Energie (Wärme, Q) lässt sich gemäß folgender

5 Gleichung berechnen (konstanter Druck):

$$Q = m_{Wasser} * \Delta H_V \quad \text{Gleichung 4}$$

Q Energie, erforderliche zur Verdampfung

m_{Wasser} Verdampfte Menge an Wasser [kg]

ΔH_V Verdampfungsenthalpie von Wasser = 2256 kJ/kg

10

Aus Gleichung 4 folgt für 1m³ Gülle zur Verdampfung von 500kg Wasser:

$$Q = 500 \text{ kg} * 2256 \frac{\text{kJ}}{\text{kg}} = 1.128.000 \text{ kJ} = 1.128.000.000 \text{ J} = 1.128.000.000 \text{ W*s} =$$

$$1.128.000 \text{ kW*s} = 313 \text{ kW*h} \quad \text{Ergebnis 2}$$

15 Der reale Leistungskoeffizient $\eta_{WP, real}$ lässt sich aus dem maximaler Leistungskoeffizienten η_{WP} unter Berücksichtigung des angegebenen Wirkungsgrades berechnen:

$$\eta_{WP, real} = \eta_{WP} * 0,5 \quad \text{Gleichung 5}$$

$\eta_{WP, real}$ realer Leistungskoeffizient

η_{WP} maximaler Leistungskoeffizient

20

Zur Berechnung des maximalen Leistungskoeffizienten η_{WP} wird Gleichung 3

herangezogen. Bei Atmosphärendruck verdampft Wasser bekanntermaßen bei 100°C (=373 Kelvin). Die Kondensation erfolgt bei 90°C (=363 Kelvin), siehe getroffene Annahmen. Es gilt:

$$25 \quad \eta_{WP} = \frac{T_{hoch}}{T_{hoch} - T_{niedrig}} = \frac{373}{373 - 363} = 37,3 \quad \text{Ergebnis 3}$$

Durch Einsetzen von Ergebnis 3 in Gleichung 5 ergibt sich:

$$\eta_{WP, real} = \eta_{WP} * 0,5 = 37,3 * 0,5 = 18,65 \quad \text{Ergebnis 4}$$

30 Durch Einsetzen von Ergebnis 2 und 4 in Gleichung 3.1 ergibt sich

$$W = \frac{Q}{\eta_{WP, real}} = \frac{313 \text{ kW*h}}{18,65} = 16,8 \text{ kW*h} \quad \text{Ergebnis 5}$$

Unter Verwendung des Verdampfers mit Brüdenverdichter sind somit 16,8 kW*h Strom (elektrische Energie) erforderlich, um aus 1m³ Gülle das Konzentrat zu gewinnen. Diese Menge an elektrischer Energie (Strom) ist dann im erhaltenen Konzentrat äquivalent
5 vergegenständlicht, welches somit einen Pseudo-Energiespeicher bildet.

Um nun zur Pseudo-Energiespeicherdichte zu gelangen, ist das zur Lagerung erforderliche Volumen zu berücksichtigen. Das Ausgangsmaterial, nämlich 1m³Gülle, benötigt ein Volumen von 1m³. Das Konzentrat benötigt 0,5 m³ (1m³Gülle – 500kg verdampftes
10 Wasser). Der Lagerbedarf liegt daher bei 1,5 m³.

Aus Ergebnis 5 und dem Lagerbedarf ergibt sich die Pseudo-Energiespeicherdichte:

$$\frac{16,8 \text{ kW} \cdot \text{h}}{1,5 \text{ m}^3} = \mathbf{11,2 \frac{\text{kW} \cdot \text{h}}{\text{m}^3}} \quad \text{Endergebnis 2}$$

15 4.2.2 Zum Pseudo-Energiespeicher Kalilauge und Phosphorsäure

Nachfolgend werden Berechnungen zur erforderlichen Strommenge für die in der Elektrolysezelle 9 stattfindende Elektrolyse durchgeführt. Kalilauge und Phosphorsäure werden gebildet.

20 Die Elektrolysezelle 9 ist mit einer für Kalium-Kationen (K⁺) durchlässigen Membran in zwei Halbzellen – einen Anodenraum und einen Kathodenraum – geteilt. Durch Anlegen von Gleichstrom/Gleichspannung wandern die Kalium-Kationen (K⁺) durch die Membran in den Kathodenraum und bilden an der Kathode Wasserstoff (H₂) und Kaliumhydroxid (KOH), wodurch Kalilauge gebildet wird. Die Phosphat-Anionen (PO₄³⁻) wandern in den
25 Anodenraum und bilden an der Anode Phosphorsäure, Sauerstoff und Kohlenstoffdioxid.

Für die Berechnung werden folgende Annahmen getroffen:

- Der pH Wert des Eluates beträgt 12. Bei diesem pH-Wert liegen die Phosphat-Anionen der Kaliumphosphate als PO₄³⁻ vor, sodass sich die nachfolgenden
30 Berechnungen auf PO₄³⁻ beziehen.

- Die Spannungsdifferenz bei der Elektrolyse beträgt 5V. Diese Spannung liegt oberhalb der Zersetzungsspannung.

An den Elektroden der Elektrolysezelle 9 reagieren letztendlich nur Protonen (H^+) und Hydroxid-Ionen (OH^-), da diese im elektrischen Feld vermeintlich schneller „wandern“ als die anderen Ionen (Grotthuß-Mechanismus).

Pro Mol Kaliumphosphat (K_3PO_4), also pro Mol Phosphat-Anionen (PO_4^{3-}), werden drei Mol Elektronen übertragen. Gleichzeitig werden drei Mol Elektronen auf die Protonen (H^+) übertragen. Die für die Umsetzung von einem Mol Kaliumphosphat erforderliche Ladungsmenge Q ergibt sich aus:

$$q = 3 \text{ mol} * F = 3 \text{ mol} * 96.485,33 \text{ C/mol} = 289.455 \text{ C} = 289.455 \text{ As} \quad \text{Gleichung 6 \& Ergebnis 6}$$

q Ladungsmenge
 F Faraday-Konstante (=elektrische Ladung eines Mols eines einfach geladenen Ions),
 $F = 96.485,33 \text{ C/mol}$

Es gilt ferner:

$W_{\text{elektr}} = U * q$ Gleichung 7
 W_{elektr} elektrische Arbeit bei der Verschiebung der Ladung q zwischen zwei Punkten, zwischen welchen die Spannung U besteht
 U Spannung(sdifferenz)
 q Ladungsmenge

Durch Einsetzen von Ergebnis 6 in Gleichung 7 ergibt sich:

$$W_{\text{elektr}} = 5V * 289.455 \text{ As} = 1.447.275 \text{ VAs} = 1.447.275 \text{ Ws} = 0,402 \text{ kWh} \quad \text{Ergebnis 7}$$

Zur Umsetzung von einem Mol Kaliumphosphat (K_3PO_4) werden daher 0,402 kWh benötigt (d.h. 0,402 kWh/mol). Das bedeutet, dass zur Umsetzung von einem Kilogramm Kaliumphosphat (Molmasse = 0,21228 kg/mol)

$$\frac{0,402 \text{ kWh}}{\text{mol}} * \frac{1 \text{ mol}}{0,21228 \text{ kg}} = 1,894 \frac{\text{kWh}}{\text{kg}} \quad (\text{Ergebnis 8})$$

erforderlich sind.

Es wird angenommen, dass die vorliegende Elektrolytlösung (Eluat) eine 50% Kaliumphosphatlösung ist. Eine solche weist eine Dichte von etwa 1.500 kg/m^3 auf. Zur Umsetzung von 1 m^3 Kaliumphosphatlösung sind daher

$$1,894 \frac{\text{kW} \cdot \text{h}}{\text{kg}} \cdot 1.500 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3} = 2.841 \frac{\text{kW} \cdot \text{h}}{\text{m}^3} \quad (\text{Ergebnis 9})$$

erforderlich.

