



(11)

EP 3 988 697 A1

(12)

EUROPÄISCHE PATENTANMELDUNG

(43) Veröffentlichungstag:
27.04.2022 Patentblatt 2022/17

(21) Anmeldenummer: **21169102.7**

(22) Anmeldetag: **19.04.2021**

(51) Internationale Patentklassifikation (IPC):

D06F 33/36 (2020.01)	D06F 39/06 (2006.01)
D06F 103/16 (2020.01)	D06F 103/20 (2020.01)
D06F 103/46 (2020.01)	D06F 103/48 (2020.01)
D06F 105/02 (2020.01)	D06F 105/08 (2020.01)
D06F 105/42 (2020.01)	D06F 105/58 (2020.01)

(52) Gemeinsame Patentklassifikation (CPC):
D06F 33/36; D06F 34/32; D06F 39/06;
D06F 2103/16; D06F 2103/20; D06F 2103/46;
D06F 2103/48; D06F 2105/02; D06F 2105/08;
D06F 2105/42; D06F 2105/58

(84) Benannte Vertragsstaaten:
**AL AT BE BG CH CY CZ DE DK EE ES FI FR GB
 GR HR HU IE IS IT LI LT LU LV MC MK MT NL NO
 PL PT RO RS SE SI SK SM TR**
 Benannte Erstreckungsstaaten:
BA ME
 Benannte Validierungsstaaten:
KH MA MD TN

(30) Priorität: 23.10.2020 DE 102020213390

(71) Anmelder:
• **BSH Hausgeräte GmbH**
81739 München (DE)

- Technische Universität Berlin
10623 Berlin (DE)

(72) Erfinder:

- **Letzgus, Simon**
13347 Berlin (DE)
- **Opitz, Eric**
80689 München (DE)
- **Rischke, Ansgar**
13359 Berlin (DE)
- **Schliecker, Gudrun**
10967 Berlin (DE)
- **Schrader, Philipp**
13347 Berlin (DE)

(54) **VERFAHREN ZUM BESTIMMEN VON SCHAUM BEIM BEHANDeln VON WÄSCHESTÜCKEN
SOWIE WÄSCHEPFLEGEMASCHINE ZU DESSEN DURCHFÜHRUNG**

(57) Wäschepflegemaschine 4 und Verfahren zum Bestimmen von Schaum 3 beim Behandeln von Wäschestücken 1 mittels einer Flüssigkeit 2 in der Wäschepflegemaschine 4, wobei Sensoren 17, 18, 19, 20, 25, 29 Betriebsdaten der Wäschepflegemaschine 4 kontinuierlich aufnehmen und einer mit den Sensoren 17, 18, 19, 20, 25, 29 verbundenen Steuereinrichtung 15 zum Steuern der Wäschepflegemaschine 4 entsprechend den Betriebsdaten zuführen, wobei die Steuereinrichtung 15 den Schaum 3 aus den Betriebsdaten bestimmt. Bei diesem Verfahren beinhaltet die Steuereinrichtung 15 einen virtuellen Sensor 16, welchem die Betriebsdaten kontinuierlich zugeführt werden und welcher aus den zugeführten Betriebsdaten kontinuierlich ein Maß für in dem Laugenbehälter 6 vorhandenen Schaum 3 ermittelt.

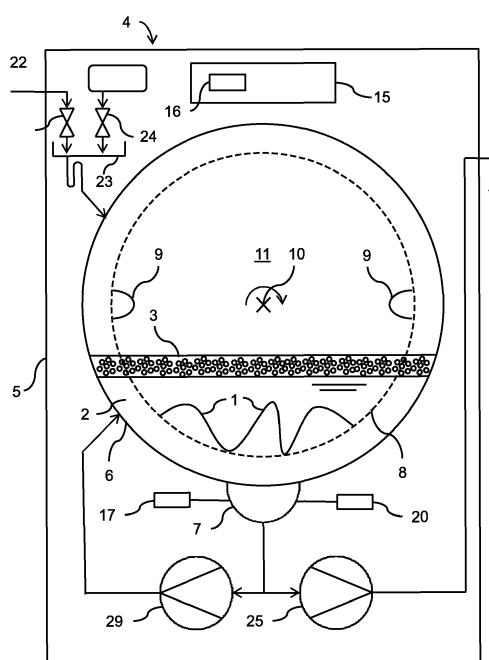


Fig. 1

Beschreibung

[0001] Die Erfindung betrifft ein Verfahren zum Bestimmen von Schaum beim Behandeln von Wäschestücken mittels einer Flüssigkeit in einer Wäschepflegemaschine, welche ein Gehäuse und darin angeordnet einen Laugenbehälter zum Aufnehmen der Flüssigkeit, eine in dem Laugenbehälter angeordnete, um eine Drehachse drehende und von einem Motor angetriebene Trommel mit einem Innenraum zum Aufnehmen der Wäschestücke aufweist, wobei Sensoren Betriebsdaten der Wäschepflegemaschine kontinuierlich aufnehmen und einer mit den Sensoren verbundenen Steuereinrichtung zum Steuern der Wäschepflegemaschine entsprechend den Betriebsdaten zuführen, wobei die Steuereinrichtung den Schaum aus den Betriebsdaten bestimmt.

[0002] Die Erfindung betrifft außerdem eine Wäschepflegemaschine zum Behandeln von Wäschestücken mittels einer Flüssigkeit, umfassend ein Gehäuse und darin angeordnet einen Laugenbehälter zum Aufnehmen der Flüssigkeit, eine in dem Laugenbehälter angeordnete, um eine Drehachse drehbare und von einem Motor antreibbare Trommel mit einem Innenraum zum Aufnehmen der Wäschestücke, Sensoren zum kontinuierlichen Aufnehmen von Betriebsdaten der Wäschepflegemaschine, und eine mit den Sensoren verbundene Steuereinrichtung zum Steuern der Wäschepflegemaschine entsprechend den Betriebsdaten, wobei die Steuereinrichtung eingerichtet ist, um im Laugenbehälter vorhandenen Schaum aus den Betriebsdaten zu bestimmen.

[0003] Das Dokument EP 0 997 570 A2 offenbart ein gattungsgemäßes Verfahren und eine gattungsgemäße Wäschepflegemaschine wie oben definiert.

[0004] Das Dokument DE 43 42 272 A1 offenbart ein Verfahren und eine Messanordnung zum Bestimmen eines Niveaus, einer Trübung und eines Schaumanteils in einer Flüssigkeit, welche zum Behandeln von Wäschestücken in einer Wäschepflegemaschine dient. Dazu wird zumindest ein optisches Strahlenbündel auf eine Oberfläche der Flüssigkeit unter einem schrägen Einfallswinkel gerichtet, und Reflexionen des Strahlenbündels werden auf einem mit Sensoren versehenen Schirm aufgefangen. Zur Bestimmung von Niveau, Trübung und Schaum werden diese Reflexionen sodann hinsichtlich räumlicher Verteilung und Amplitude ausgewertet. Dieses Verfahren erfordert, dass die Oberfläche der Flüssigkeit ruhig und ungestört ist, und ist deshalb wegen der dort notwendigen Bewegung der Flüssigkeit und der zu behandelnden Wäschestücke zur Anwendung in einer Wäschepflegemaschine eher wenig geeignet.

[0005] Das Dokument EP 0 997 570 A2 offenbart ein Verfahren und eine Anordnung zur rechnergestützten Ermittlung von Clustern zur Erkennung von Schaumbildung in einer Wäschepflegemaschine. Während eines Waschvorgangs in der Wäschepflegemaschine werden ein darin herrschender Druck, eine darin herrschende Temperatur und eine darin vorliegende Flüssigkeitsmenge gemessen, und aus diesen gemessenen Größen Anwen-

dungsvektoren gebildet. Für diese Anwendungsvektoren werden Fuzzy-Zugehörigkeitswerte zu zwei vorgegebenen Clustern ermittelt, von denen der eine Cluster die Bedeutung "Schaum zu erwarten" und der andere Cluster die Bedeutung "Schaum nicht zu erwarten" hat. Zur Definition des Verfahrens ist mit experimentell gewonnenen Modelldatensätzen, deren jeder einen Datenvektor aus den vorstehend genannten Größen und je einen Zugehörigkeitswert für die Zugehörigkeit des Datenvektors zu jedem Cluster umfasst, eine Steuereinrichtung zu bilden, der in der praktischen Anwendung die jeweils gemessenen Anwendungsvektoren zugeführt werden und die zu diesen Anwendungsvektoren Zugehörigkeitswerte zu den beiden Clustern liefert. Dieses Verfahren erlaubt demnach nur eine qualitative Aussage hinsichtlich des Vorhandenseins von Schaum in einer Wäschepflegemaschine. Eine quantitative Aussage ist hingegen nicht möglich.

[0006] Die Dokumente DE 102 34 472 A1 und DE 10 2010 028 614 A1 offenbaren Verfahren und Anordnungen zur Bestimmung von Schaum in einer Wäschepflegemaschine, welche jeweils nur in spezifischen Betriebszuständen der Wäschepflegemaschine einsetzbar sind. Gemäß dem erstgenannten Dokument erfolgt eine Bestimmung von Schaum dann, wenn Flüssigkeit aus dem Laugenbehälter der Wäschepflegemaschine mittels einer Laugenpumpe abgepumpt, also entfernt, wird. Dabei wird mittels eines Drucksensors ein Druck in dem Laugenbehälter gemessen und der Verlauf der Messwerte beobachtet. Ein Vorhandensein einer größeren Menge Schaum im Laugenbehälter macht sich bemerkbar durch eine bestimmte Komponente im Verlauf der Messwerte, und aus der Anwesenheit dieser Komponente wird auf das Vorhandensein von Schaum im Laugenbehälter geschlossen. Beim zweitgenannten Dokument wird die Leistungsaufnahme der Laugenpumpe beim Abpumpen der Flüssigkeit nach Beendigung eines Teilprozesses zum Behandeln der Wäschestücke oder - falls in der Wäschepflegemaschine ein Behandeln von Wäschestücken unter Umpumpen der Flüssigkeit vorgesehen ist - beim Umpumpen der Flüssigkeit beobachtet. Wenn die Laugenpumpe statt der Flüssigkeit Schaum fördert, reduziert sich ihre Leistungsaufnahme, und entsprechend wird die Leistungsaufnahme der Laugenpumpe überwacht. Aus einer eventuell auftretenden Reduzierung der Leistungsaufnahme der Laugenpumpe wird sodann auf das Vorhandensein von Schaum im Laugenbehälter geschlossen. Die Verfahren gemäß beiden Dokumenten beruhen auf Auswertungen eher kleiner Effekte in Betriebsdaten der Wäschepflegemaschine und sind daher nur beschränkt aussagekräftig und wenig präzise. Quantitative Aussagen über das Vorhandensein von Schaum erlauben diese Verfahren demnach nicht.

[0007] Das Dokument DE 10 2015 205 949 A1 offenbart eine Wäschepflegemaschine, in welcher ein Vorhandensein von Schaum durch Analyse eines den Motor, welcher die Trommel beim Behandeln von Wäschestücken in der Wäschepflegemaschine antreibt, durchflie-

ßenden Antriebsstromes nachgewiesen werden soll. Dabei wird ein während eines Zeitraums, in dem die Trommel gedreht wird, ein Antriebsstromwert gemessen und mit einem vorher bei sicherer Abwesenheit von Schaum bestimmten Referenzwert verglichen. Aus dem Verhältnis zwischen Antriebsstromwert und Referenzwert wird auf das Vorhandensein von Schaum geschlossen. Auch dieses Verfahren liefert nur ein qualitatives Ergebnis, und zwar aus denselben Gründen wie die oben diskutierten Verfahren des Standes der Technik.

[0008] Die Dokumente EP 3670 729 A1 und EP 3 674 466 A1 offenbaren verschiedene Anwendungen eines neuronalen Netzes, insbesondere eines rekurrenten neuronalen Netzes, in einer Wäschepflegemaschine. Gemäß EP 3670 729 A1 erfolgen eine Vorhersage des Vorhandenseins eines Mikroorganismus und dessen weiteres Wachstum, und Ableitung von Information zur Behandlung von Wäsche in der Wäschepflegemaschine. Gemäß EP 3 674 466 A1 erfolgt die Bestimmung eines Verfahrens zum Behandeln von Wäschestücken aus zuvor ermittelten Daten der Wäschestücke mittels eines trainierten neuronalen Netzes.

[0009] Ein Artikel veröffentlicht von G. A. Susto et al. in IFAC PapersOnLine 52, 11 (2019) 116 mit dem Titel "A Machine Learning-based Soft Sensor for Laundry Load Fabric Typology Estimation in Household Washer-Dryers" beschreibt einen "Soft Sensor" zur Unterscheidung verschiedener Typen von Textilien in Wäschestücken zur Behandlung in einem Waschtrockner, wobei der "Soft Sensor" ohnehin vorhandene Sensoren und Signale des Waschtrockners nutzt. Ein regularisiertes lineares Modell dient dabei zur Auswertung der Daten der Sensoren und Signale.

[0010] Das direkte quantitative Messen von Schaum im Laugenbehälter einer Wäschepflegemaschine während des Ablaufs eines programmierten Prozesses zur Behandlung von Wäschestücken ist praktisch kaum durchführbar, weil das Behandeln der Wäschestücke deren mehr oder weniger starke Bewegung erfordert. Abgesehen von vereinzelt auftretenden Phasen der Ruhe ist die zum Behandeln eingesetzte Flüssigkeit in ständiger Bewegung aufgrund des Drehens der Trommel mit den Wäschestücken und, im Fall einer Trommel, die um eine im wesentlichen horizontale Achse gedreht wird, deren zyklisches Hochheben und Fallenlassen durch mit der Trommel verbundene Mitnehmer. Die Bewegung der Wäschestücke und der Flüssigkeit teilt sich auch dem Schaum mit, weshalb eine Messung eines Niveaus des Schaums im Laugenbehälter während einer Bewegung der Trommel mit. Deshalb wäre eine Messung eines Niveaus des Schaums im Laugenbehälter wenig praktikabel.

