

Compressed Air Efficiency-Manager
(CAE – Manager)

Bericht zu Arbeitspaket 1
„Effizienz und Kosten“

Dokumententyp	Interner Zwischenbericht
Sichtbarkeit	Nicht zu veröffentlichen
Arbeitspaket	1
Editor	John Sievers, Yingnan Zhou
Beitragende	Uni-KS
Version	4
Letzte Änderung	01.05.2012
Seitenzahl	
Dateiname	

Inhalt

1	Vergleich von Druckluft-Erzeugungspfaden	6
1.1	Aufgaben AP 1	6
1.2	Beschreibung der Outputmethode.....	6
2	Bilanzierung.....	7
2.1	Basis der Bilanzierung	7
2.2	Nutzungsphase und Herstellung	12
2.3	Darstellung der Ergebnisse	12
2.3.1	Darstellung der Energieeffizienz.....	13
2.3.2	Darstellung der Treibhausgase	14
2.3.3	Darstellung der Kosten	15
3	Schnittstellen zu weiteren Arbeitspaketen	16
3.1	Konzept zur Implementierung der Berechnungsergebnisse in die Software	16
3.2	Veröffentlichungen.....	16
4	Zusammenfassung	17
	Literatur	18
	Anhang	19

Liste der verwendeten Formelzeichen

Zeichen	Bedeutung	Einheit
P_mech. Motor	Leistung Motor	kW_m
PE_Strom	Primärenergieeinsatz Strom	kWh_PE_ne
η_{el}	Wirkungsgrad Stromerzeugung	kWh_el/kWh_PE_ne
EE_Strom	Endenergie Strom	kWh_el
η_m	Wirkungsgrad Strom_in_mechanisch	kWh_m/kWh_el
NE_m	Nutzenergie mechanische Energie	kWh_m
VE_k	Kompressions und Leerlaufverluste	
VE_n	Verlust in Druckluftnetz	
VE_g	Expansionsverlust in Druckluftgeräte	
η_{p_ges}	Gesamteffizienz End-Nutzenergie	
NE_p	Nutzenergie Druckluftgeräte	kWh_NE_p
η_{KEA}	Gesamteffizienz KEA	kWh_NE_p/kWh_PE_ne
E_CO2_Strom	CO2-Emissionen Strom	kg_CO2-Äq.
η_{HK}	Wirkungsgrad Heizkessel	
Q_Br_HK	Brennstoffeinsatz	kWh_Br
a_Erdgas	Anteil Erdgas	
a_Heizöl	Anteil Heizöl	
Q_th_HK	Nutzenergie Wärme im Heizkessel erzeugt	kWh_th
Q_th_K	Nutzung der Kompressionswärme	
Q_th_K_nutz	genutzte Wärme	kWh_th
Q_th_ges	Gesamte Wärme	kWh_th
NE_ges	Gesamte genutzte Energie	kWh_NE_ges
KEA_ne_HK	kumulierter Energieaufwand	kWh_PE_ne
KEA_ne_ges	kumulierter Energieaufwand	kWh_PE_ne
K_Strom_m	Stromkosten pro kWh_m	ct/kWh_m
K_Br_m	Kosten Brennstoff pro kWh_m mit Wärmenutz	ct/kWh_m
K_p	Kosten pro kWh_p	ct/kWh_p
K_p_v	Kosten pro m3 Druckluft	ct/m3_p
K_Br	Kosten Erdgas und Heizöl	ct/kWh_Br
K_th	Kosten Wärme	ct/kWh_th
K_Strom	Kosten Strom	ct/kWh_el
η_{kwk_ges}	Gesamteffizienz KWK-Anlage	
η_{th_ges}	Thermischer Gesamtwirkungsgrad	kWh_NE_th/kWh_PE_ne
η_{ges}	Gesamtwirkungsgrad	
E_CO2_HK	CO2-Emissionen Heizkessel	kg_CO2-Äq.
E_CO2_ges	CO2-Emissionen gesamt	kg_CO2-Äq.