Um nun zur Pseudo-Energiespeicherdichte zu gelangen, ist das zur Lagerung erforderliche Volumen zu berücksichtigen. Das Ausgangsmaterial, nämlich der 1 m^3 Elektrolytlösung, benötigt ein Volumen von 1 m^3 . Die gebildete Kalilauge und die gebildete Phosphorsäure nehmen gemeinsam auch ca. 1 m^3 ein, sodass der Lagerbedarf bei etwa $2,0 \text{ m}^3$ liegt.

Aus Ergebnis 9 und dem Lagerbedarf ergibt sich die Pseudo-Energiespeicherdichte:

$$15 \quad \frac{2841 \text{ kW} \cdot \text{h}}{2,0 \text{ m}^3} = \mathbf{1.420,5 \frac{\text{kW} \cdot \text{h}}{\text{m}^3}} \quad \text{Endergebnis 3}$$

Die exemplarischen Berechnungen zeigen deutlich, dass sich mittels des erfindungsgemäßen Systems bzw. des erfindungsgemäßen Verfahrens deutlich höhere Pseudo-Energiespeicherdichten als mit den bisher bekannten konventionellen Methoden, beispielsweise einem Pumpspeicherkraftwerk, erreichen lassen.

5 **Bezugsziffernliste**

10	1	Güllelager
	2	Mischer
	3	Kalilaugenlager
	4, 4'	Verdampfer
	5, 5'	Kondensatlager
15	6, 6'	Elektrolysezelle
	7	Reaktor
	8, 8'	Blockheizkraftwerk
	9	Elektrolysezelle
	10	Eluatlager
20	11	Konzentratlager
	12	Biogasanlage
	S1 bis S5	System

5 Patentansprüche

- 10 1. Verfahren zum Energiemanagement unter Beteiligung von
- zumindest einem Stromnetz,
 - zumindest einem elektrische Energie verbrauchenden Prozess zur Herstellung zumindest eines Produktes und
 - zumindest einem elektrische Energie erzeugenden Prozess,
- 15 wobei das Verfahren in Abhängigkeit des Regelenergiebedarfes in einem der folgenden Betriebszustände betrieben wird:
- a) bei keinem Regelenergiebedarf in einem Normalbetrieb, bei welchem der elektrische Energie verbrauchende Prozess mit der Energie des elektrische Energie erzeugenden Prozesses zumindest ein Produkt herstellt,
 - 20 b) bei Bedarf an negativer Regelenergie in einem Speicherbetrieb, bei welchem aus dem Stromnetz zusätzliche elektrische Energie in den elektrische Energie verbrauchenden Prozesse eingespeist und derart gegenüber dem Normalbetrieb ein Überschuss an Produkt hergestellt und dieser gespeichert wird und
 - 25 c) bei Bedarf an positiver Regelenergie in einem Abgabebetrieb, bei welchem der energieverbrauchende Prozess stillgelegt oder gedrosselt und die elektrische Energie des elektrische Energie erzeugenden Prozesses ins Stromnetz eingespeist wird.
- 30 2. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass das Produkt bzw. die Produkte, welches bzw. welche mit dem elektrische Energie verbrauchenden Prozess hergestellt wird bzw. werden, flüssig oder gasförmig ist bzw. sind.

3. Verfahren nach Anspruch 1 oder 2, dadurch gekennzeichnet, dass mit dem elektrischen Energie verbrauchenden Prozess ein Produkt bzw. Produkte hergestellt wird bzw. werden, welches bzw. welche ohne weiteren Energieaufwand, wie beispielsweise Kühlung, auf stabile Weise lagerbar ist bzw. sind.
5
4. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 3, dadurch gekennzeichnet, dass der elektrische Energie verbrauchende Prozess ein Elektrolyseverfahren, insbesondere ein elektrochemisches Membranverfahren, eine Metallgewinnungselektrolyse, eine elektrochemische Reinigung von Metallen, ein unter den Begriff der Galvanotechnik fallendes Verfahren, eine organische Elektrosynthese oder eine Wasserelektrolyse ist.
10
5. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 4, dadurch gekennzeichnet, dass der elektrische Energie verbrauchende Prozess eine Verdampfung von Wasser aus Wasser enthaltenden Ausgangsmaterialien ist.
15
6. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 5, dadurch gekennzeichnet, dass mittels des elektrischen Energie verbrauchenden Prozesses zumindest ein Produkt hergestellt wird, welches zumindest teilweise als Ausgangsmaterial für den elektrischen Energie erzeugenden Prozess eingesetzt wird.
20
7. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 6, dadurch gekennzeichnet, dass für den elektrischen Energie verbrauchenden Prozess zumindest ein wasserhaltiges biologisches Ausgangsmaterial, insbesondere ein biogener Rohstoff oder ein biogener Reststoff, eingesetzt wird, wobei vorzugsweise als biogener Reststoff organische Abfälle bzw. Abwässer, der bei einer mechanisch-biologischen Abfallbehandlung anfallende biogene Anteil, land- und forstwirtschaftliche Nebenprodukte, biogene Produktionsreste, Gülle, Gärreste aus einer Biogasanlage, Klärschlamm, Schlachtabfälle, Tiermehl, Waldrestholz, Reste aus der forst- und holzindustriellen Produktion, Landschaftspflegematerial, Abfälle
25
30

aus Gärten, Parks und Friedhöfen, Bioabfällen, Exkrementen aus der Tierhaltung und/oder Straßenbegleitgrün eingesetzt wird bzw. werden.

- 5 8. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 7, dadurch gekennzeichnet, dass mehrere elektrische Energie verbrauchende Prozesse, insbesondere zumindest eine Verdampfung und zumindest ein Elektrolyseverfahren, vorzugsweise ein elektrochemisches Membranverfahren, beteiligt sind.
- 10 9. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 8, dadurch gekennzeichnet, dass das beteiligte Stromnetz ein Verbundnetz ist.
- 15 10. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 9, dadurch gekennzeichnet, dass der elektrische Energie verbrauchende Prozess im Normalbetrieb kontinuierlich abläuft.
- 20 11. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 10, dadurch gekennzeichnet, dass die elektrische Energie verbrauchenden Prozesse folgende nacheinander ablaufende Schritte umfassen:
 - i. Vermischen einer organischen Verbindung und Wasser enthaltenden, biologischen Ausgangsmaterials mit einem alkalischen, in Wasser gelöstem Hydrolysemittel zur Bildung eines hydrolysierten Mediums,
 - ii. Erhitzen und Eindampfen des hydrolysierten Mediums zur Bildung eines Brüdens und eines Konzentrates,
 - 25 iii. a) im Normalbetrieb: Einsatz des Konzentrates zur Erzeugung von elektrischer Energie mittels des elektrischen Energie erzeugenden Prozesses,
 - b) im Speicherbetrieb: Einsatz einer Teilmenge des Konzentrates zur Erzeugung elektrischer Energie mittels des elektrischen Energie erzeugenden Prozesses sowie Speicherung des weiteren Konzentrates,
 - 30 c) im Abgabebetrieb: Einsatz des im Speicherbetrieb gespeicherten Konzentrates zur Erzeugung elektrischer Energie mittels des elektrischen Energie erzeugenden Prozesses.