[0011] Dennoch ist die Anwesenheit von mehr oder weniger Schaum im Laugenbehälter bestimmend für den Ablauf und den Erfolg eines Wäschepflegeprozesses. Beim unmittelbaren Waschen von Wäschestücken beeinträchtigt im Übermaß vorhandener Schaum die mechanische Behandlung der Wäschestücke, indem er ihre

Bewegungen dämpft und auch die Umverteilung der zum Waschen eingesetzten Flüssigkeit, insbesondere Waschlauge, behindert. Nach dem eigentlichen Waschen behindert vorhandener Schaum das Abpumpen der Waschlauge aus dem Laugenbehälter sowohl deshalb, weil er durch seine Viskosität nur sehr langsam von den Wäschestücken abtropft als auch deshalb, weil die Laugenpumpe ihn nur schlecht fördern kann. Nachfolgende Spülprozesse werden dadurch behindert, dass im Übermaß vorhandener Schaum Bestandteile der Waschlauge im Laugenbehälter zurückhält und dadurch den Erfolg eines Spülprozesses beeinträchtigt. Schließlich beeinträchtigt Schaum auch einen die Wäschepflege gewöhnlich abschließenden Schleuderprozess insbesondere erstens dadurch, dass er die Abfuhr von Flüssigkeit aus dem Laugenbehälter behindert und zweitens dadurch, dass er die schnell drehende Trommel erhöhter Reibung aussetzt und sie dadurch am Erreichen einer vorgegebenen Drehzahl hindern kann.

[0012] Es besteht daher ein Bedarf an einem Verfahren und einer Wäschepflegemaschine, welche ein quantitatives Messen von Schaum im Laugenbehälter mit Angabe eines quantitativen Maßes für den vorhandenen Schaum erlauben, und dies zu weitgehend beliebigen Zeitpunkten während eines laufenden Wäschepflegeprozesses.

[0013] Dementsprechend beruht die Erfindung auf der Aufgabe, ein Verfahren und eine Wäschepflegemaschine der jeweils eingangs definierten Gattung anzugeben, welche jeweils ein quantitatives Messen von Schaum im Laugenbehälter mit Angabe eines quantitativen Maßes für den vorhandenen Schaum zu weitgehend beliebigen Zeitpunkten während eines laufenden Wäschepflegeprozesses erlauben.

[0014] Zur Lösung dieser Aufgabe wird gemäß der Erfindung ein Verfahren gemäß engsprechendem unabhängigem Patentanspruch angegeben. Zur Lösung dieser Aufgabe angegeben wird auch eine Wäschepflegemaschine gemäß entsprechendem unabhängigem Patentanspruch. Diese Wäschepflegemaschine ist insbesondere zur Durchführung des erfindungsgemäßen Verfahrens eingerichtet.

[0015] Bevorzugte Weiterbildungen der Erfindung sind in den abhängigen Patentansprüchen sowie in nachfolgender Beschreibung aufgeführt und können auch in Kombinationen untereinander angewendet werden, soweit technische Erwägungen dies gestatten, auch wenn dies hierin nicht explizit ausgeführt ist. Bevorzugten Weiterbildungen des erfindungsgemäßen Verfahrens entsprechen bevorzugte Weiterbildungen der erfindungsgemäßen Wäschepflegemaschine und umgekehrt, auch wenn dies hierin nicht explizit ausgeführt ist.

[0016] Zur Lösung der Aufgabe wird gemäß der Erfindung dementsprechend angegeben ein Verfahren zum Bestimmen von Schaum beim Behandeln von Wäschestücken mittels einer Flüssigkeit in einer Wäschepflegemaschine, welche ein Gehäuse und darin angeordnet einen Laugenbehälter zum Aufnehmen der Flüssigkeit,

eine in dem Laugenbehälter angeordnete, um eine Drehachse drehende und von einem Motor angetriebene Trommel mit einem Innenraum zum Aufnehmen der Wäschestücke aufweist, wobei Sensoren Betriebsdaten der Wäschepflegemaschine kontinuierlich aufnehmen und einer mit den Sensoren verbundenen Steuereinrichtung zum Steuern der Wäschepflegemaschine entsprechend den Betriebsdaten zuführen, wobei die Steuereinrichtung den Schaum aus den Betriebsdaten bestimmt. Bei diesem Verfahren beinhaltet die Steuereinrichtung einen virtuellen Sensor, welchem die Betriebsdaten kontinuierlich zugeführt werden und welcher aus den zugeführten Betriebsdaten kontinuierlich ein Maß für in dem Laugenbehälter vorhandenen Schaum ermittelt.

[0017] Zur Lösung der Aufgabe wird gemäß der Erfindung dementsprechend ebenfalls angegeben eine Wäschepflegemaschine zum Behandeln von Wäschestücken mittels einer Flüssigkeit, umfassend ein Gehäuse und darin angeordnet einen Laugenbehälter zum Aufnehmen der Flüssigkeit, eine in dem Laugenbehälter angeordnete, um eine Drehachse drehbare und von einem Motor antreibbare Trommel mit einem Innenraum zum Aufnehmen der Wäschestücke, Sensoren zum kontinuierlichen Aufnehmen von Betriebsdaten der Wäschepflegemaschine, und eine mit den Sensoren verbundene Steuereinrichtung zum Steuern der Wäschepflegemaschine entsprechend den Betriebsdaten, wobei die Steuereinrichtung eingerichtet ist, um im Laugenbehälter vorhandenen Schaum aus den Betriebsdaten zu bestimmen. Dabei beinhaltet die Steuereinrichtung einen virtuellen Sensor, welchem die Betriebsdaten kontinuierlich zuführbar sind und welcher eingerichtet ist, um beim Behandeln der Wäschestücke aus den zugeführten Betriebsdaten kontinuierlich ein Maß für in dem Laugenbehälter vorhandenen Schaum zu ermitteln.

[0018] Gemäß der Erfindung erfolgt somit eine indirekte Messung des Vorhandenseins von Schaum im Laugenbehälter dadurch, dass ein virtueller Sensor bereitgestellt wird, welcher aus bestimmten und sinnvoll messbaren Betriebsdaten der Wäschepflege ein quantitatives Maß für den im Laugenbehälter vorhandenen Schaum bestimmt. Dieses Maß ist insbesondere ein Maß, welches in Modellversuchen an einer Wäschepflegemaschine, deren Betrieb zum Zweck des Messens von Schaum im Laugenbehälter unterbrochen werden kann, genutzt und in solchen Modellversuchen gleichzeitig mit entsprechenden Betriebsdaten bestimmt wird. Dieses Maß kann eine Höhe sein, bis zu welcher der Schaum über der kurzzeitig während der Unterbrechung zur Ruhe gekommenen Waschlauge im Laugenbehälter vorliegt. Im virtuellen Sensor werden sodann die Zusammenhänge zwischen dem in Modellversuchen gemessenen Maß und den gleichzeitig damit gemessenen Betriebsdaten in Algorithmen, Tabellen oder dergleichen implementiert, so dass der virtuelle Sensor im praktisch ablaufenden Wäschepflegeprozess aus entsprechenden Betriebsdaten das gewünschte Maß ermitteln und zur Steuerung des Wäschepflegeprozesses bereitstellen kann. In solchem

praktischen Betrieb stellt das Maß einen theoretischen Wert dar, der sich anhand der Bewegungsvorgänge in der Wäschepflegemaschine nicht unmittelbar reproduzieren lässt, der aber die Menge des in der Wäschepflegemaschine vorliegenden Schaums doch präzise beschreibt.

[0019] Im Rahmen der Erfindung wird das Maß vorzugsweise als eine Höhe oder ein Volumen des Schaums in der Trommel ausgedrückt. Eine Höhe des Schaums kann dabei insbesondere als eine Höhe bestimmt werden, in welcher der Schaum in einem Fenster der Tür, welche den Laugenbehälter der Wäschepflegemaschine verschließt, in Erscheinung tritt.

[0020] Ein Vorteil der Erfindung liegt darin, dass über das Maß eine quantitative Aussage über den vorhandenen Schaum praktisch zu jedem Zeitpunkt in einem Wäschepflegeprozess möglich ist. Diese quantitative Aussage erlaubt insbesondere eine Berücksichtigung bei der Steuerung der Wäschepflegemaschine, wobei insbesondere eine Regelung mit dem Maß als Eingangsgröße über verschiedene Stellgrößen wie die zu erreichende Menge und Temperatur der Flüssigkeit im Laugenbehälter sowie die Dosierung von Waschmittel in den Laugenbehälter erfolgen kann. Dabei muss nicht notwendigerweise eine weitgehende oder völlige Vermeidung von Schaum durch entsprechend veranlasste Gegenmaßnahmen angestrebt werden; je nach gewünschtem Waschprozess mag das Vorhandensein einer bestimmten Menge von Schaum beispielsweise als Anzeichen für eine ausreichende Dosierung von Waschmittel erstrebenswert sein. Darüber hinaus erlaubt die Erfindung auch die Beobachtung der Wirkung einer Maßnahme, so dass eine einmal getroffenen Maßnahme abgebrochen, verlängert, wiederholt, oder von einer anderen Maßnahme gefolgt werden kann. Auch ist es möglich, den zeitlichen Verlauf des Maßes auszuwerten und daraus eine Prognose für das Auftreten von Schaum in späteren Phasen der Wäschepflege abzuleiten.

[0021] Gemäß einer bevorzugten Weiterbildung der Erfindung bestimmt der virtuelle Sensor zusätzlich eine zeitliche Entwicklung des Maßes, insbesondere eine zeitliche Ableitung des Maßes, und die Steuereinrichtung nutzt diese ebenfalls zum Steuern der Wäschepflegemaschine.

[0022] Gemäß einer anderen bevorzugten Weiterbildung der Erfindung bestimmt der virtuelle Sensor zusätzlich eine Prognose der zeitlichen Entwicklung des Maßes und die Steuereinrichtung nutzt die Prognose zum Steuern der Wäschepflegemaschine. Weiter bevorzugt ist die Prognose ein Schätzwert für das zukünftige Maß, wobei der Schätzwert dem Maß nach Ablauf eines bestimmten Zeitraums zwischen 10 Sekunden und 10 Minuten, insbesondere zwischen 2 Minuten und 8 Minuten, vorzugsweise etwa 5 Minuten, nach der Prognose entspricht. Demnach liefert der virtuelle Sensor nicht nur das Maß selbst und seine zeitliche Ableitung, sondern extrapoliert das Maß bis zu einem bestimmten zukünftigen Zeitpunkt, der bei einer gewöhnlichen Dauer eines Wäschepflege-

prozesses zwischen einer Stunde und drei Stunden vorzugsweise auf etwa fünf Minuten bestimmt ist, und gibt als Prognose das für diesen Zeitpunkt zu erwartende Maß an. Die Bestimmung von Maßnahmen gegen eine übermäßige Schaumentwicklung kann damit wesentlich verbessert werden. Es kann auch von Interesse sein, die Prognose auf einen zukünftigen Zeitpunkt in 10 Sekunden bis 30 Sekunden, insbesondere in etwa 20 Sekunden, zu richten, insbesondere in einer Phase eines Wäschepflegeprozesses, in welcher die Trommel reversierend für Zeiträume der genannten Dauern in einander abwechselnden Drehrichtungen gedreht wird, und so Prognosen von Reversierzyklus zu Reversierzyklus zu erhalten und zu nutzen. Es ist auch denkbar, solche Prognosen für sehr lange Zeiträume zwischen einer Stunde und zwei Stunden vorzusehen, um frühzeitig Aussagen über die voraussichtliche Entwicklung während des Waschprozesses zu erhalten und zu nutzen.

[0023] Gemäß einer weiteren bevorzugten Weiterbildung der Erfindung beinhaltet der virtuelle Sensor ein trainiertes neuronales Netz, welches das Maß bestimmt. Mit weiterem Vorzug ist das trainierte neuronale Netz ein rekurrentes neuronales Netz, insbesondere ein trainiertes neuronales Netz, welches ein trainiertes Elman-Netz enthält.

[0024] Ein rekurrentes neuronales Netz unterscheidet sich von einem gewöhnlichen neuronalen Netz, in dem es Weitergabe von Information nur in einer Richtung gibt und das deshalb geläufig als "Feed-Forward-Netz" bezeichnet wird, durch das Vorhandensein von Rückkopplung, die ein Datum oder mehrere Daten betreffen und welche es ermöglicht, zeitliche Abhängigkeiten von Eingangsgrößen, also Abhängigkeiten von zeitlich direkt oder indirekt aufeinander folgenden Eingangsgrößen, zu verarbeiten und insbesondere hochdimensionale Zeitreihen von Eingangsdaten für die Modellierung und Prognose einer Zielgröße zu nutzen. Ähnlich dem Ansatz einer hochdimensionalen Differentialgleichung kann ein trainiertes rekurrentes neuronales Netz das zeitliche Verhalten eines dynamischen Systems gut beschreiben. Die Nutzung eines entsprechend trainierten rekurrenten neuronalen Netzes in einem virtuellen Sensor kann vorliegend daher zu einer gegenüber den früheren Ansätzen deutlich verbesserten Modellierung und Prognose der dynamischen und im Allgemeinen stetig und meist monoton verlaufenden Bildung von Schaum in einem Wäschepflegeprozess dienen. Zur Modellierung und Prognose der Bildung von Schaum während eines Wäschepflegeprozesses können verschiedene rekurrente Netzwerkstrukturen eingesetzt werden, insbesondere nicht-lineare autoregressive Netzwerke (NARX), Elman-Netze, "Gated Recurrent Units (GRU)" und "Long Short-Term Memory Networks (LSTM)".