12. Verfahren nach Anspruch 11, dadurch gekennzeichnet, dass das in Schritt i.
eingesetzte Hydrolysemittel zumindest eines aus der Gruppe Natriumhydroxid,
Natriumcarbonat, Natriumhydrogencarbonat, Lithiumhydroxid,
5 Lithiumcarbonat, Lithiumhydrogencarbonat, Kaliumhydroxid, Kaliumcarbonat,
Kaliumphosphat, Kaliumhydrogenphosphat, Kaliumdihydrogenphosphat oder
Dikaliumhydrogenphosphat ist.
13. Verfahren nach Anspruch 11 oder 12, dadurch gekennzeichnet, dass der in
10 Schritt ii. anfallende Brüden kondensiert und unter Zusatz zumindest eines
sauren Prozesshilfsstoffes in zumindest einer Elektrolysezelle (6) zu einer
Ammoniak-Lösung umgesetzt wird.
14. Verfahren nach einem der Ansprüche 11 bis 13, dadurch gekennzeichnet, dass in
15 Schritt iii. das Konzentrat zur Erzeugung elektrischer Energie in einem
Reaktor (7) auf bis zu 700°C erhitzt und die entstehenden Gase in einem
Blockheizkraftwerk umgesetzt werden.
15. Verfahren nach Anspruch 14, dadurch gekennzeichnet, dass der in Schritt iii. im
20 Reaktor zurückbleibende Rückstand zur Bildung eines Eluates mit Wasser
vermischt wird, wobei aus zumindest einem Teil des Eluates nach Abscheidung
der Asche in einer Elektrolysezelle ein für Schritt i. geeignetes Hydrolysemittel
gebildet wird.
- 25 16. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 10, dadurch gekennzeichnet, dass die
elektrische Energie verbrauchenden Prozesse folgende nacheinander ablaufende
Schritte umfassen:
- I. Eindampfen eines organische Verbindungen und Wasser enthaltenden,
biologischen Ausgangsmaterials unter Bildung eines Brüdens und eines
30 Konzentrates,

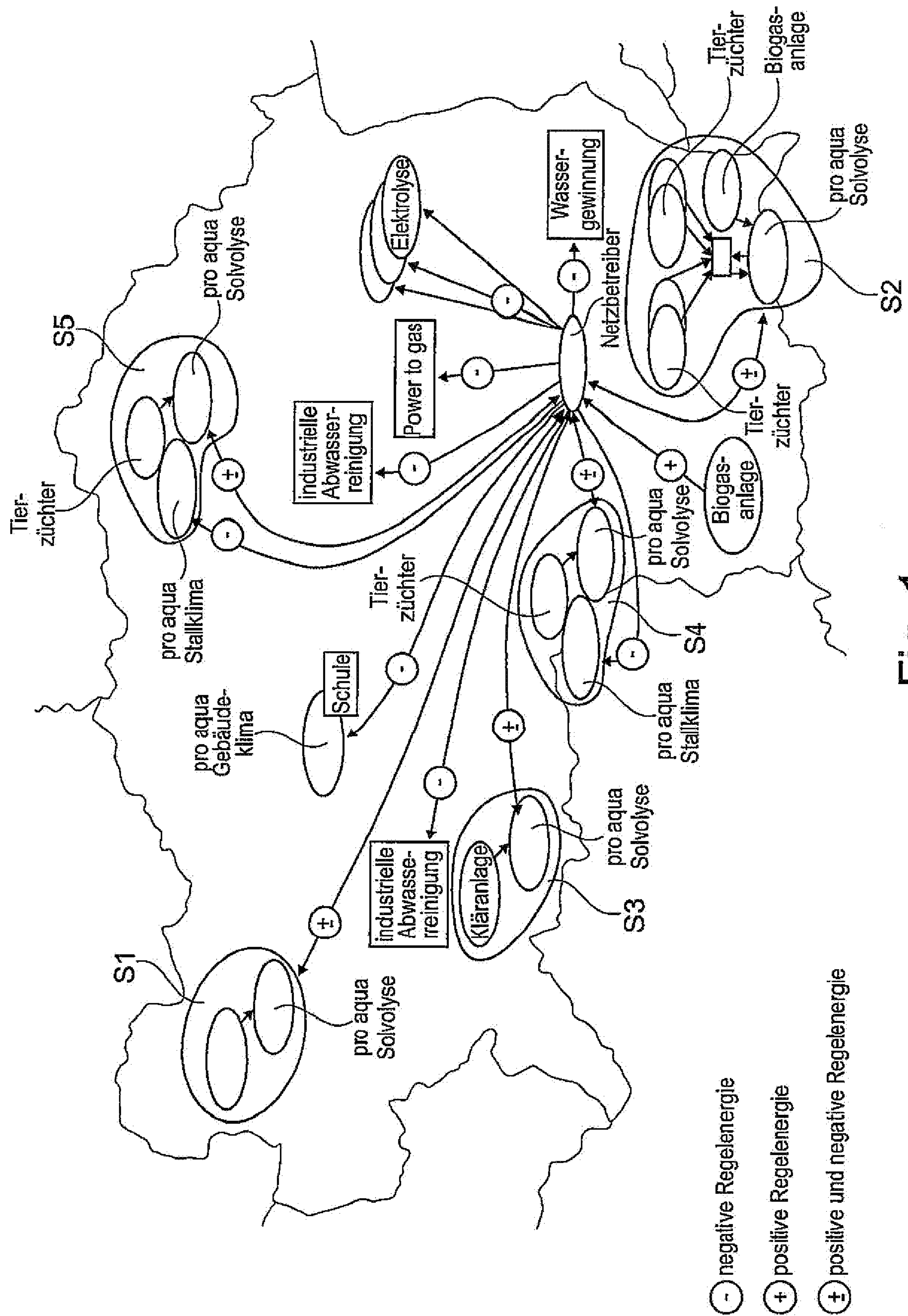
- II. a) im Normalbetrieb: Umsetzen des Konzentrates in einer Biogasanlage (12), wobei ein Gärrest gebildet und dieser aus der Biogasanlage (12) ausgetragen wird,
- b) im Speicherbetrieb: Einspeisen von elektrischer Energie in Schritt I, sodass ein Überschuss an Konzentrat gebildet wird, welcher nachfolgend in der Biogasanlage (12) gespeichert wird,
- c) im Abgabebetrieb: Bildung von Biogas aus dem im Speicherbetrieb gespeicherten Konzentrat und Erzeugung elektrischer Energie aus dem Biogas.

17. System zum Energiemanagement umfassend

- zumindest ein Stromnetz,
- zumindest eine erste Systemkomponente (8, 8') zur Erzeugung elektrischer Energie,
- zumindest eine zweite Systemkomponente (4, 4', 6, 6', 9) zur Herstellung zumindest eines Produktes mittels elektrischer Energie der ersten Systemkomponente (8, 8'),
- zumindest ein Lager (3, 5, 10, 11), zur Speicherung von Produktüberschuss und
- eine elektronische Regelung, welche bei negativer Regelenergie aus dem Stromnetz elektrische Energie in die zweite Systemkomponente (4, 4', 6, 6', 9) einspeist und bei positiver Regelenergie die Zuführung von elektrischer Energie aus der ersten Systemkomponente (8, 8') in die zweite Systemkomponente (4, 4', 6, 6', 9) drosselt oder abstellt und die in der ersten Systemkomponente (8, 8') erzeugte elektrische Energie zumindest zum Teil ins Stromnetz einspeist.

18. System nach Anspruch 17, dadurch gekennzeichnet, dass es eine Vielzahl von ersten Systemkomponenten (8, 8') und/oder eine Vielzahl von zweiten Systemkomponenten (4, 4', 6, 6', 9) umfasst.