[0025] Gemäß einer zusätzlichen bevorzugten Weiterbildung der Erfindung sind die Betriebsdaten ausgewählt aus der Gruppe bestehend aus Leistungsaufnahme des Motors, Leistungsaufnahme einer Laugenpumpe, Kraftaufnahme an einem Lager der Trommel, Rotationszu-

stand der Trommel, Füllstand der Flüssigkeit im Laugenbehälter, Zusammensetzung der Flüssigkeit, Temperatur der Flüssigkeit, und deren zeitlichen Entwicklungen, insbesondere Ableitungen. Dies liegt unter anderem an folgenden Fakten: Durch Zugabe eines Waschmittels ändern sich Viskosität und Oberflächenspannung der Flüssigkeit. Damit ist einerseits eine Voraussetzung zum Bilden von Schaum geschaffen, und daraus ergeben sich andererseits Änderungen in der Bewegung der Flüssigkeit im Laugenbehälter beim Drehen der Trommel oder beim Fördern der Flüssigkeit mit einer Pumpe. Außerdem bindet Schaum einen Teil der Flüssigkeit und reduziert so die Höhe des Spiegels der Flüssigkeit im Laugenbehälter. Zudem dämpft der Schaum die Bewegung der Wäschestücke in der Trommel. Diese Änderungen zeigen sich in Veränderungen der Signale eines Drucksensors, wie er gewöhnlich zum Messen des Füllstandes eines Laugenbehälters eingesetzt wird, und auch in Veränderungen in der Antriebsleistung bzw. im Antriebsdrehmoment des Motors, der zum Drehen der Trommel dient, und in Veränderungen der Antriebsleistung bzw. im Antriebsdrehmoment einer Laugenpumpe, die zum Umpumpen oder Abpumpen der Flüssigkeit dient. Signaturen des durch Anwesenheit von Schaum zwischen den Wäschestücken gegebenenfalls veränderten Falls der Wäschestücke in der Trommel zeigen sich auch am Kraftsensor, der zum Messen von Kräften, Momenten und Beschleunigungen am Lager der Trommel dient. Schließlich kann die Rotation der Trommel selbst mittels eines Positionssensors, insbesondere eines Gyroskops, überwacht und ausgewertet werden. Die durch die Rotation der Trommel verursachte Bewegung der Wäschestücke äußert sich in Ungleichmäßigkeiten der Rotation, welche messbar und auswertbar sind. Solche Ungleichmäßigkeiten verringern sich bei Anwesenheit von Schaum aufgrund dessen Dämpfungseigenschaft. Wenn die Trommel reversierend bewegt wird, ergeben sich mehr oder weniger große Bewegungen der Trommel in Gegenrichtung des Antriebes, wenn dieser am Ende eines Reversionszyklus abgeschaltet wird: Die angetriebene Rotation der Trommel treibt die Wäschestücke an der Seite der Trommel, die sich nach oben bewegt, in die Höhe und verursacht so ein Ungleichgewicht, welches sich nach Abschalten des Antriebes durch eine kurze Gegenbewegung der Trommel ausgleicht. Die Messung dieser Gegenbewegung kann somit ebenfalls eine Aussage über das Vorliegen von Schaum liefern.

[0026] Alle genannten Einflüsse des Schaums auf Betriebsdaten der Wäschepflegemaschine wirken parallel mit anderen Einflüssen wie textile Art und Struktur sowie Masse der Wäschestücke, Menge der zum Behandeln vorgelegten Flüssigkeit nebst deren Temperatur und Zusammensetzung, Bewegung der Trommel in Reversierzyklen, Art der Regelung des Motors, Unwucht in der Verteilung der Wäschestücke im Laugenbehälter sowie Reaktion der schwingenden Aufhängung des Laugenbehälters auf solche Unwucht. Es mag somit wenig hilfreich sein, solche Einflüsse in konkreten physikalischen Mo-

dellen erfassen zu wollen. Erfindungsgemäß erfolgt ein Zugang zu einer indirekten Messung des Maßes für im Laugenbehälter vorliegenden Schaum durch Auswertung von Daten aus Modellversuchen.

[0027] Gemäß noch einer bevorzugten Weiterbildung der Erfindung weist die Wäschepflegemaschine mindestens einen Aktor auf, welcher von der Steuereinrichtung beim Steuern der Wäschepflegemaschine angesteuert wird und durch welchen Schaum im Laugenbehälter reduzierbar ist, und führt die Steuereinrichtung in Abhängigkeit von dem Maß zumindest eine Maßnahme zur Reduzierung des Schaums unter Anwendung des mindestens einen Aktors durch. Mit weiterem Vorzug wird die zumindest eine Maßnahme ausgewählt aus der Gruppe bestehend aus: Zugabe von Wasser zu der Flüssigkeit, Stabilisieren der Temperatur der Flüssigkeit, Reduzierung einer Drehzahl der Trommel, Reduzierung eines Umpumpens der Flüssigkeit im Laugenbehälter sowie Abpumpen der Flüssigkeit aus dem Laugenbehälter und anschließende Eingabe von Wasser in den Laugenbehälter. Mit zusätzlichem Vorzug stellt die Steuereinrichtung Information über die zumindest eine bestimmte Maßnahme zur Wahrnehmung durch einen Nutzer der Wäschepflegemaschine bereit.

[0028] Gemäß noch einer anderen bevorzugten Weiterbildung der Erfindung erfolgt das Behandeln der Wäschestücke in einem programmierten Wäschepflegeprozess, wobei die Steuereinrichtung eine Dauer des Wäschepflegeprozesses anhand des Maßes für den Schaum und anhand der zum Reduzieren des Schaumes erfolgten zumindest einen Maßnahme bestimmt und Information über diese Dauer zur Wahrnehmung durch einen Nutzer der Wäschepflegemaschine bereitstellt.

[0029] Gemäß noch einer weiteren bevorzugten Weiterbildung der Erfindung umfassen die Sensoren zumindest einen Sensor ausgewählt aus der Gruppe bestehend aus Drucksensor im Laugenbehälter, Leistungssensor am Motor, Leistungssensor an einer Laugenpumpe, Kraftsensor an einem Lager der Trommel und Sensor, insbesondere chemischer Sensor, im Laugenbehälter zur Bestimmung einer chemischen Zusammensetzung der Flüssigkeit.

[0030] Der Leistungssensor am Motor bzw. an der Pumpe kann ein Sensor sein, welcher einen elektrischen Parameter erfasst, der ein Maß für die momentan aufgenommene Leistung bzw. das momentan erzeugte Drehmoment darstellt, Beispielsweise kann ein solcher elektrischer Parameter auch elektrischen Strom darstellen, welcher dem Motor bzw. der Pumpe zwecks Betriebs zugeführt wird.

[0031] Gemäß noch einer zusätzlichen bevorzugten Weiterbildung der Erfindung weist die Wäschepflegemaschine mindestens einen Aktor auf, welcher von der Steuereinrichtung beim Steuern der Wäschepflegemaschine ansteuerbar wird und durch welchen Schaum im Laugenbehälter reduzierbar ist, und ist die Steuereinrichtung eingerichtet, um in Abhängigkeit von dem Maß zumindest eine Maßnahme zur Reduzierung des Schaums

unter Anwendung des mindestens einen Aktors zu bestimmen und durchzuführen. Mit weiterem Vorzug ist der zumindest eine Aktor ausgewählt aus der Gruppe bestehend aus dem Motor, einem Ventil zum Einlassen von Wasser in den Laugenbehälter, einer Laugenpumpe zum Abpumpen der Flüssigkeit aus dem Laugenbehälter und einer Dosiereinrichtung zum Dosieren eines Schauminhibitors in den Laugenbehälter. Insbesondere erfolgt die Bestimmung einer Maßnahme anhand eines Vergleichs des aktuell bestimmten Maßes mit einem vorgegebenen Schwellwert oder mehreren vorgegebenen Schwellwerten, so dass beim Überschreiten des oder eines Schwellwertes eine Maßnahme bestimmt wird. Beispielsweise kann in einem Schleudervorgang bei einer Überschreitung eines kleinen Schwellwertes der Schleudervorgang mit reduzierter Drehzahl fortgesetzt werden, und bei Überschreitung eines höheren Schwellwertes der Schleudervorgang abgebrochen werden, worauf ein weiterer Spülvorgang und anschließend ein erneuter Schleudervorgang erfolgen. Als Schauminhibitor in Betracht kommt unter anderem ein herkömmlicher Weichspüler, der kationische Tenside enthält, welche die in Waschmitteln vorliegenden anionischen Tenside in ihrer Wirkung zu neutralisieren vermögen. Solcher Weichspüler kann beispielsweise mit einem automatischen Dosiersystem der Wäschepflegemaschine bedarfsweise zudosiert werden.

[0032] Gemäß erneut einer bevorzugten Weiterbildung der Erfindung weist die Wäschepflegemaschine eine Anzeigeeinrichtung auf und ist deren Steuereinrichtung eingerichtet, um Information über die zumindest eine bestimmte Maßnahme mittels der Anzeigeeinrichtung zur Wahrnehmung durch einen Nutzer der Wäschepflegemaschine bereitzustellen. Mit zusätzlichem Vorzug ist die Wäschepflegemaschine eingerichtet zum Behandeln der Wäschestücke in einem programmierten Wäschepflegeprozess, und ist deren Steuereinrichtung eingerichtet zum Bestimmen einer Dauer des Wäschepflegeprozesses anhand des Maßes für den Schaum und anhand der zum Reduzieren des Schaumes bestimmten zumindest einen Maßnahme, sowie zum Bereitstellen von Information über diese Dauer mittels der Anzeigeeinrichtung zur Wahrnehmung durch den Nutzer. Die Anzeigeeinrichtung kann unmittelbar in die Wäschepflegemaschine integriert sein, sie kann auch von dieser räumlich getrennt und über ein Datennetz wie Internet, WLAN oder Bluetooth mit dieser verbunden sein. Im letzteren Fall kann die Anzeigeeinrichtung auf einer mobilen Kommunikationseinrichtung wie einem Smartphone mit einer entsprechenden App realisiert sein. Beide Möglichkeiten können auch miteinander kombiniert sein.

[0033] Gemäß erneut einer anderen bevorzugten Weiterbildung der Erfindung ist der virtuelle Sensor durch maschinelles Lernen aus einer Vielzahl von Modelldatensätzen erzeugt, wobei jeder Modelldatensatz zugehörige Modellwerte für die Betriebsdaten und ein diesen zugehöriges Maß aufweist. Mit weiterem Vorzug ist der virtuelle Sensor eingerichtet, um das Maß mittels Re-

gression aus den Modelldatensätzen zu bestimmen.

[0034] Grundsätzlich kann die Erfindung an einer Wäschepflegemaschine beliebigen Typs angewendet werden, zumal der zur Anwendung der Erfindung notwendige Aufwand recht gering ist. Neben der konventionellen Waschmaschine kommt somit auch der Waschtrockner in Betracht. Dabei kommt es nicht darauf an, wie die Drehachse der Trommel bestimmungsgemäß im Raum orientiert ist. Die Drehachse kann im Wesentlichen horizontal ausgerichtet sein wie nachfolgend im Detail beschrieben, sie kann aber auch vertikal oder in beliebigem Winkel zur Vertikalen orientiert sein.

[0035] Ausführungsbeispiele der Erfindung sind nachfolgend anhand der beigefügten Zeichnung näher erläutert. Die Figuren der Zeichnung zeigen nur die für die nachfolgende Erläuterung wichtigen Komponenten einer Wäschepflegemaschine bzw. eines virtuellen Sensors. Im einzelnen zeigen:

- Fig. 1 eine schematisierte frontale Ansicht eines vertikalen Schnitts einer Wäschepflegemaschine, wobei deren Laugenbehälter ebenfalls geschnitten ist;
- Fig. 2 eine schematisierte frontale Ansicht eines vertikalen Schnitts einer Wäschepflegemaschine;
- Fig. 3 eine schematisierte seitliche Ansicht eines vertikalen Schnitts einer Wäschepflegemaschine;
- Fig. 4 ein Funktionsdiagramm einer ersten Ausführungsform eines virtuellen Sensors zur Anwendung in der Wäschepflegemaschine gemäß Figuren 1 bis 3;
- Fig. 5 ein Funktionsdiagramm einer zweiten Ausführungsform eines virtuellen Sensors zur Anwendung in der Wäschepflegemaschine gemäß Figuren 1 bis 3;
- Fig. 6 eine schematische Darstellung eines Elman-Netzes; und
- Fig. 7 verschiedene zeitliche Verläufe der Bildung von Schaum in einer Wäschepflegemaschine unter Anwendung eines Elman-Netzes in einem virtuellen Sensor zum Bestimmen von Schaum.

[0036] Die Figuren 1 bis 3 zeigen eine schematisierte Ausführungsform des Behandeln von Wäschestücken 1 mittels einer Flüssigkeit 2, welche bei solchem Behandeln zum Bilden von Schaum 3 neigt. Die Wäschestücke 1 befinden sich in der Wäschepflegemaschine 4, die ein Gehäuse 5 und darin angeordnet einen Laugenbehälter 6 zum Aufnehmen der Flüssigkeit 2, eine in dem Laugenbehälter 6 angeordnete Trommel 8 mit einem Innenraum 11 zum Aufnehmen der Wäschestücke 1 und Mit-

nehmern 9 zum Hochheben und Fallenlassen der Wäschestücke 1, sowie einen Sumpf 7 aufweist. Die Trommel 7 ist um eine Drehachse 10 drehbar und weist einen Wellenzapfen 12 auf, welcher in einem Lager 13 des Laugenbehälters 6 gelagert ist. Über den Wellenzapfen 13 ist die Trommel 7 von einem Motor 14 antreibbar, insbesondere über zwei Treibscheiben und einen Riemen entsprechend der schematischen Darstellung in Fig. 3.

[0037] Die Figuren 1 und 2 haben im Wesentlichen denselben Inhalt, nur zeigt Figur 1 einen Schnitt durch den Laugenbehälter 6, während Figur 2 den Laugenbehälter 6 in Frontansicht zeigt. Gemäß Figur 2 sitzt frontseitig auf dem Laugenbehälter 6 eine Manschette 26 auf, die aus einem leicht verformbaren gummielastischen Material besteht und zur flüssigkeitsdichten Verbindung des Laugenbehälters 6 mit dem Gehäuse 5 dient. Ein schematisiertes Beispiel zur Ausführung einer solchen Manschette 26 ist in Figur 3 erkennbar. Dort ist auch gezeigt, wie die Wäschepflegemaschine 4 nach Einlegen der Wäschestücke 1 mittels einer auf der Manschette 26 aufsitzen- 20 den Tür 27 verschlossen wird.

[0038] An den Sumpf 7 des Laugenbehälters 6 sind zwei Laugenpumpen 25 und 29 angeschlossen. Die Laugenpumpe 25 dient zum Abpumpen der Flüssigkeit 2 bei und nach Beendigung eines Wäschepflegetprozesses oder eines Schrittes in einem solchen. Die Laugenpumpe 29 dient zum Umpumpen der Flüssigkeit 2 im Laugenbehälter, also zum Umwälzen der Flüssigkeit 2 mit dem Ziel, die Wäschestücke 1 besser mit der Flüssigkeit 2 zu durchfluten. Fig. 3 zeigt die Laugenpumpe 29 der Über- 30 sicht halber nicht.

[0039] Eine Steuereinrichtung 15 ist insbesondere als elektronische Einrichtung ausgeführt und dient dem Steuern der programmierten Wäschepflegetprozesse, zu deren Ausführung nach Wahl und Vorgabe einer Nutzerperson die die Wäschepflegemaschine 4 bestimmt ist. Diese Steuereinrichtung ist verbunden mit allen Komponenten der Wäschepflegemaschine 4, die gesteuert werden müssen, die Betriebsdaten eines laufenden Wäschepflegetprozesses erfassen oder die zur Kommunikation mit einer Nutzerperson erforderlich sind. Die Art jeder entsprechenden Verbindung richtet sich nach den Gegebenheiten des jeweiligen Einzelfalles; die Verbindung kann insbesondere mechanisch oder elektrisch, und dann drahtgebunden oder drahtlos, ausgebildet sein. 35

[0040] Die Steuereinrichtung 15 umfasst auch einen virtuellen Sensor 16, welchem bestimmte Betriebsdaten eines laufenden Wäschepflegetprozesses kontinuierlich zuführbar sind und welcher eingerichtet ist, um beim Behandeln der Wäschestücke 1 aus den zugeführten Betriebsdaten kontinuierlich ein Maß für in dem Laugenbehälter 6 vorhandenen Schaum 3 zu ermitteln. Auf der Grundlage dieses Maßes wird der Wäschepflegetprozess durch die Steuereinrichtung überwacht und gesteuert, sei es, um Bildung eines Übermaßes an Schaum zu verhindern, sei es, um die Anwesenheit eines vorgegebenen Maßes an Schaum als Indikator für die Anwesenheit einer vorgegebenen wirksamen Menge eines Waschmit- 40

tels, insbesondere eines Tensids, in der Flüssigkeit 2 sicherzustellen.

[0041] Das Maß wird vorzugsweise als eine Höhe oder ein Volumen des Schaums in der Trommel ausgedrückt. Im Rahmen dieser Ausführungsbeispiele wird die Höhe des Schaums als eine Höhe bestimmt, in welcher der Schaum in einem Fenster der Tür 27, welche den Laugenbehälter 6 verschließt, in Erscheinung tritt.

[0042] Neben dem Maß für den Schaum 3 selbst kann die Steuereinrichtung 15 zusätzlich eine zeitliche Entwicklung des Maßes bestimmen, insbesondere eine zeitliche Ableitung, und zum Steuern der Wäschepflegemaschine 4 nutzen.

[0043] Außer der zeitlichen Entwicklung des Maßes, welche insbesondere durch eine zeitliche Ableitung des Maßes dargestellt sein kann, bestimmt der virtuelle Sensor 16 zusätzlich eine Prognose der zeitlichen Entwicklung des Maßes, und die Steuereinrichtung nutzt 15 die Prognose zum Steuern der Wäschepflegemaschine 4. Eine Prognose ist dabei ein Schätzwert für das um einen "makroskopischen" Zeitraum zukünftige Maß ist, wobei der Schätzwert insbesondere dem Maß nach Ablauf eines bestimmten Zeitraums zwischen 10 Sekunden und 10 Minuten, insbesondere 2 Minuten und 8 Minuten, vorzugsweise etwa 5 Minuten, nach der Prognose entspricht. Ein solcher Schätzwert ist auch entkoppelt von kurzzeitiger Fluktuation, welcher das Maß angesichts erheblicher Bewegungen innerhalb der Wäschepflegemaschine 4 unterworfen sein kann,

[0044] Es kann auch von Interesse sein, die Prognose auf einen zukünftigen Zeitpunkt in 10 Sekunden bis 30 Sekunden, insbesondere in etwa 20 Sekunden, zu richten, insbesondere in einer Phase eines Wäschepflegeprozesses, in welcher die Trommel 7 reversierend für Zeiträume der genannte Dauern in einander abwechselnden Drehrichtungen gedreht wird, und so Prognosen von Reversierzyklus zu Reversierzyklus zu erhalten und zu nutzen.

[0045] Es ist auch denkbar, solche Prognosen für sehr lange Zeiträume zwischen einer Stunde und zwei Stunden vorzusehen, um frühzeitig Aussagen über die voraussichtliche Entwicklung während des Wäschepflegeprozesses zu erhalten und zu nutzen.

[0046] Wie anhand der Figuren noch genauer beschrieben wird, beinhaltet der virtuelle Sensor 16 ein trainiertes neuronales Netz, welches das Maß bestimmt. Dieses neuronale Netz ist insbesondere ein rekurrentes neuronales Netz, welches besonders geeignet ist, um neben dem Maß auch seinen zeitlichen Verlauf zu modellieren und auch die Prognose zu stellen.

[0047] Die Betriebsdaten zur Bestimmung des Maßes für den Schaum 3 sind insbesondere Leistungsaufnahme des Motors 14, Leistungsaufnahme der Laugenpumpe 25 oder 29, Kraftaufnahme am Lager 11 der Trommel 8, Rotationszustand der Trommel 8, Füllstand der Flüssigkeit 2 im Laugenbehälter 6, Zusammensetzung der Flüssigkeit 2, Temperatur der Flüssigkeit 2, und deren zeitliche Ableitungen. Zum kontinuierlichen Aufnehmen

von Betriebsdaten der Wäschepflegemaschine 4 sind Sensoren 17, 18, 19, 20, 25, 29 vorgesehen, und die Steuereinrichtung 15 ist mit diesen Sensoren in jeweils geeigneter Weise verbunden. Die Sensoren 17, 18, 19, 20, 25, 29 umfassen vorliegend einen Drucksensor 17 im Laugenbehälter 6, einen Leistungssensor 18 am Motor 14, Leistungssensoren an den Laugenpumpen 25 und 29, einen Kraft- und Positionssensor 19 am Lager 13 der Trommel 8, und einen Sensor 20 im Laugenbehälter 6 zur Bestimmung einer chemischen Zusammensetzung oder Temperatur der Flüssigkeit 2. Auch die Laugenpumpen 25 und 29 dienen als Sensoren und sind jeweils mit einem Leistungssensor versehen, wobei dieser der Übersicht halber nicht dargestellt ist. Entsprechend gewöhnlicher Praxis dient der Drucksensor 17 zur Bestimmung eines Füllstandes der Flüssigkeit 2 im Laugenbehälter 6, und wird insbesondere eingesetzt, um den Füllstand gemäß Vorgabe im jeweils durchzuführenden Wäschepflegeprozess einzustellen und/oder zu regeln. Der Leistungssensor 18 kann ein Sensor sein, welcher den elektrischen Strom misst, welcher dem Motor 14 zwecks Betreibens zugeführt wird und somit bei konstanter elektrischer Spannung am Motor 14 ein Maß für die momentan aufgenommene Leistung bzw. das momentan erzeugte Drehmoment darstellt. Der Kraftsensor 19 dient gemäß gewöhnlicher Praxis insbesondere dazu, das Gewicht der Trommel 8 mit eingelegten Wäschestücken 1 sowie Beschleunigungen zu messen, die beim schnellen Drehen der Trommel 8 durch Unwuchten wegen nicht völlig gleichmäßig verteilter Wäschestücke 1 insbesondere beim schnellen Drehen in einem Schleuderprozess entstehen. Gewöhnlich kann nicht davon ausgegangen werden, dass sich die Wäschestücke 1 beim Schleudern derart gleichmäßig in der Trommel 8 verteilen, dass die Drehung ohne Erzeugung statischer und dynamischer Unwuchten, also oszillierender Kräfte und Drehmomente, erfolgt. Demnach ist der Laugenbehälter 6 mit der Trommel 8 gewöhnlich schwingend im Gehäuse 5 aufgehängt. Ein entsprechendes Schwingungssystem mit Federn und Dämpfern ist in den Figuren der Zeichnung nicht dargestellt, gemäß einschlägiger Praxis aber hinzuzudenken.

[0048] Zur Bestimmung eines Maßes für den Schaum 3 können vorliegend alle diese Sensoren 17, 18, 19, 20, 25, 29 oder nur eine Untergruppe daraus eingesetzt werden. Dabei werden die mit den entsprechenden Sensoren 17, 18, 19, 20, 25, 29 erhaltenen Betriebsdaten in der Steuereinrichtung 15 auch dem virtuellen Sensor 16 zugeführt, um aus ihnen eine quantitative Aussage über die Anwesenheit von Schaum 3 im Laugenbehälter 6 abzuleiten. Figur 1 zeigt den Laugenbehälter in Ruhe, so dass die Flüssigkeit 2 über den Wäschestücken 1 einen ruhigen Spiegel bildet, auf welchem eine Lage von Schaum 3 aufliegt. Eine solche ruhige Anordnung liegt während des Ablaufs eines Wäschepflegeprozesses nur selten vor. Deshalb ist eine laufende direkte Messung der Menge des Schaums 3, etwa durch Messung der Höhe der Lage des Schaums 3 über der Flüssigkeit 2,

unpraktikabel und unpräzise. Vorliegend ersetzt der virtuelle Sensor 16 deshalb die direkte Messung, indem er aus sinnvoll und präzise messbaren Betriebsdaten ein Maß für den im Laugenbehälter 6 vorliegenden Schaum 3 ableitet. Ein Zusammenhang zwischen den Betriebsdaten und dem Maß ist dabei aus Erfahrungsdaten, die in modellhaften Experimenten gewonnen wurden, insbesondere mit Methoden des maschinellen Lernens abgeleitet. Dabei wird der virtuelle Sensor 16 durch maschinelles Lernen aus einer Vielzahl von Modelldatensätzen erzeugt, wobei jeder Modelldatensatz zugehörige Modellwerte für die Betriebsdaten und ein diesen zugehöriges Maß aufweist. Des Weiteren ist der virtuelle Sensor 16 eingerichtet, um dieses Maß mittels Regression aus den Modelldatensätzen zu bestimmen.

[0049] Als Beispiel für einen Effekt, dem Schaum 3 in einer Komponente der Wäschepflegemaschine 4 hervorruft, wird der an der Laugenpumpe 29 beim Umpumpen der Flüssigkeit 2 auftretende Effekt kurz dargestellt: Das Absaugen der Flüssigkeit 2 aus dem Laugenbehälter 6 und deren Förderung zurück in den Laugenbehälter 6 erfordern eine bestimmte elektrische Leistung, welche mit einem entsprechenden Leistungssensor an der Laugenpumpe 29 auch verifizierbar ist. Ist aber im Laufe eines Wäschepflegeprozesses ein ausreichend großer Teil der Flüssigkeit 2 in Schaum 3 umgewandelt worden, so kann die Laugenpumpe 29 die verbliebene Flüssigkeit 2 mehr oder weniger vollständig aus dem Sumpf 7 herauspumpen, so dass sie dann Schaum 3 ansaugt und fördert. Aufgrund dessen geringer Dichte sinkt dabei die elektrische Leistung, die die Laugenpumpe 29 aufnehmen muss, und erhöht sich eventuell auch deren Drehzahl. Somit sind jeweils aufgenommene elektrische Leistung sowie Drehzahl der Laugenpumpe 29 signifikant für die Anwesenheit von Schaum 3 im Laugenbehälter 6. Von Interesse kann es sein, den zeitlichen Verlauf der aufgenommenen Leistung ab jeweiliger Inbetriebnahme der Laugenpumpe 29 zu beobachten. Dabei zeigt sich zunächst eine Leistungsaufnahme entsprechend der Förderung von Flüssigkeit 2, welche sich mehr oder weniger abrupt reduziert, sobald Schaum 3 anstatt Flüssigkeit 2 gefördert wird.