19. System nach Anspruch 17 oder 18, dadurch gekennzeichnet, dass eine erste Systemkomponente (8, 8') ein Blockheizkraftwerk (8, 8') ist.
20. System nach einem der Ansprüche 17 bis 19, dadurch gekennzeichnet, dass eine oder mehrere zweite Systemkomponente(n) (4, 4', 6, 6', 9) vorgesehen ist bzw. sind, welche ein Verdampfer (4, 4'), eine Elektrolysezelle (6, 6', 9) und/oder eine Biogasanlage (12) ist bzw. sind.
- 5



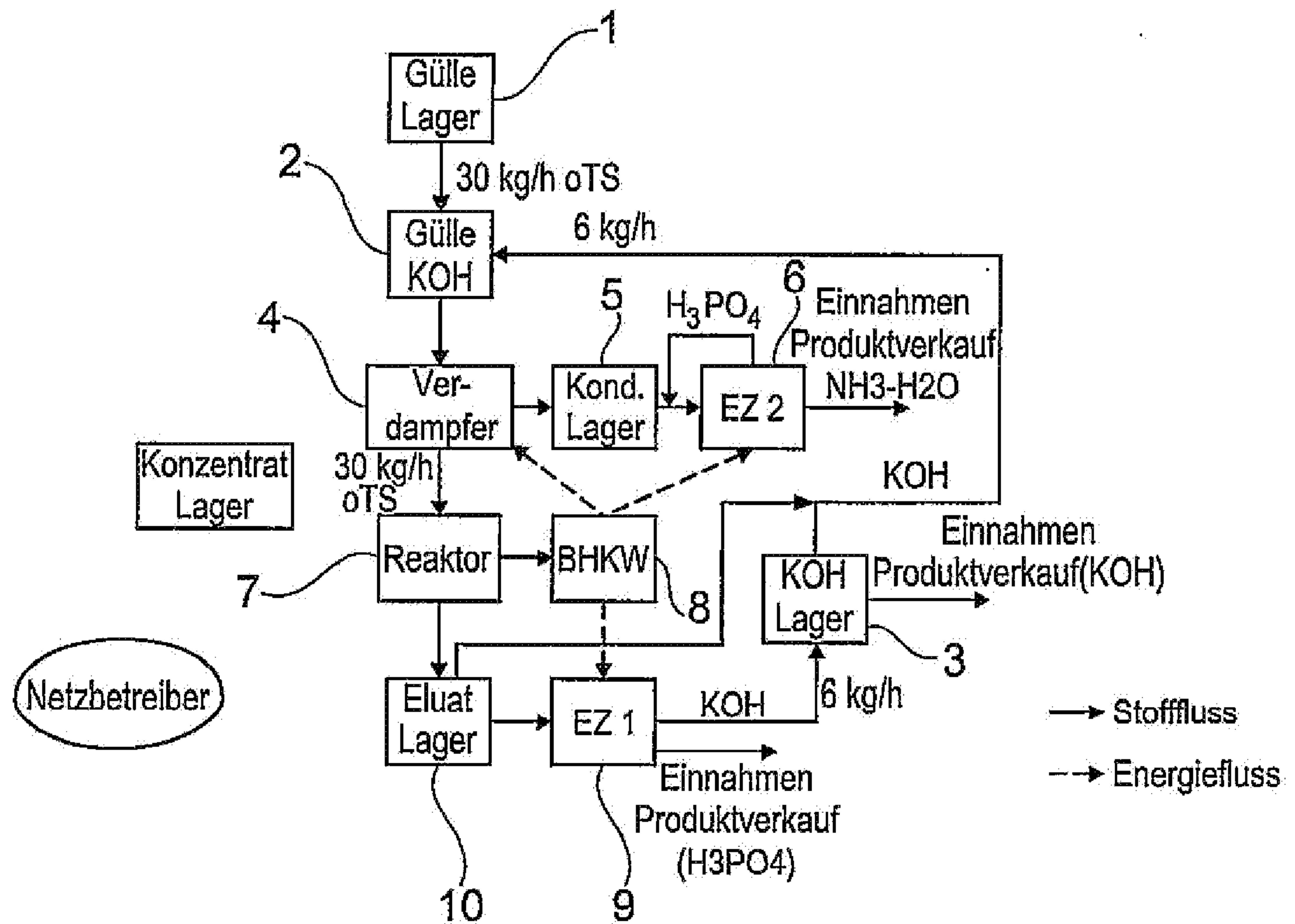


Fig. 2: System S1 (Normalbetrieb)

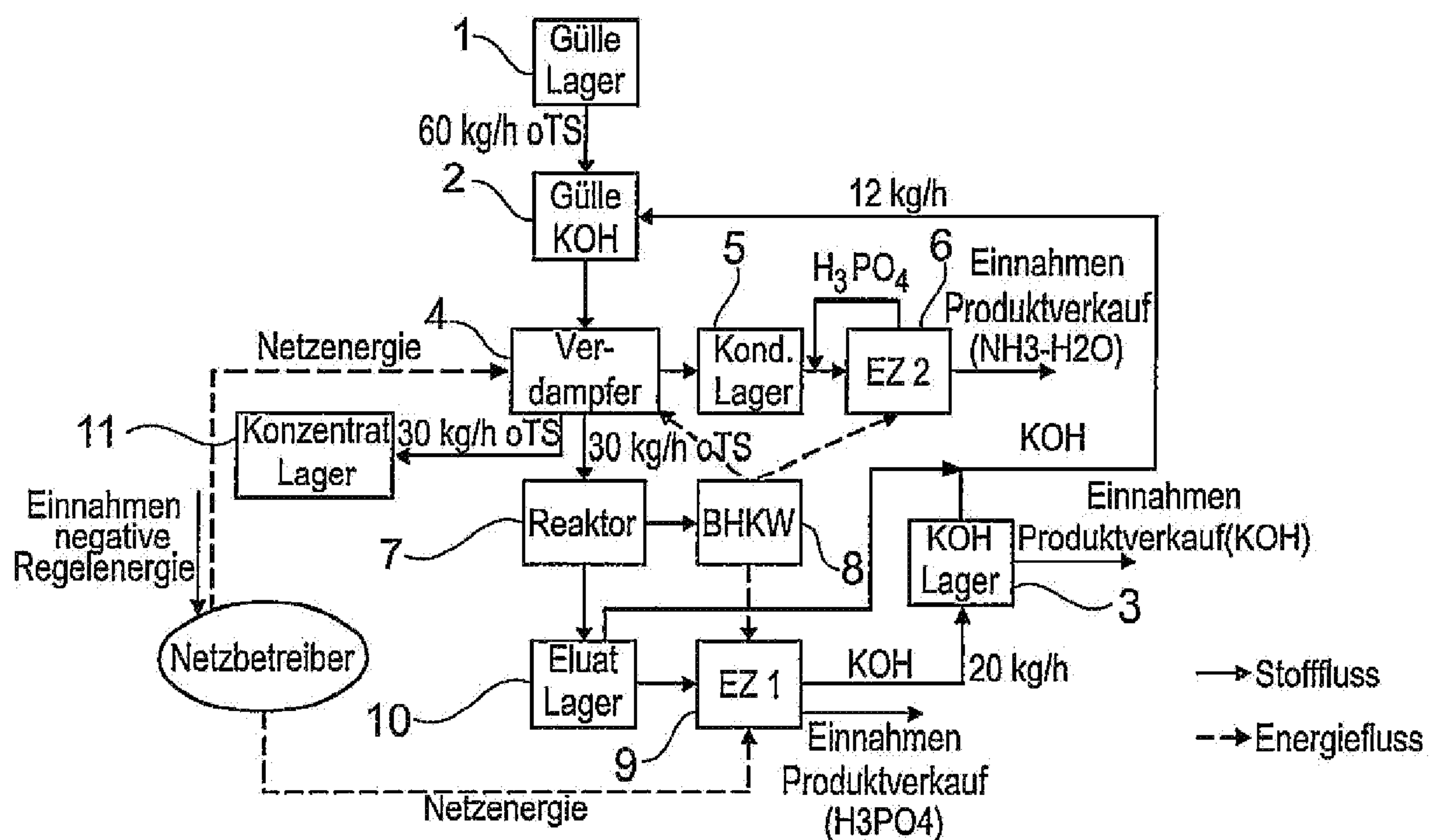


Fig. 3: System S1 (Speicherbetrieb)