[0050] Die Wäschepflegemaschine 4 gemäß Figuren 1 bis 3 weist auch Aktoren 14, 22, 24, 25, 29 auf, welcher von der Steuereinrichtung 15 beim Steuern der Wäschepflegemaschine 4 ansteuerbar sind und durch deren Anwendung Schaum 3 im Laugenbehälter 6 beeinflussbar, insbesondere reduzierbar ist. Die Steuereinrichtung 15 ist eingerichtet, um in Abhängigkeit von dem Maß zumindest eine Maßnahme zur Beeinflussung, insbesondere Reduzierung, des Schaums 3 unter Anwendung des mindestens einen Aktors 14, 22, 24, 25, 29 durchzuführen. Diese Aktoren 14, 22, 24, 25, 29 sind der Motor 14, ein Ventil 22 zum Einlassen von Wasser in den Laugenbehälter 6 über die Einspülkammer 23, die Laugenpumpe 25 zum Abpumpen der Flüssigkeit 2 aus dem Laugenbehälter 6, die Laugenpumpe 29 zum Umpumpen der Flüssigkeit 2 und eine Dosiereinrichtung 24 zum Dosie-

ren eines Schauminhibitors in den Laugenbehälter 6 ebenfalls über die Einspülkammer 23.

[0051] Über den Motor 14 kann der Betrieb der Trommel 8 entsprechend der Anwesenheit von Schaum 3 im Laugenbehälter gesteuert werden, indem die Trommel 8 schneller, langsamer und/oder in kürzeren oder längeren Intervallen gedreht wird. Über das Einlassen von Wasser in den Laugenbehälter 6 kann die darin befindliche Flüssigkeit 2 verdünnt und/oder abgekühlt werden, um eine Beeinflussung des Schaumes zu erreichen. Darüber hinaus kann durch eine in den Figuren nicht dargestellte Heizung die Temperatur der Flüssigkeit 2 zur Beeinflussung des Schaums 3 verändert, insbesondere gezielt erhöht werden. Die Laugenpumpe 25 mag dazu dienen, einen Teil der Flüssigkeit 2 aus dem Laugenbehälter 6 abzupumpen und dadurch, gegebenenfalls im Zusammenwirken mit genanntem Ventil 22, die Menge und Zusammensetzung der Flüssigkeit 2 günstig zu beeinflussen. Der Betrieb der Laugenpumpe 29 kann bei Vorliegen von Schaum 3 reduziert werden oder ganz unterbleiben, um der Bildung weiteren Schaums 3 vorzubeugen. Die Dosiereinrichtung 24 kann im Rahmen gewöhnlicher Praxis vorgesehen sein, um für einen Spülprozess Weichspüler in den Laugenbehälter 6 einzuführen. Solcher Weichspüler enthält für gewöhnlich ein kationisches Tensid, welches dazu dienen kann, ein in der Flüssigkeit 2 vorhandenes anionisches Tensid, welches Schaum 3 hervorruft, zu neutralisieren und dadurch die Bildung von Schaum 3 zu beeinflussen.

[0052] Demnach steuert die Steuereinrichtung 15 beim Steuern der Wäschepflegemaschine 4 mindestens einen Aktor 14, 22, 24, 25, 29 an, um in Abhängigkeit von dem Maß zumindest eine Maßnahme zur Beeinflussung, insbesondere Reduzierung des Schaums 3 unter Anwendung des Aktors 14, 22, 24, 25, 29 durchzuführen. Insbesondere ist diese Maßnahme eine der folgenden: Zugabe von Wasser zu der Flüssigkeit 2, Stabilisieren der Temperatur der Flüssigkeit 2, Reduzierung einer Drehzahl der Trommel 8, Reduzierung des Umpumpens der Flüssigkeit 2 sowie Abpumpen der Flüssigkeit 2 aus dem Laugenbehälter 6 und anschließende Eingabe von Wasser in den Laugenbehälter 6.

[0053] Die Wäschepflegemaschine 4 verfügt auch über eine Anzeigeeinrichtung 21, wobei die Steuereinrichtung 15 eingerichtet ist, um Information über die zumindest eine bestimmte Maßnahme zur Beeinflussung des Schaums 3 mittels der Anzeigeeinrichtung 21 zur Wahrnehmung durch einen Nutzer der Wäschepflegemaschine 4 bereitzustellen. Zusätzlich ist die Steuereinrichtung 15 eingerichtet zum Bestimmen einer Dauer eines programmierten Wäschepflegeprozesses anhand des Maßes für den Schaum 3 und anhand der zum Beeinflussen, insbesondere Reduzieren des Schaumes 3 bestimmten Maßnahme, und zum Bereitstellen von Information über diese Dauer mittels der Anzeigeeinrichtung 21 zur Wahrnehmung durch den Nutzer.

[0054] Figur 4 zeigt ein Funktionsdiagramm des virtuellen Sensors 16 zur Anwendung in der Wäschepflege-

maschine 4 gemäß Figuren 1 bis 3. Dem virtuellen Sensor 16 werden die von den Sensoren 17, 18, 19 und 20 sowie von entsprechenden Sensoren an den Laugenpumpen 25 und 29 bestimmten Betriebsdaten der einen programmierten Wäschepflegeprozess durchführenden Wäschepflegemaschine 4 zugeführt, gegebenenfalls nach Vorverarbeitung wie Digitalisierung und/oder zeitliche Ableitung. Aus diesen Betriebsdaten bestimmt sodann der virtuelle Sensor 16 das Maß für den Schaum 3 wie oben beschrieben. Dieses Maß kann durch die Anzeigeeinrichtung 2 zur Wahrnehmung durch den Nutzer angezeigt werden, gegebenenfalls angereichert um weitere Information wie zum Beispiel eine aufgrund dieses Maßes ausgewählte Maßnahme zur Beeinflussung des Schaums 3. Das Maß wird auch einer Treibereinrichtung 28 zugeführt, welche wie der virtuelle Sensor 16 zu der Steuereinrichtung 15 gehört, und dort weiter verarbeitet, indem Signale zur Steuerung der Aktoren 14, 22, 24, 25 und 29 generiert und an die Aktoren 14, 22, 24, 25 und 29 ausgegeben werden.

[0055] Figur 5 zeigt ein Funktionsdiagramm des virtuellen Sensors 16 zur Anwendung in der Wäschepflegemaschine gemäß Figuren 1 bis 3. Das Funktionsdiagramm stimmt mit demjenigen der Figur 4 überein bis auf die Rückkopplungsschleife 30, welche Rückkopplungen in dem virtuellen Sensor 16 zeigt. Durch solche Rückkopplungen ist das trainierte neuronale Netz in dem virtuellen Sensor ein trainiertes rekurrentes neuronales Netz und kann als solches neben seinen Eingangsgrößen 17 bis 20, 25 und 29 auch deren zeitliche Entwicklung verarbeiten. Dies macht den virtuellen Sensor 16 geeignet zur Bestimmung der Prognose des Maßes zusätzlich zum Maß selbst.

[0056] Figur 6 zeigt ein Elman-Netz als Beispiel für ein rekurrentes neuronales Netz. Die Neuronen als Schalteinheiten dieses Netzes sind symbolisch als runde Einheiten dargestellt. Auf der linken Seite der Figur ist ein Eingangs-Neuron 31 dargestellt, welchem die Betriebsdaten der Wäschepflegemaschine 4 zugeführt werden. An das Eingangs-Neuron 31 angeschlossen sind drei zueinander parallele versteckte Neuronen 32, zwischen deren jeweiligen Ausgängen und Eingängen Rückkopplungen 30 vorgesehen sind. Ein Ausgangs-Neuron 33 dient der Ausgabe des Maßes und dessen Prognose. Die dargestellten Anzahlen der Neuronen 31, 32 und 33 sind nicht repräsentativ für ein reales Elman-Netz.

[0057] Bei dem in Figur 6 gezeigten Elman-Netz berechnen sich die Werte der versteckten Neuronen 32 h zum Zeitpunkt t aus der mit Hilfe einer nichtlinearen Aktivierungsfunktion act transformierten Summe aus den mit $W1/h$ gewichteten Eingangswerten X_t und den Ausgangswerten der versteckten Neuronen 32 des vorigen Zeitschritts $h-1$, welche gemäß $W(h-1)/h$ gewichtet sind. Anschließend werden die Werte der versteckten Neuronen 32 $W(h)$ mit den Gewichten der letzten Schicht (W_h/o), die letzte Schicht repräsentiert durch das Ausgangs-Neuron 33, multipliziert und ergeben transformiert

mit Hilfe einer weiteren Aktivierungsfunktion das Ergebnis $f(X_t)$ des Netzes, also das Maß und dessen Prognose. Der Unterschied zu einem künstlichen neuronalen Netz ohne rekurrente Struktur besteht also aus der zeitlichen Rückkopplung der versteckten Neuronen 32 des vorigen Zeitschritts $ht-1$ und deren Einfluss auf das Ergebnis im Zeitschritt ht . Figur 6 zeigt der Übersicht halber nur drei versteckte Neuronen 32. Die prognostizierten zeitlichen Verläufe der Figur 7 sind ermittelt worden mit einem trainierten Elman-Netz, welches 20 versteckte Neuronen 32 und eine Schicht umfasste.

[0058] Figur 7 zeigt verschiedene zeitliche Verläufe der Bildung von Schaum in einer Wäschepflegemaschine mit prognostizierten Maßen, die unter Anwendung eines trainierten Elman-Netzes im virtuellen Sensor 16 zum Bestimmen von Schaum erhalten wurden, und die Grenzen des Konfidenzintervalls für 95% Konfidenz pro Zeitpunkt. Die Abszissen der Diagramme zeigen den Zeitablauf über 45 Minuten, die Ordinaten die Höhe des Schaums in relativen Einheiten: Bei Null ist kein Schaum im Fenster der Tür 27 (vgl. Fig. 3, dort ist das Fenster allerdings nicht dargestellt), bei 1 reicht der Schaum bis zum oberen Rand des Fensters. Die durchgezogenen Kurven zeigen die realen Messwerte, die gestrichelten Kurven die Werte der Prognosen. Die gepunkteten Kurven markieren die Konfidenzintervalle. Dabei wurden die in den Kurven dargestellten Prognosen ermittelt als Prognosen für zukünftige Zeitpunkte nach jeweils 5 Minuten. Die in den Kurven dargestellten Messwerte sind dementsprechend mit einer Zeitverzögerung von 5 Minuten dargestellt, um einen Vergleich zwischen Prognose und Realität zu bieten. Die Konfidenzintervalle variieren entsprechend der Länge des Zeitraums, für den die Prognose bestimmt wird, und sind um so größer, je länger dieser Zeitraum ist.

[0059] Der Verlauf im linken Diagramm entspricht einer Situation, bei der ein Wäschepflegeprozess ohne Bildung von Schaum abläuft. Dies wird auch von der Prognose bei geringen Schwankungen richtig wiedergegeben. Der Verlauf im mittleren Diagramm entspricht einer Situation, bei der ein Wäschepflegeprozess unter mittelmäßiger Bildung von Schaum abläuft. Auch diese Situation wird von dem Elman-Netz entsprechend der gestrichelten Kurve, die der durchgezogenen Kurve unter geringen Schwankungen recht gut folgt, korrekt prognostiziert. Der Verlauf im rechten Diagramm entspricht einer Situation, bei der ein Wäschepflegeprozess unter starker Bildung von Schaum abläuft. Auch diese Situation wird von dem Elman-Netz entsprechend der gestrichelten Kurve, die der durchgezogenen Kurve unter geringen Schwankungen recht gut folgt, korrekt prognostiziert.

[0060] Gemäß der Erfindung erfolgen somit eine indirekte Messung und eine Prognose des Vorhandenseins von Schaum 3 im Laugenbehälter 6 dadurch, dass ein virtueller Sensor 15 bereitgestellt wird, welcher aus bestimmten und sinnvoll messbaren Betriebsdaten der Wäschepflege ein quantitatives Maß für den im Laugenbehälter 6 vorhandenen Schaum 3 bestimmt. Dieses Maß

kann eine Höhe sein, bis zu welcher der Schaum 3 über der kurzzeitig während der Unterbrechung zur Ruhe gekommenen Flüssigkeit 2, insbesondere Waschlauge, im Laugenbehälter 6 vorliegt. Im virtuellen Sensor 15 werden sodann die Zusammenhänge zwischen dem in Modellversuchen gemessenen Maß und den gleichzeitig damit gemessenen Betriebsdaten in Algorithmen, Tabellen oder dergleichen implementiert, so dass der virtuelle Sensor 15 im praktisch ablaufenden Wäschepflegeprozess aus entsprechenden Betriebsdaten das gewünschte Maß ermitteln und zur Steuerung des Wäschepflegeprozesses bereitstellen kann.

[0061] Ein Vorteil der Erfindung liegt darin, dass über das Maß eine quantitative Aussage über den vorhandenen Schaum 3 praktisch zu jedem Zeitpunkt in einem Wäschepflegeprozess möglich ist. Diese quantitative Aussage erlaubt insbesondere eine Berücksichtigung bei der Steuerung der Wäschepflegemaschine 4, wobei insbesondere eine Regelung mit dem Maß als Eingangsgröße über verschiedene Stellgrößen wie die zu erreichende Menge und Temperatur der Flüssigkeit im Laugenbehälter sowie die Dosierung von Waschmittel in den Laugenbehälter 6 erfolgen kann. Die Erfindung erlaubt auch die Beobachtung der Wirkung einer Maßnahme zur Beeinflussung des Schaums 3, so dass eine einmal getroffene Maßnahme abgebrochen, verlängert, wiederholt, oder von einer anderen Maßnahme gefolgt werden kann. Auch ist es möglich, den zeitlichen Verlauf des Maßes auszuwerten und daraus eine Prognose für das Auftreten von Schaum 3 in späteren Phasen der Wäschepflege abzuleiten.

BEZUGSZEICHENLISTE

[0062]

- | | | |
|----|---|--|
| 1 | Wäschestück | |
| 2 | Flüssigkeit | |
| 3 | Schaum | |
| 4 | Wäschepflegemaschine | |
| 5 | Gehäuse | |
| 6 | Laugenbehälter | |
| 7 | Sumpf | |
| 8 | Trommel | |
| 9 | Mitnehmer | |
| 10 | Drehachse | |
| 11 | Innenraum | |
| 12 | Wellenzapfen | |
| 13 | Lager | |
| 14 | Motor | |
| 15 | Steuereinrichtung | |
| 16 | Virtueller Sensor | |
| 17 | Drucksensor im Laugenbehälter | |
| 18 | Leistungssensor am Motor | |
| 19 | Kraft- oder Positionssensor am Lager | |
| 20 | Chemischer Sensor oder Temperatursensor im Laugenbehälter | |
| 21 | Anzeigeeinrichtung | |

- | | | |
|----|---|--|
| 22 | Ventil zum Einlassen von Wasser in den Laugenbehälter | |
| 23 | Einspülkammer | |
| 24 | Dosiereinrichtung zum Dosieren von Schauminhibitor | |
| 5 | | |
| 25 | Laugenpumpe zum Abpumpen | |
| 26 | Manschette | |
| 27 | Tür | |
| 28 | Treibereinrichtung | |
| 10 | 29 Laugenpumpe zum Umpumpen | |
| 30 | Rückkopplungsschleife im virtuellen Sensor | |
| 31 | Eingangs-Neuron | |
| 32 | verstecktes Neuron | |
| 33 | Ausgangs-Neuron | |
| 15 | | |

Patentansprüche

- | | | |
|----|--|--|
| 1. | Verfahren zum Bestimmen von Schaum (3) beim Behandeln von Wäschestücken (1) mittels einer Flüssigkeit (2) in einer Wäschepflegemaschine (4), welche ein Gehäuse (5) und darin angeordnet einen Laugenbehälter (6) zum Aufnehmen der Flüssigkeit (2), eine in dem Laugenbehälter (6) angeordnete, um eine Drehachse (10) drehende und von einem Motor (14) angetriebene Trommel (8) mit einem Innenraum (11) zum Aufnehmen der Wäschestücke (1) aufweist, wobei Sensoren (17, 18, 19, 20, 25, 29) Betriebsdaten der Wäschepflegemaschine (4) kontinuierlich aufnehmen und einer mit den Sensoren (17, 18, 19, 20, 25, 29) verbundenen Steuereinrichtung (15) zum Steuern der Wäschepflegemaschine (4) entsprechend den Betriebsdaten zuführen, wobei die Steuereinrichtung (15) den Schaum (3) aus den Betriebsdaten bestimmt, dadurch gekennzeichnet, dass die Steuereinrichtung (15) einen virtuellen Sensor (16) beinhaltet, welchem die Betriebsdaten kontinuierlich zugeführt werden und welcher aus den zugeführten Betriebsdaten kontinuierlich ein Maß für in dem Laugenbehälter (6) vorhandenen Schaum (3) ermittelt. | |
| 2. | Verfahren nach Anspruch 1, bei dem das Maß eine Höhe oder ein Volumen des Schaums (3) in der Trommel (8) ist. | |
| 3. | Verfahren nach einem der vorigen Ansprüche, bei dem der virtuelle Sensor (16) zusätzlich eine zeitliche Entwicklung des Maßes bestimmt, und die Steuereinrichtung (15) die zeitliche Entwicklung des Maßes zum Steuern der Wäschepflegemaschine (4) nutzt. | |
| 4. | Verfahren nach Anspruch 3, bei dem der virtuelle Sensor (16) zusätzlich eine Prognose der zeitlichen Entwicklung des Maßes bestimmt und die Steuereinrichtung (15) die Prognose zum Steuern der Wäschepflegemaschine (4) nutzt. | |

5. Verfahren nach Anspruch 4, bei dem die Prognose ein Schätzwert für das zukünftige Maß ist, wobei der Schätzwert dem Maß nach Ablauf eines bestimmten Zeitraums zwischen 10 Sekunden und 10 Minuten, insbesondere zwischen 2 Minuten und 8 Minuten, vorzugsweise etwa 5 Minuten, nach der Prognose entspricht. 5
6. Verfahren nach einem der vorigen Ansprüche, bei dem der virtuelle Sensor (16) ein trainiertes neuronales Netz beinhaltet, welches das Maß bestimmt. 10
7. Verfahren nach Anspruch 6, bei dem das trainierte neuronale Netz ein rekurrentes neuronales Netz ist. 15
8. Verfahren nach einem der vorigen Ansprüche, bei dem die Betriebsdaten ausgewählt sind aus der Gruppe bestehend aus Leistungsaufnahme des Motors (14), Leistungsaufnahme einer Laugenpumpe (25, 29), Kraftaufnahme an einem Lager (11) der Trommel (8), Rotationszustand der Trommel (8), Füllstand der Flüssigkeit (2) im Laugenbehälter (6), Zusammensetzung der Flüssigkeit (2), Temperatur der Flüssigkeit (2), und deren zeitliche Entwicklungen. 20 25
9. Verfahren nach einem der vorigen Ansprüche, bei dem die Wäschepflegemaschine (4) mindestens einen Aktor (14, 22, 24, 25, 29) aufweist, welcher von der Steuereinrichtung (15) beim Steuern der Wäschepflegemaschine (4) angesteuert wird und durch welchen Schaum (3) im Laugenbehälter reduzierbar ist, und bei dem die Steuereinrichtung (15) in Abhängigkeit von dem Maß zumindest eine Maßnahme zur Reduzierung des Schaums (3) unter Anwendung des mindestens einen Aktors (14, 22, 24, 25, 29) durchführt. 30 35
10. Verfahren nach Anspruch 9, bei welchem die zumindest eine Maßnahme ausgewählt wird aus der Gruppe bestehend aus: Zugabe von Wasser zu der Flüssigkeit (2), Stabilisieren der Temperatur der Flüssigkeit (2), Reduzierung einer Drehzahl der Trommel (8) sowie Abpumpen der Flüssigkeit (2) aus dem Laugenbehälter (6) und anschließende Eingabe von Wasser in den Laugenbehälter (6). 40 45
11. Verfahren nach einem der Ansprüche 9 und 10, bei dem die Steuereinrichtung (15) Information über die zumindest eine bestimmte Maßnahme zur Wahrnehmung durch einen Nutzer der Wäschepflegemaschine (4) bereitstellt. 50
12. Verfahren nach einem der Ansprüche 9 bis 11, bei dem das Behandeln der Wäschestücke (1) in einem programmierten Wäschepflegeprozess erfolgt, und bei dem die Steuereinrichtung (15) eine Dauer des Wäschepflegeprozesses anhand des Maßes für den Schaum (3) und anhand der zum Reduzieren des Schaumes (3) erfolgten zumindest einen Maßnahme bestimmt und Information über diese Dauer zur Wahrnehmung durch einen Nutzer der Wäschepflegemaschine (4) bereitstellt. 5
13. Wäschepflegemaschine (4) zum Behandeln von Wäschestücken (1) mittels einer Flüssigkeit (2), umfassend ein Gehäuse (5) und darin angeordnet einen Laugenbehälter (6) zum Aufnehmen der Flüssigkeit (2), eine in dem Laugenbehälter (6) angeordnete, um eine Drehachse (10) drehbare und von einem Motor (14) antreibbare Trommel (8) mit einem Innenraum (11) zum Aufnehmen der Wäschestücke (1), Sensoren (17, 18, 19, 20, 25, 29) zum kontinuierlichen Aufnehmen von Betriebsdaten der Wäschepflegemaschine (4), und eine mit den Sensoren (17, 18, 19, 20, 25, 29) verbundene Steuereinrichtung (15) zum Steuern der Wäschepflegemaschine (4) entsprechend den Betriebsdaten, wobei die Steuereinrichtung (15) eingerichtet ist, um im Laugenbehälter (6) vorhandenen Schaum (3) aus den Betriebsdaten zu bestimmen, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Steuereinrichtung (15) einen virtuellen Sensor (16) beinhaltet, welchem die Betriebsdaten kontinuierlich zuführbar sind und welcher eingerichtet ist, um beim Behandeln der Wäschestücke (1) aus den zugeführten Betriebsdaten kontinuierlich ein Maß für in dem Laugenbehälter (6) vorhandenen Schaum (3) zu ermitteln. 10 15 20 25 30 35
14. Wäschepflegemaschine (4) nach Anspruch 13, bei der der virtuelle Sensor (16) eingerichtet ist, um zusätzlich eine zeitliche Entwicklung des Maßes zu bestimmen, und bei der die Steuereinrichtung (15) eingerichtet ist, um die zeitliche Entwicklung zum Steuern der Wäschepflegemaschine (4) zu nutzen. 35
15. Wäschepflegemaschine (4) nach Anspruch 14, bei dem der virtuelle Sensor (16) eingerichtet ist, um zusätzlich eine Prognose der zeitlichen Entwicklung des Maßes zu bestimmen, und die Steuereinrichtung (15) eingerichtet ist, um die zeitliche Entwicklung zum Steuern der Wäschepflegemaschine (4) zu nutzen. 40 45
16. Wäschepflegemaschine (4) nach Anspruch 15, bei dem die Prognose ein Schätzwert für das zukünftige Maß ist, wobei der Schätzwert dem Maß nach Ablauf eines bestimmten Zeitraums zwischen 10 Sekunden und 10 Minuten, insbesondere 2 Minuten und 8 Minuten, vorzugsweise etwa 5 Minuten, nach der Prognose entspricht. 50
17. Wäschepflegemaschine (4) nach einem der Ansprüche 13 bis 16, bei dem der virtuelle Sensor (16) ein trainiertes neuronales Netz beinhaltet, welches das Maß bestimmt. 55

18. Wäschepflegemaschine (4) nach Anspruch 17, bei dem das trainierte neuronale Netz ein trainiertes rekurrentes neuronales Netz ist.
19. Wäschepflegemaschine (4) nach Anspruch 18, bei dem das trainierte neuronale Netz ein trainiertes Elman-Netz enthält.
20. Wäschepflegemaschine (4) nach einem der Ansprüche 13 bis 19, bei der die Sensoren (17, 18, 19, 20, 25, 29) zumindest einen Sensor (17, 18, 19, 20, 25, 29) ausgewählt aus der Gruppe bestehend aus Drucksensor (17) im Laugenbehälter (6), Leistungssensor (18) am Motor (14), Leistungssensor an einer Laugenpumpe (25, 29), Kraft- oder Positionssensor (19) an einem Lager (11) der Trommel (8) und Sensor (20) im Laugenbehälter (6) zur Bestimmung einer Temperatur oder chemischen Zusammensetzung der Flüssigkeit (2) umfassen.
21. Wäschepflegemaschine (4) nach einem der Ansprüche 13 bis 20, welche mindestens einen Aktor (14, 22, 24, 25, 29) aufweist, welcher von der Steuereinrichtung (15) beim Steuern der Wäschepflegemaschine (4) ansteuerbar ist und durch welchen Schaum (3) im Laugenbehälter (6) reduzierbar ist, und bei dem die Steuereinrichtung (15) eingerichtet ist, um in Abhängigkeit von dem Maß zumindest eine Maßnahme zur Reduzierung des Schaums (3) unter Anwendung des mindestens einen Aktors (14, 22, 24, 25, 29) durchzuführen.
22. Wäschepflegemaschine (4) nach Anspruch 21, bei der der zumindest eine Aktor (14, 22, 24, 25, 29) ausgewählt ist aus der Gruppe bestehend aus dem Motor (14), einem Ventil (22) zum Einlassen von Wasser in den Laugenbehälter (6), einer Laugenpumpe (25) zum Abpumpen der Flüssigkeit (2) aus dem Laugenbehälter (6), und einer Dosiereinrichtung (24) zum Dosieren eines Schauminhibitors in den Laugenbehälter (6).
23. Wäschepflegemaschine (4) nach einem der Ansprüche 21 und 22, welche eine Anzeigeeinrichtung (21) aufweist und deren Steuereinrichtung (15) eingerichtet ist, um Information über die zumindest eine bestimmte Maßnahme mittels der Anzeigeeinrichtung (21) zur Wahrnehmung durch einen Nutzer der Wäschepflegemaschine (4) bereitzustellen.
24. Wäschepflegemaschine (4) nach Anspruch 23, welche eingerichtet ist zum Behandeln der Wäschestücke (1) in einem programmierten Wäschepflegeprozess, und bei der die Steuereinrichtung (15) eingerichtet ist zum Bestimmen einer Dauer des Wäschepflegeprozesses anhand des Maßes für den Schaum (3) und anhand der zum Reduzieren des Schaumes (3) bestimmten zumindest einen
- Maßnahme, und zum Bereitstellen von Information über diese Dauer mittels der Anzeigeeinrichtung (21) zur Wahrnehmung durch den Nutzer.
25. Wäschepflegemaschine (4) nach einem der Ansprüche 13 bis 24, bei der der virtuelle Sensor (16) durch maschinelles Lernen aus einer Vielzahl von Modelldatensätzen erzeugt ist, wobei jeder Modelldatensatz zugehörige Modellwerte für die Betriebsdaten und ein diesen zugehöriges Maß aufweist.
26. Wäschepflegemaschine nach Anspruch 25, bei der der virtuelle Sensor (16) eingerichtet ist, um das Maß mittels Regression aus den Modelldatensätzen zu bestimmen.