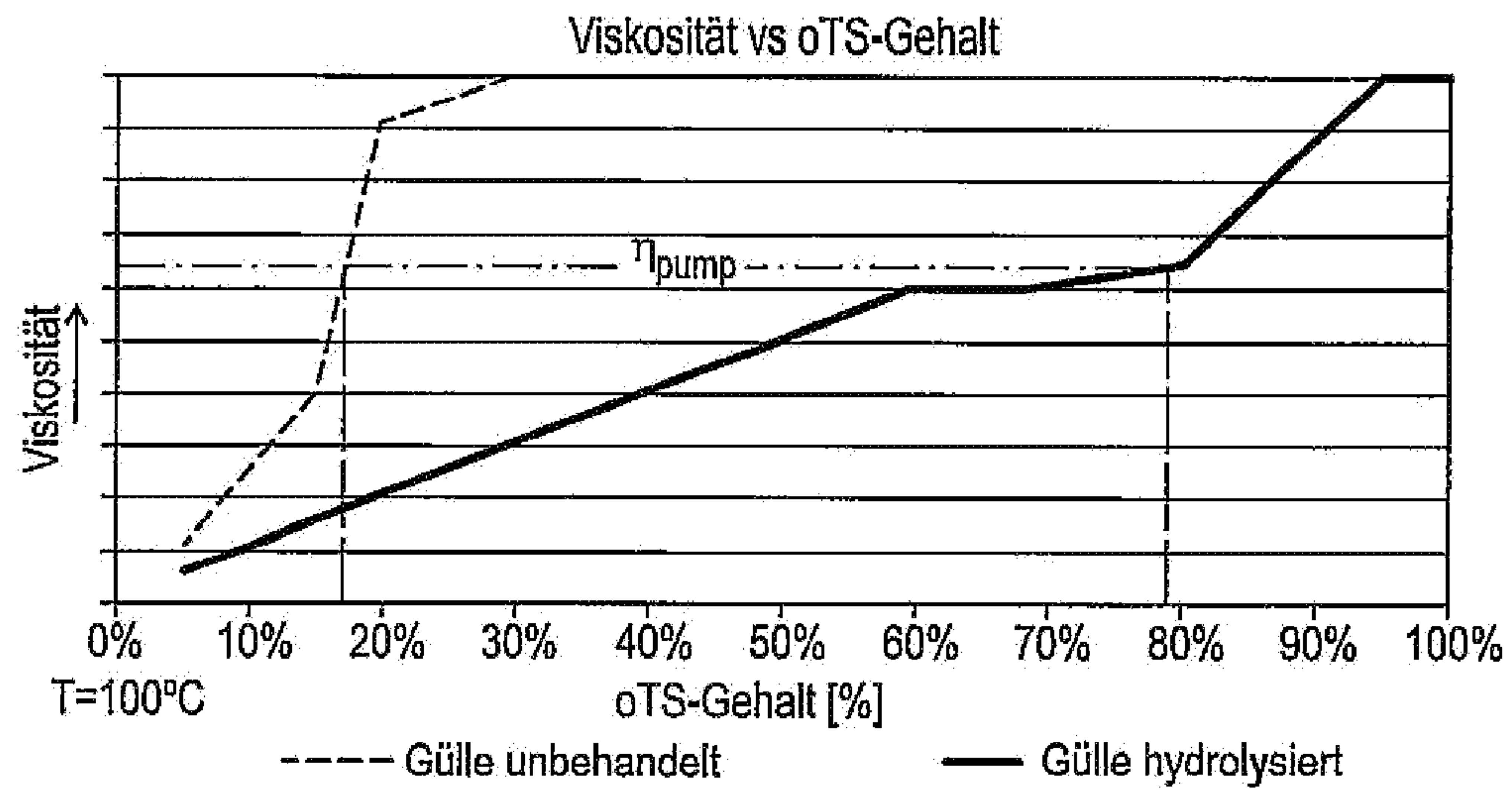


Fig. 2a

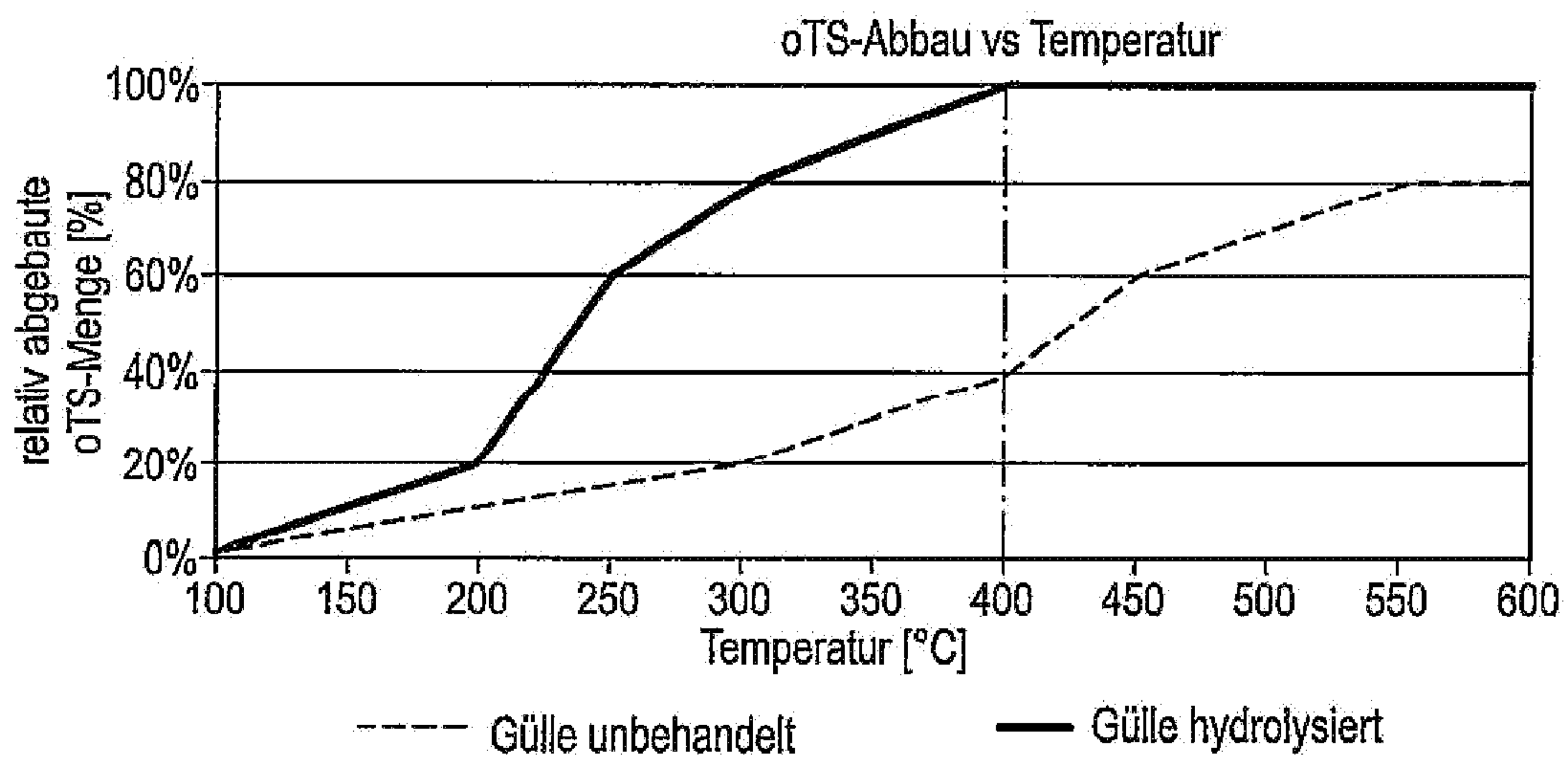


Fig. 2b

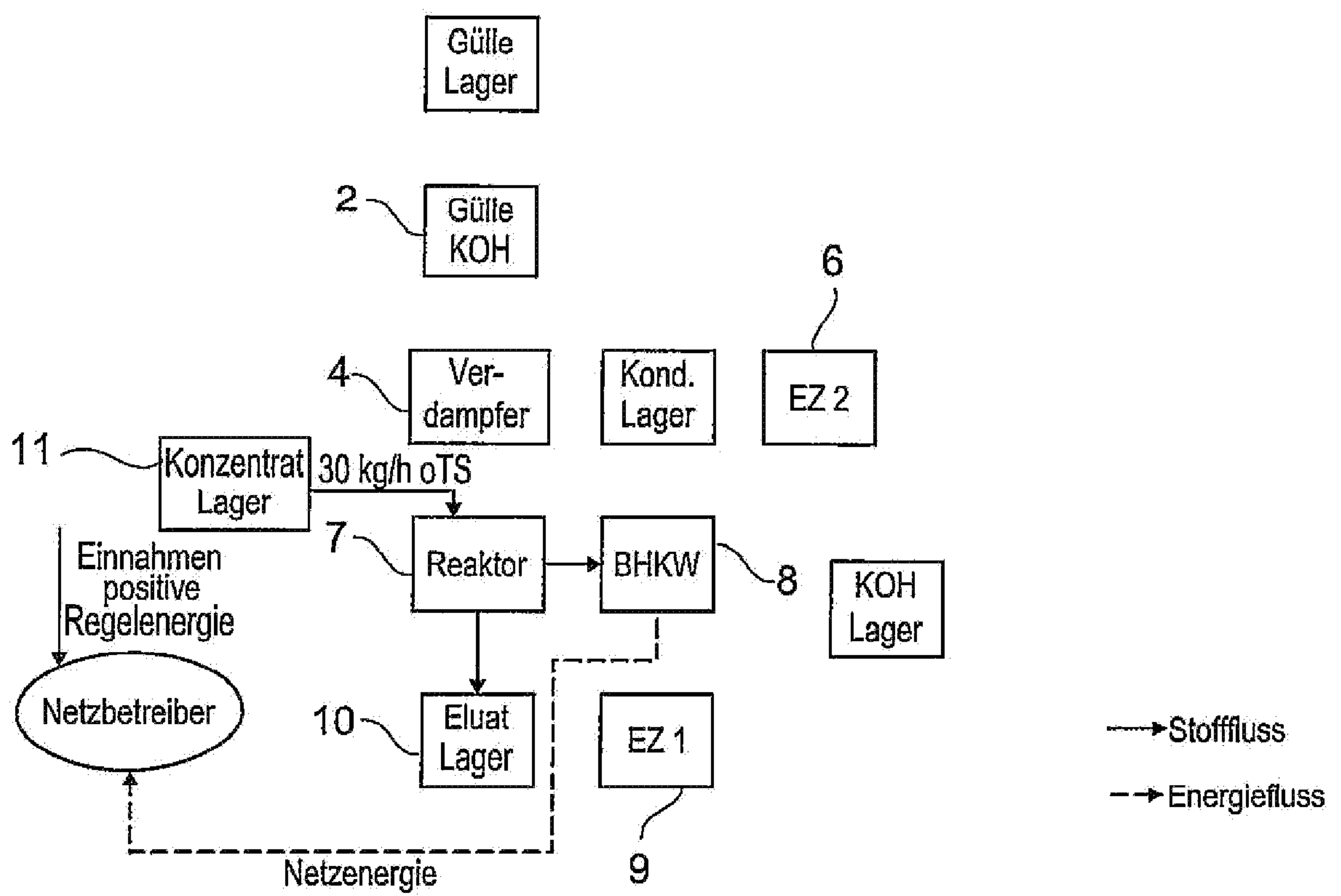