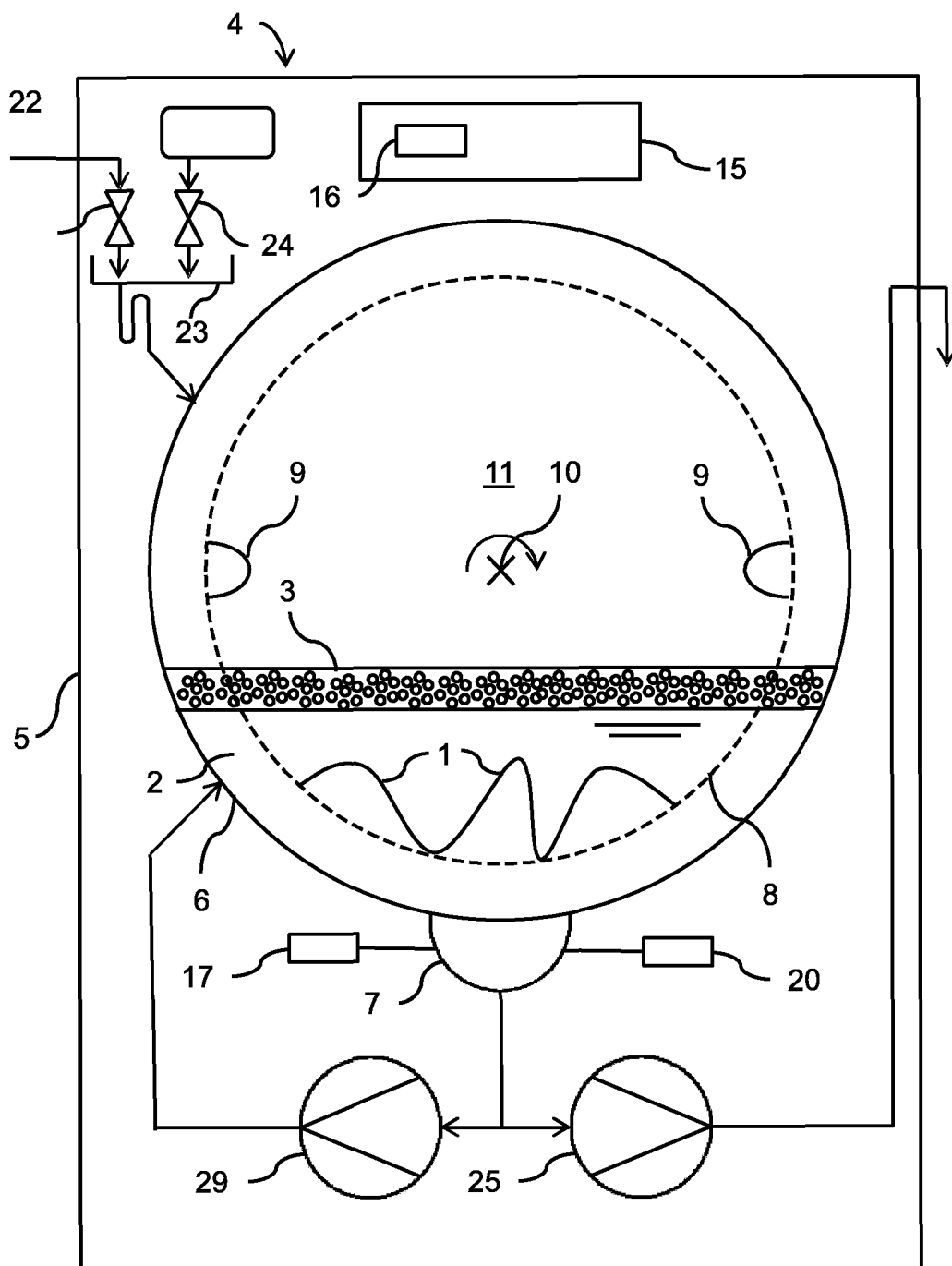


Fig. 1

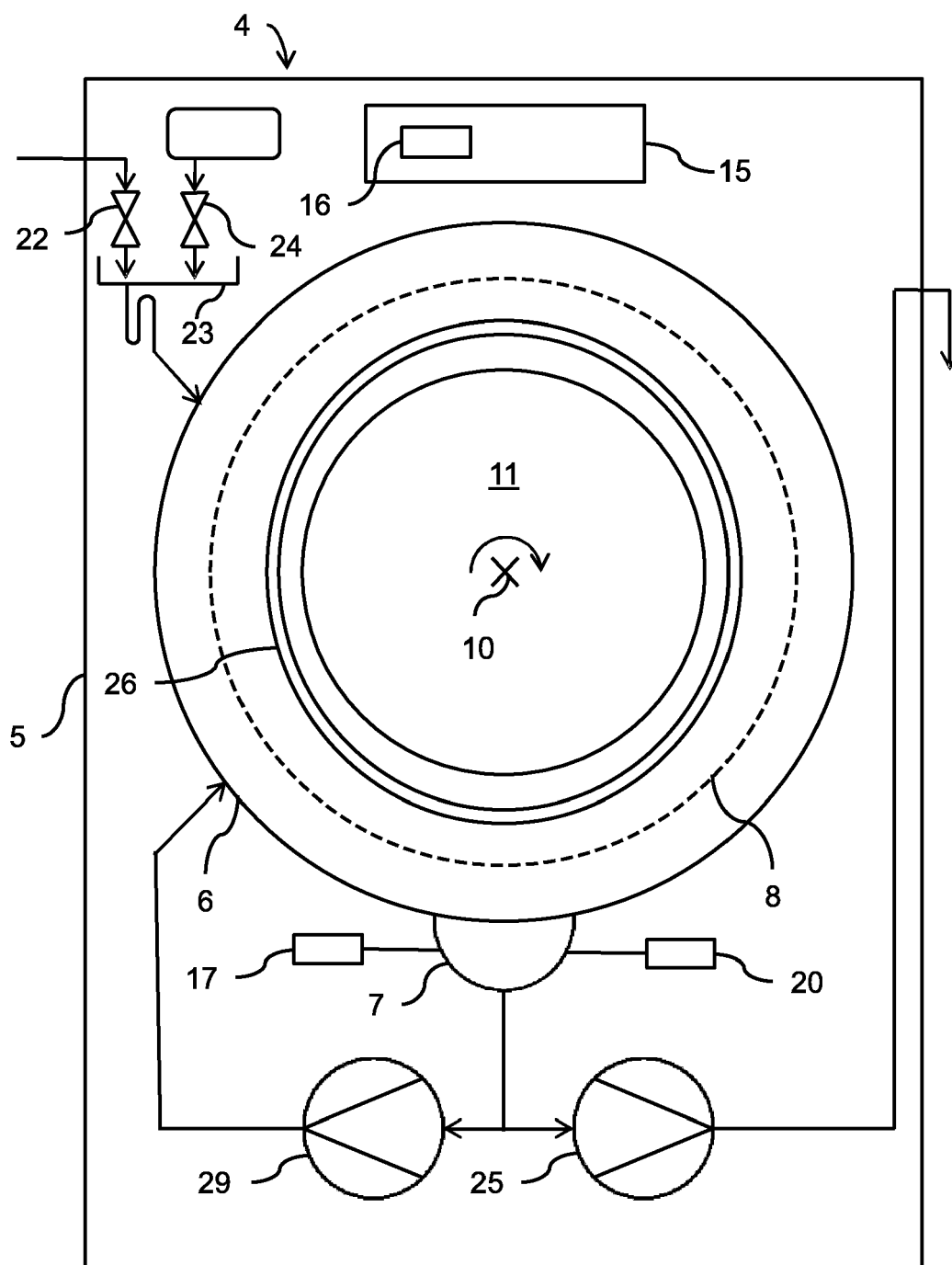


Fig. 2

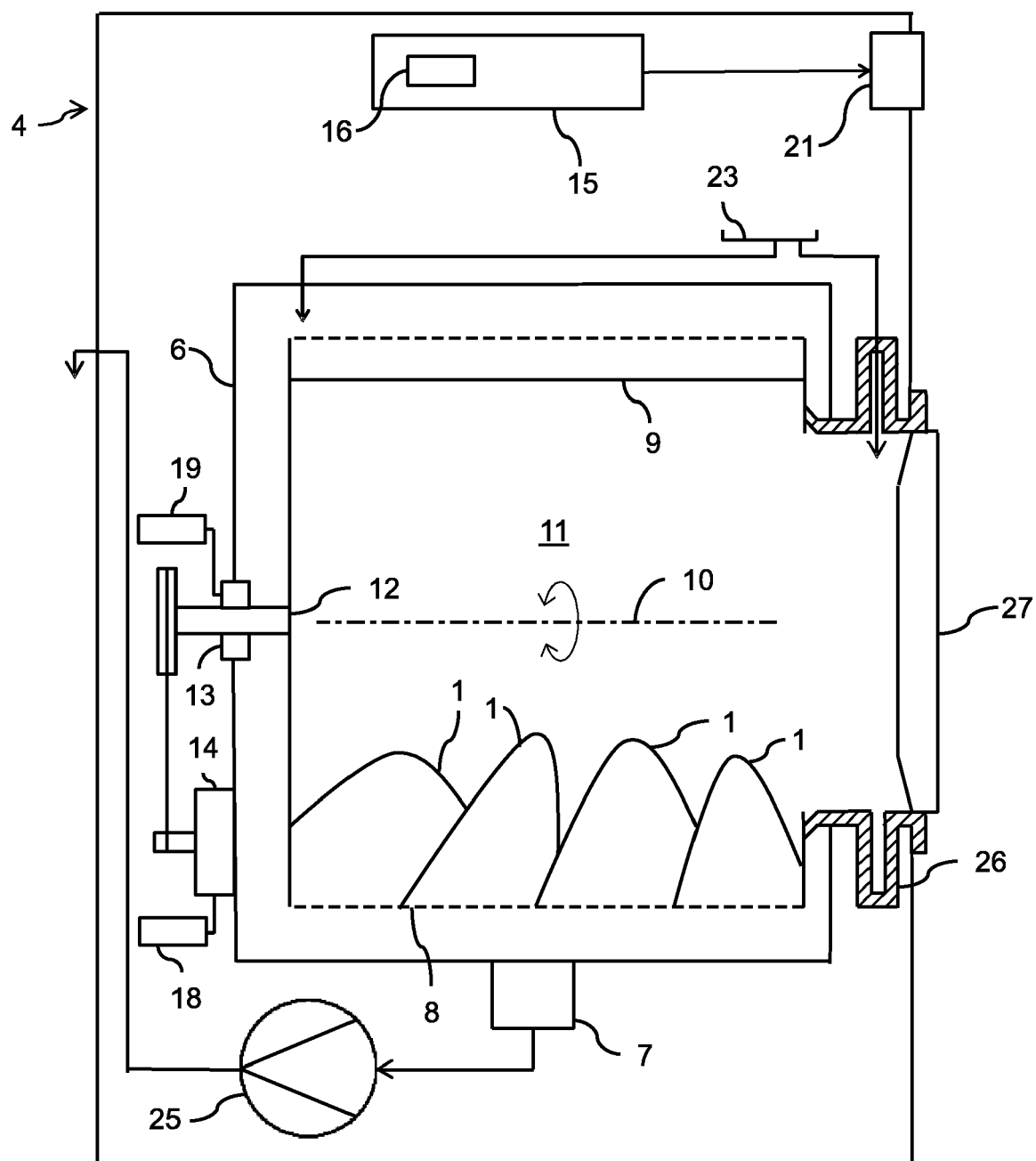


Fig. 3

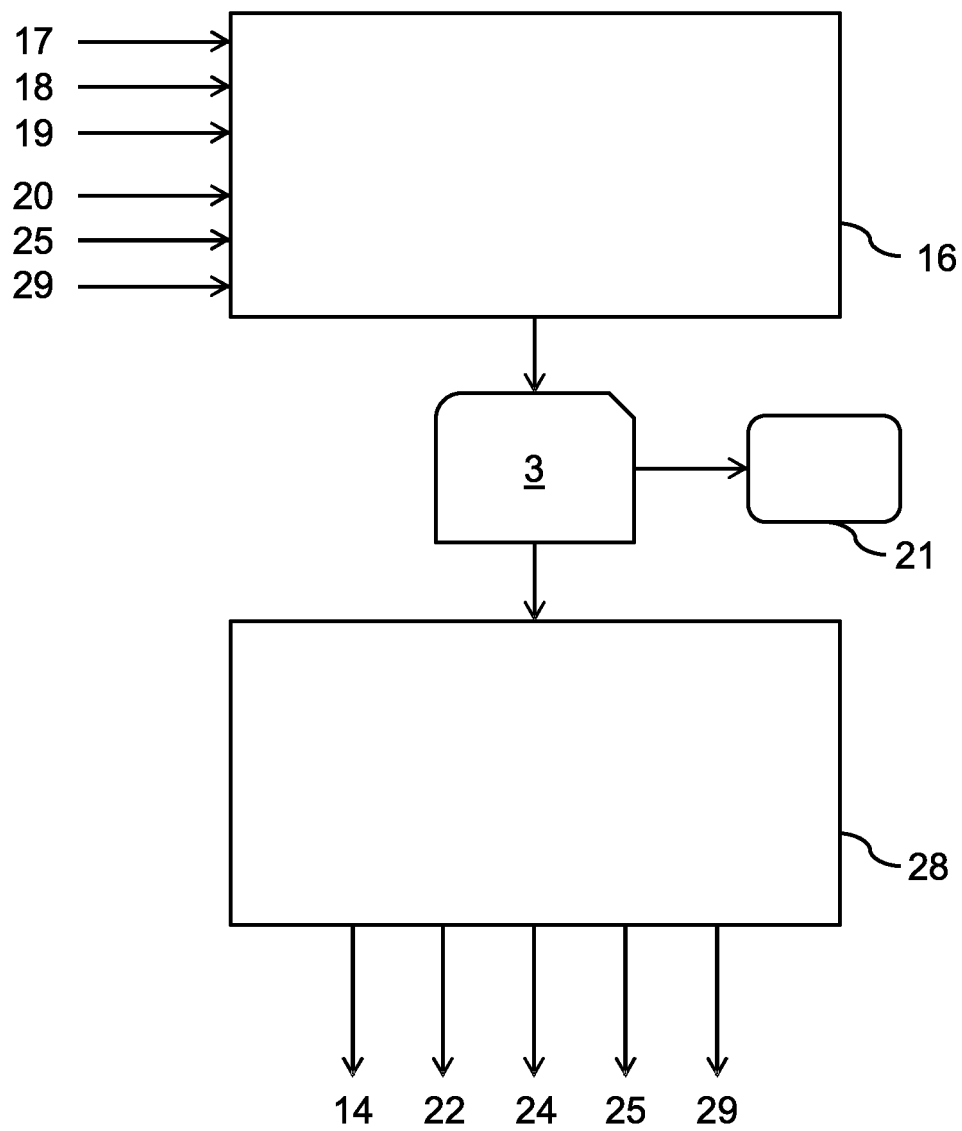


Fig. 4

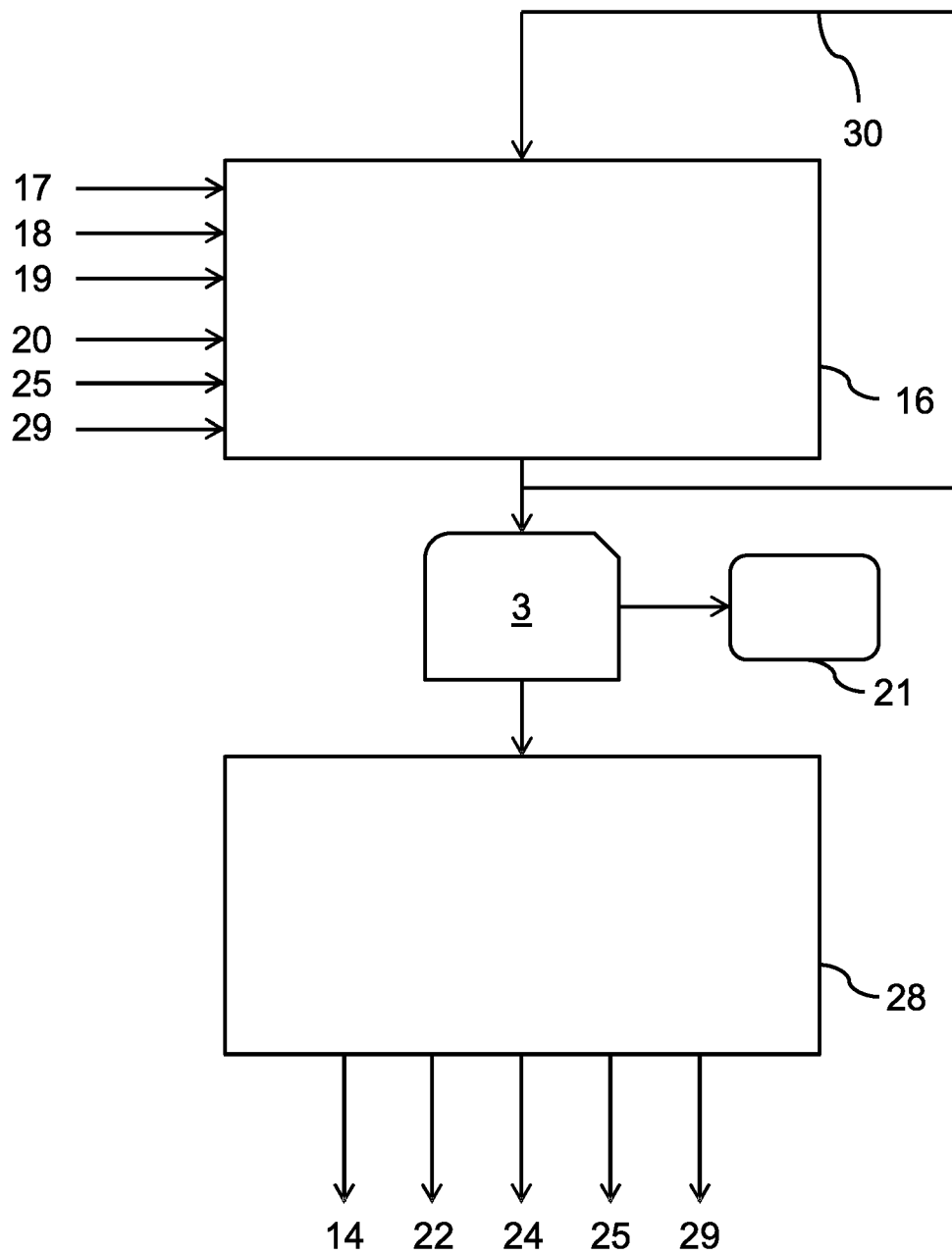
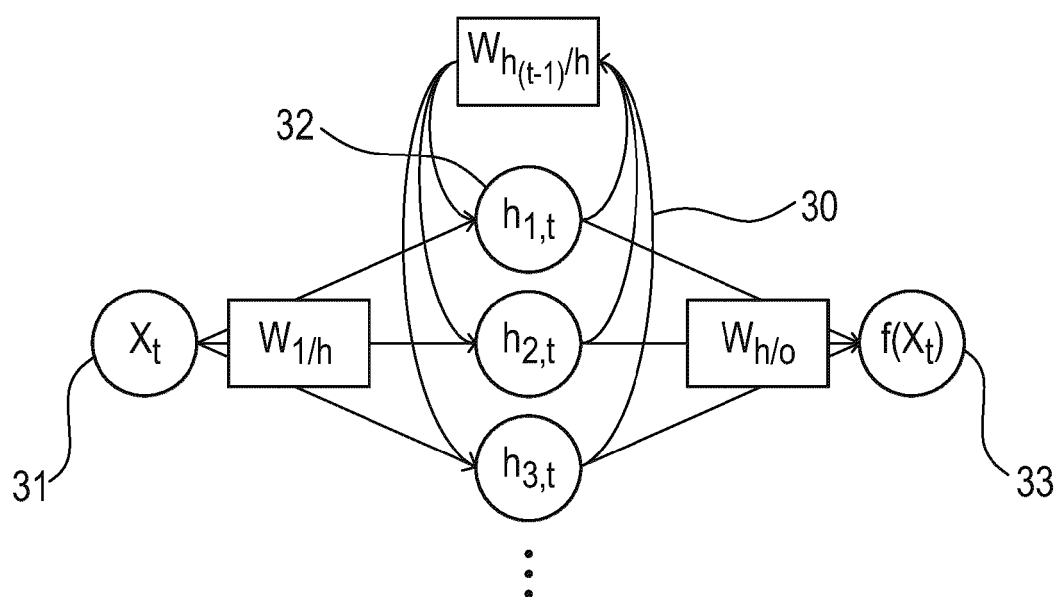


Fig. 5



$$h_t = \text{act}(W_{1/h} \cdot X_t + W_{h_{t-1}/h} \cdot h_{t-1})$$

$$f(X_t) = \text{act}(W_{h/o} \cdot h_t)$$

Fig.6

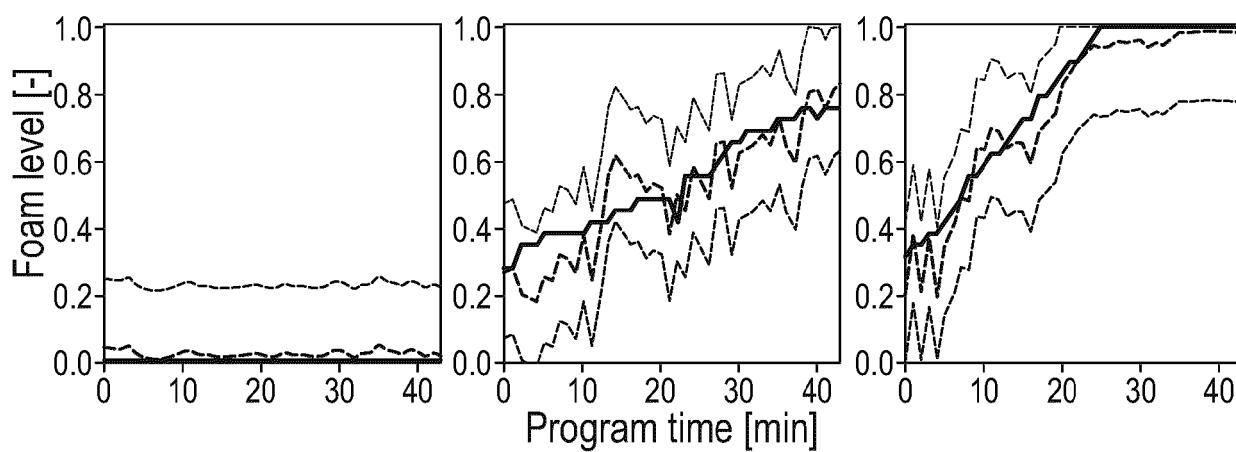


Fig.7



EUROPÄISCHER RECHERCHENBERICHT

 Nummer der Anmeldung
EP 21 16 9102

5

10

15

20

25

30

35

40

45

50

55

EINSCHLÄGIGE DOKUMENTE			
Kategorie	Kennzeichnung des Dokuments mit Angabe, soweit erforderlich, der maßgeblichen Teile	Betrifft Anspruch	KLASSIFIKATION DER ANMELDUNG (IPC)
X	EP 3 235 939 A1 (ELECTROLUX APPLIANCES AB [SE]) 25. Oktober 2017 (2017-10-25) * Abbildungen 2, 5 * * Absatz [0078] - Absatz [0081] * * Absatz [0147] - Absatz [0149] * * Absatz [0155] *	1,3, 6-14, 17-23	INV. D06F33/36 ADD. D06F39/06 D06F103/16 D06F103/20 D06F103/46 D06F103/48 D06F105/02 D06F105/08 D06F105/42 D06F105/58
A	KR 101 989 177 B1 (LG ELECTRONICS INC [KR]) 30. September 2019 (2019-09-30) * Absatz [0009] *	1-26	
A	EP 3 690 102 A1 (LG ELECTRONICS INC [KR]) 5. August 2020 (2020-08-05) * Absatz [0165] *	1-26	
			RECHERCHIERTE SACHGEBIETE (IPC)
			D06F
Der vorliegende Recherchenbericht wurde für alle Patentansprüche erstellt			
Recherchenort München		Abschlußdatum der Recherche 1. Oktober 2021	Prüfer Werner, Christopher
KATEGORIE DER GENANNTEN DOKUMENTE X : von besonderer Bedeutung allein betrachtet Y : von besonderer Bedeutung in Verbindung mit einer anderen Veröffentlichung derselben Kategorie A : technologischer Hintergrund O : nichtschriftliche Offenbarung P : Zwischenliteratur		T : der Erfindung zugrunde liegende Theorien oder Grundsätze E : älteres Patentdokument, das jedoch erst am oder nach dem Anmeldedatum veröffentlicht worden ist D : in der Anmeldung angeführtes Dokument L : aus anderen Gründen angeführtes Dokument & : Mitglied der gleichen Patentfamilie, übereinstimmendes Dokument	

EPO FORM 1503 03.82 (P04C03)

**ANHANG ZUM EUROPÄISCHEN RECHERCHENBERICHT
 ÜBER DIE EUROPÄISCHE PATENTANMELDUNG NR.**

EP 21 16 9102

5 In diesem Anhang sind die Mitglieder der Patentfamilien der im obengenannten europäischen Recherchenbericht angeführten Patentdokumente angegeben.
 Die Angaben über die Familienmitglieder entsprechen dem Stand der Datei des Europäischen Patentamts am
 Diese Angaben dienen nur zur Unterrichtung und erfolgen ohne Gewähr.

01-10-2021

10	Im Recherchenbericht angeführtes Patentdokument		Datum der Veröffentlichung	Mitglied(er) der Patentfamilie		Datum der Veröffentlichung
	EP 3235939	A1	25-10-2017	CN	107385769 A	24-11-2017
				EP	3235939 A1	25-10-2017
15	KR 101989177	B1	30-09-2019	EP	3617368 A1	04-03-2020
				KR	101989177 B1	30-09-2019
				US	2020071871 A1	05-03-2020
20	EP 3690102	A1	05-08-2020	EP	3690102 A1	05-08-2020
				KR	20200095997 A	11-08-2020
				US	2020248359 A1	06-08-2020
25						
30						
35						
40						
45						
50						
55						

EPO FORM P0461

Für nähere Einzelheiten zu diesem Anhang : siehe Amtsblatt des Europäischen Patentamts, Nr.12/82

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

- EP 0997570 A2 [0003] [0005]
- DE 4342272 A1 [0004]
- DE 10234472 A1 [0006]
- DE 102010028614 A1 [0006]
- DE 102015205949 A1 [0007]
- EP 3670729 A1 [0008]
- EP 3674466 A1 [0008]

In der Beschreibung aufgeführte Nicht-Patentliteratur

- **G. A. SUSTO et al.** *IFAC PapersOnLine*, 2019, vol. 52 (11), 116 [0009]