Fig. 4: System S1 (Abgabebetrieb)

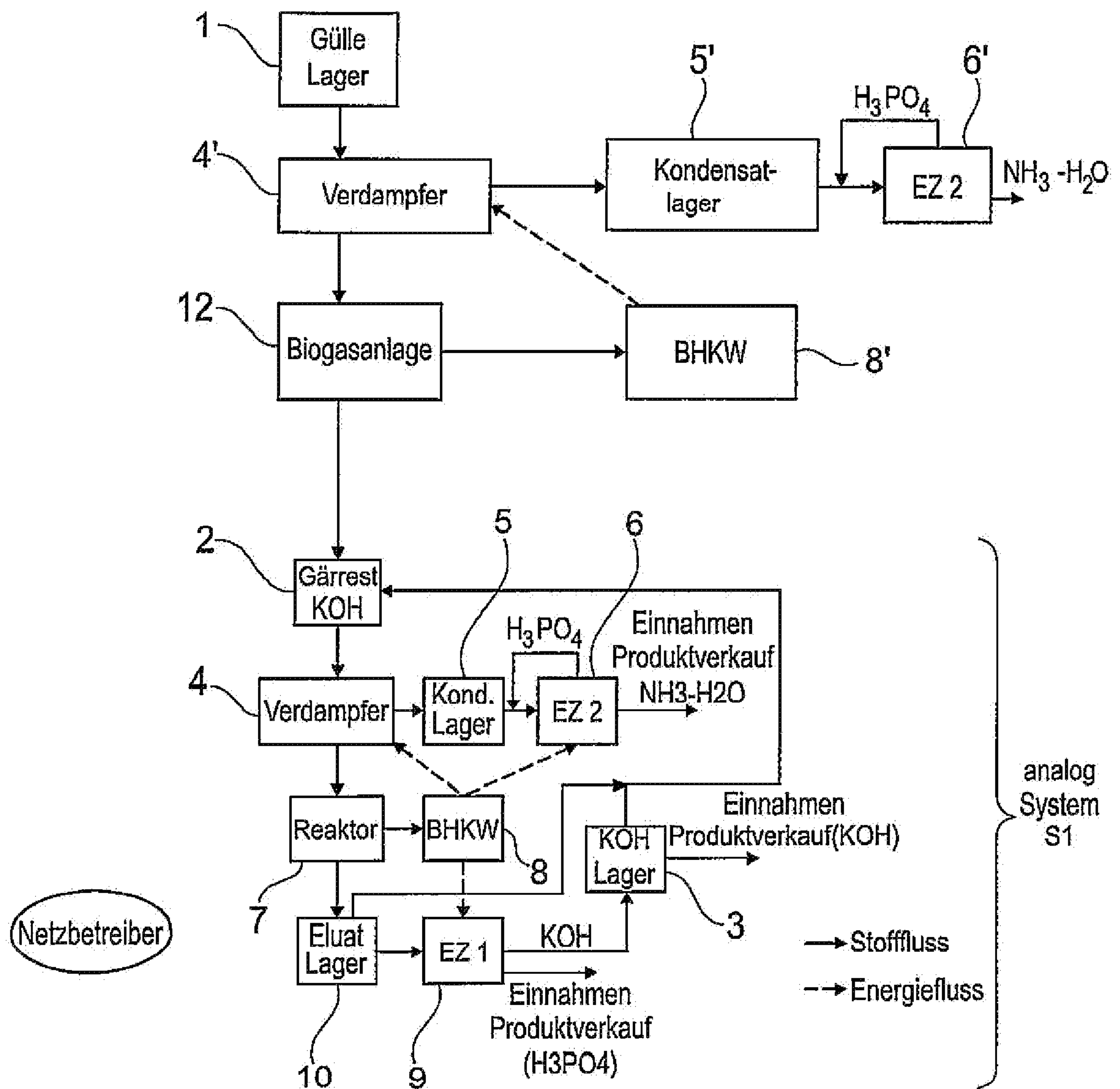
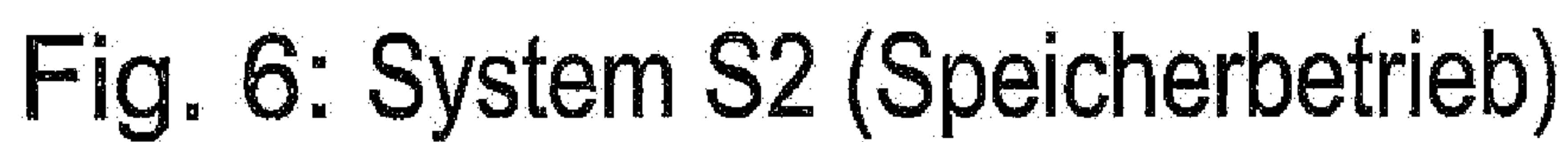


Fig. 5: System S2 (Normalbetrieb)





Klassifikation des Anmeldungsgegenstands gemäß IPC:
H02J 15/00 (2006.01); **H02J 3/38** (2006.01); **C25B 1/02** (2006.01)

Klassifikation des Anmeldungsgegenstands gemäß CPC:
H02J 15/00 (2020.01); **H02J 3/38** (2020.01); **C25B 1/02** (2013.01)

Recherchierter Prüfstoff (Klassifikation):
H02J, C25B

Konsultierte Online-Datenbank:
WPI, EPODOC, IEEE

Dieser Recherchenbericht wurde zu den am 15.10.2019 eingereichten Ansprüchen 1-20 erstellt.

Kategorie ^{*)}	Bezeichnung der Veröffentlichung: Ländercode, Veröffentlichungsnummer, Dokumentart (Anmelder), Veröffentlichungsdatum, Textstelle oder Figur soweit erforderlich	Betreffend Anspruch
X	WO 2017165981 A1 (G4 INSIGHTS INC) 05. Oktober 2017 (05.10.2017) Seite 7, Zeilen 3 - 14; Ansprüche 1, 12; Fig. 1.	1-20
X	DE 102015005940 A1 (PRASSER JOCHEN OTTO) 17. November 2016 (17.11.2016) Das ganze Dokument.	1-20
X	WO 2018000078 A1 (MILOS MARVIN) 04. Januar 2018 (04.01.2018) Seite 9, Zeile 1 - Seite 13, Zeile 22; Ansprüche 1, 5; Fig. 1.	1-10, 17
A		11-16, 18-20
A	US 2010022669 A1 (COHN DANIEL R, SURMA JEFFREY E, BROMBERG LESLIE) 28. Januar 2010 (28.01.2010) Absätze [0030-0034]; Fig. 2.	1-20
A	US 2006096298 A1 (BARNICKI SCOTT D, MOOCK NATHAN W, TRAPP WILLIAM L) 11. Mai 2006 (11.05.2006) Absätze [0019-0024]; Ansprüche 1-6, 21-24.	1-20

Datum der Beendigung der Recherche:
29.04.2020

Seite 1 von 1

Prüfer(in):

MEHLMAUER Adolf

^{*)} **Kategorien** der angeführten Dokumente:

X Veröffentlichung **von besonderer Bedeutung**: der Anmeldungsgegenstand kann allein aufgrund dieser Druckschrift nicht als neu bzw. auf erfinderischer Tätigkeit beruhend betrachtet werden.

Y Veröffentlichung **von Bedeutung**: der Anmeldungsgegenstand kann nicht als auf erfinderischer Tätigkeit beruhend betrachtet werden, wenn die Veröffentlichung mit einer oder mehreren weiteren Veröffentlichungen dieser Kategorie in Verbindung gebracht wird und diese **Verbindung für einen Fachmann naheliegend** ist.

A Veröffentlichung, die den allgemeinen **Stand der Technik** definiert.

P Dokument, das von **Bedeutung** ist (Kategorien **X** oder **Y**), jedoch **nach dem Prioritätstag** der Anmeldung veröffentlicht wurde.

E Dokument, das **von besonderer Bedeutung** ist (Kategorie **X**), aus dem ein „**älteres Recht**“ hervorgehen könnte (früheres Anmeldedatum, jedoch nachveröffentlicht, Schutz ist in Österreich möglich, würde Neuheit in Frage stellen).

& Veröffentlichung, die Mitglied der selben **Patentfamilie** ist.

A50887/2019
A50887/2019
01.07.2020

PA 8875 AT

5

Neue Patentansprüche

10

1. Verfahren zum Energiemanagement unter Beteiligung von

- zumindest einem Stromnetz,
- zumindest einem elektrische Energie verbrauchenden Prozess zur Herstellung zumindest eines Produktes und

15

- zumindest einem elektrische Energie erzeugenden Prozess, wobei das Verfahren in Abhängigkeit des Regelenergiebedarfes in einem der folgenden Betriebszustände betrieben wird:

20

- a) bei keinem Regelenergiebedarf in einem Normalbetrieb, bei welchem der elektrische Energie verbrauchende Prozess mit der Energie des elektrische Energie erzeugenden Prozesses zumindest ein Produkt herstellt,

25

- b) bei Bedarf an negativer Regelenergie in einem Speicherbetrieb, bei welchem aus dem Stromnetz zusätzliche elektrische Energie in den elektrische Energie verbrauchenden Prozesse eingespeist und derart gegenüber dem Normalbetrieb ein Überschuss an Produkt hergestellt und dieser gespeichert wird und

30

- c) bei Bedarf an positiver Regelenergie in einem Abgabebetrieb, bei welchem der energieverbrauchende Prozess stillgelegt oder gedrosselt und die elektrische Energie des elektrische Energie erzeugenden Prozesses ins Stromnetz eingespeist wird.

2. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass das Produkt bzw. die Produkte, welches bzw. welche mit dem elektrische Energie verbrauchenden Prozess hergestellt wird bzw. werden, flüssig oder gasförmig ist bzw. sind.

3. Verfahren nach Anspruch 1 oder 2, dadurch gekennzeichnet, dass mit dem elektrischen Energie verbrauchenden Prozess ein Produkt bzw. Produkte hergestellt wird bzw. werden, welches bzw. welche ohne weiteren Energieaufwand, wie beispielsweise Kühlung, auf stabile Weise lagerbar ist bzw. sind.
4. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 3, dadurch gekennzeichnet, dass der elektrische Energie verbrauchende Prozess ein Elektrolyseverfahren, insbesondere ein elektrochemisches Membranverfahren, eine Metallgewinnungselektrolyse, eine elektrochemische Reinigung von Metallen, ein unter den Begriff der Galvanotechnik fallendes Verfahren, eine organische Elektrosynthese oder eine Wasserelektrolyse ist.
5. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 4, dadurch gekennzeichnet, dass der elektrische Energie verbrauchende Prozess eine Verdampfung von Wasser aus Wasser enthaltenden Ausgangsmaterialien ist.
6. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 5, dadurch gekennzeichnet, dass mittels des elektrischen Energie verbrauchenden Prozesses zumindest ein Produkt hergestellt wird, welches zumindest teilweise als Ausgangsmaterial für den elektrischen Energie erzeugenden Prozess eingesetzt wird.
7. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 6, dadurch gekennzeichnet, dass für den elektrischen Energie verbrauchenden Prozess zumindest ein wasserhaltiges biologisches Ausgangsmaterial, insbesondere ein biogener Rohstoff oder ein biogener Reststoff, eingesetzt wird, wobei vorzugsweise als biogener Reststoff organische Abfälle bzw. Abwässer, der bei einer mechanisch-biologischen Abfallbehandlung anfallende biogene Anteil, land- und forstwirtschaftliche Nebenprodukte, biogene Produktionsreste, Gülle, Gärreste aus einer Biogasanlage, Klärschlamm, Schlachtabfälle, Tiermehl, Waldrestholz, Reste aus der forst- und holzindustriellen Produktion, Landschaftspflegematerial, Abfälle

aus Gärten, Parks und Friedhöfen, Bioabfällen, Exkrementen aus der Tierhaltung und/oder Straßenbegleitgrün eingesetzt wird bzw. werden.

- 5 8. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 7, dadurch gekennzeichnet, dass mehrere elektrische Energie verbrauchende Prozesse, insbesondere zumindest eine Verdampfung und zumindest ein Elektrolyseverfahren, vorzugsweise ein elektrochemisches Membranverfahren, beteiligt sind.
- 10 9. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 8, dadurch gekennzeichnet, dass das beteiligte Stromnetz ein Verbundnetz ist.
- 15 10. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 9, dadurch gekennzeichnet, dass der elektrische Energie verbrauchende Prozess im Normalbetrieb kontinuierlich abläuft.
- 20 11. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 10, dadurch gekennzeichnet, dass die elektrische Energie verbrauchenden Prozesse folgende nacheinander ablaufende Schritte umfassen:
 - i. Vermischen einer organischen Verbindung und Wasser enthaltenden, biologischen Ausgangsmaterials mit einem alkalischen, in Wasser gelösten Hydrolysemittel zur Bildung eines hydrolysierten Mediums,
 - ii. Erhitzen und Eindampfen des hydrolysierten Mediums zur Bildung eines Brüdens und eines Konzentrates,
 - 25 iii. a) im Normalbetrieb: Einsatz des Konzentrates zur Erzeugung von elektrischer Energie mittels des elektrischen Energie erzeugenden Prozesses,
 - b) im Speicherbetrieb: Einsatz einer Teilmenge des Konzentrates zur Erzeugung elektrischer Energie mittels des elektrischen Energie erzeugenden Prozesses sowie Speicherung des weiteren Konzentrates,
 - 30 c) im Abgabebetrieb: Einsatz des im Speicherbetrieb gespeicherten Konzentrates zur Erzeugung elektrischer Energie mittels des elektrischen Energie erzeugenden Prozesses.

12. Verfahren nach Anspruch 11, dadurch gekennzeichnet, dass das in Schritt i.
eingesetzte Hydrolysemittel zumindest eines aus der Gruppe Natriumhydroxid,
Natriumcarbonat, Natriumhydrogencarbonat, Lithiumhydroxid,
5 Lithiumcarbonat, Lithiumhydrogencarbonat, Kaliumhydroxid, Kaliumcarbonat,
Kaliumphosphat, Kaliumhydrogenphosphat, Kaliumdihydrogenphosphat oder
Dikaliumhydrogenphosphat ist.
13. Verfahren nach Anspruch 11 oder 12, dadurch gekennzeichnet, dass der in
10 Schritt ii. anfallende Brüden kondensiert und unter Zusatz zumindest eines
sauren Prozesshilfsstoffes in zumindest einer Elektrolysezelle (6) zu einer
Ammoniak-Lösung umgesetzt wird.
14. Verfahren nach einem der Ansprüche 11 bis 13, dadurch gekennzeichnet, dass in
15 Schritt iii. das Konzentrat zur Erzeugung elektrischer Energie in einem
Reaktor (7) auf bis zu 700°C erhitzt und die entstehenden Gase in einem
Blockheizkraftwerk umgesetzt werden.
15. Verfahren nach Anspruch 14, dadurch gekennzeichnet, dass der in Schritt iii. im
20 Reaktor zurückbleibende Rückstand zur Bildung eines Eluates mit Wasser
vermischt wird, wobei aus zumindest einem Teil des Eluates nach Abscheidung
der Asche in einer Elektrolysezelle ein für Schritt i. geeignetes Hydrolysemittel
gebildet wird.
- 25 16. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 10, dadurch gekennzeichnet, dass die
elektrische Energie verbrauchenden Prozesse folgende nacheinander ablaufende
Schritte umfassen:
- I. Eindampfen eines organische Verbindungen und Wasser enthaltenden,
biologischen Ausgangsmaterials unter Bildung eines Brüdens und eines
30 Konzentrates,

- II. a) im Normalbetrieb: Umsetzen des Konzentrates in einer Biogasanlage (12), wobei ein Gärrest gebildet und dieser aus der Biogasanlage (12) ausgetragen wird,
- b) im Speicherbetrieb: Einspeisen von elektrischer Energie in Schritt I, sodass ein Überschuss an Konzentrat gebildet wird, welcher nachfolgend in der Biogasanlage (12) gespeichert wird,
- c) im Abgabebetrieb: Bildung von Biogas aus dem im Speicherbetrieb gespeicherten Konzentrat und Erzeugung elektrischer Energie aus dem Biogas.

17. System zum Energiemanagement umfassend

- zumindest ein Stromnetz,
- zumindest eine erste Systemkomponente (8, 8') zur Erzeugung elektrischer Energie,
- zumindest eine zweite Systemkomponente (4, 4', 6, 6', 9) zur Herstellung zumindest eines Produktes mittels elektrischer Energie der ersten Systemkomponente (8, 8'),
- zumindest ein Lager (3, 5, 10, 11) zur Speicherung von Produktüberschuss und
- eine elektronische Regelung, welche bei negativer Regelenergie aus dem Stromnetz elektrische Energie in die zweite Systemkomponente (4, 4', 6, 6', 9) einspeist und bei positiver Regelenergie die Zuführung von elektrischer Energie aus der ersten Systemkomponente (8, 8') in die zweite Systemkomponente (4, 4', 6, 6', 9) drosselt oder abstellt und die in der ersten Systemkomponente (8, 8') erzeugte elektrische Energie zumindest zum Teil ins Stromnetz einspeist.

18. System nach Anspruch 17, dadurch gekennzeichnet, dass es eine Vielzahl von ersten Systemkomponenten (8, 8') und/oder eine Vielzahl von zweiten Systemkomponenten (4, 4', 6, 6', 9) umfasst.

19. System nach Anspruch 17 oder 18, dadurch gekennzeichnet, dass eine erste Systemkomponente (8, 8') ein Blockheizkraftwerk (8, 8') ist.
20. System nach einem der Ansprüche 17 bis 19, dadurch gekennzeichnet, dass eine oder mehrere zweite Systemkomponente(n) (4, 4', 6, 6', 9) vorgesehen ist bzw. sind, welche ein Verdampfer (4, 4'), eine Elektrolysezelle (6, 6', 9) und/oder eine Biogasanlage (12) ist bzw. sind.
- 5