f_Br_CO2_Kraftwerkspark	Faktor_Vorkette Treibhausgase	kg_CO2-Äq./kWh_el
f_Br_KEA_ne_Kraftwerkspark	Faktor_Vorkette kumulierter Energieaufwand	kWh_PE_ne/kWh_el
f_Br_CO2_Heizöl	Faktor_Vorkette Treibhausgase	kg_CO2-Äq./kWh_Br
f_Br_KEA_ne_Heizöl	Faktor_Vorkette kumulierter Energieaufwand	kWh_PE_ne/kWh_Br
f_Br_CO2_Erdgas	Faktor_Vorkette Treibhausgase	kg_CO2-Äq./kWh_Br
f_Br_KEA_ne_Erdgas	Faktor_Vorkette kumulierter Energieaufwand	kWh_PE_ne/kWh_Br
f_p_v	Spez. Kennzahl Druckluft	m ³ _p/kWh_m
PE_Heizöl	Primärenergieeinsatz Heizöl	kWh_PE_ne
EE_Heizöl	Endenergie Heizöl	kWh_EE_Br
η_G	Wirkungsgrad Generator	kWh_el/kWh_m
η_th	Effizienz thermisch	
Q_th	Thermische Nutzenergie	kWh_th
a_th_nutz	genutzter Anteil	
Q_th_nutz	Nutzenergie Wärme	kWh_th
PE_Erdgas	Primärenergieeinsatz Erdgas	kWh_PE
EE_Erdgas	Endenergie Erdgas	kWh_EE_Br
NE_p	Nutzenergie Druckluftgeräte	kWh_NE_p
NE_p_rück	Rückführung der Expansionsluft	kWh_NE_p
NE_p_ges	Gesamte Nutzenergie Druckluftgeräte	kWh_NE_p

Indizes

Index	Bedeutung
a	Anteil
Br	Brennstoff
KEA	kumulierter Energieaufwand
NE	Nutzenergie
EE	Endenergie
HK	Heizkessel
ne	nicht erneuerbar
VE	Verlustenergie
el	Elektrisch
f	Faktor
ges	gesamt
m	mechanisch
nutz	Nutzung
rück	Rückführung
th	Thermisch
P	Leistung
PE	Primärenergie
p	Druckluft
CO ₂	Kohlendioxid
η	Wirkungsgrad
E	Emission

Definitionen

Der CAE-Manager erfasst und verarbeitet Daten im Druckluftsystem, als Steuer- und Regeleinheit. So können Leckagen erkannt und Verluste vermieden werden.

Unter der KWK-Druckluft+Anlage wird die Erzeugung von Druckluft und Wärme mittels KWK verstanden, die hier mittels Ottomotor und mechanischem Antrieb eines Kompressors erfolgt.

1 Vergleich von Druckluft-Erzeugungspfaden

1.1 Aufgaben AP 1

Die folgende Tabelle fasst die Aufgaben des AP 1 und die Schnittstelle zum AP 2 zusammen.

Tab. 1: Aufgaben AP 1

Aufgabe	Konzept	Entwurf	Erledigt	PM
Druckluftherzeugungspfade identifizieren, klassifizieren und dokumentieren			✓	1,5
Berechnung von Energieeffizienz, CO2			✓	1,25
Berechnung von Kostenbilanzen			✓	
Darstellung der Ergebnisse (Sankey-Diagramme)			✓	
Dokumentation der Berechnungen: Annahmen und Randbedingungen, Berechnungsdetails (u.a. Berechnung in Primärenergie je Nutzenergie)			✓	
Konzept zur Berechnung für CAE-Manager (Effizienz, CO2, Kosten)			✓	Details in AP 2
Konzept zur Implementierung der Effizienz Kennzahlen in die CAE-Software			✓	
Konzept zur Interpretation der Ampelklassifikation (Vorgehensweise, Randbedingungen, Parameter, realistische Variationsbreite)			✓	

1.2 Beschreibung der Outputmethode

Der Vergleich der Energien Druckluft und thermische Energie muss berücksichtigen, dass es sich um völlig unterschiedliche Energieformen handelt, bei der pneumatische Energie sehr viel aufwendiger zu erzeugen ist. Neben dem hohen technischen Wert für die Produktion besitzt Druckluft auch einen sehr hohen Preis. Diesem Unterschied wird in der Outputmethode Rechnung getragen. Es werden für den Vergleich von technischen Lösungen für eine effiziente Druckluftherzeugung und Wärmenutzung jeweils die erzeugten Nutzenergien bilanziert und auf gleichen Output gebracht, indem eine identische Menge Druckluft und Wärme erzeugt wird. Für eine fehlende Wärmeerzeugung wird die übliche Wärmeerzeugung im Heizkessel angenommen und bilanziert. Die Outputmethode bewirkt im Gegensatz zur Substitutionsmethode keine Verzerrungen, /Sievers 2010/.

2 Bilanzierung

2.1 Basis der Bilanzierung

Es wurden zusammen mit dem Projektpartner Postberg-Druckluftcontrolling die folgenden Druckluftherzeugungspfade identifiziert. Die Möglichkeiten sind so klassifiziert, dass einerseits die konventionelle Erzeugung mit Elektromotor und andererseits eine direkte Erzeugung mechanischer Energie mit Diesel- und Ottomotor für diverse Fälle verglichen werden.

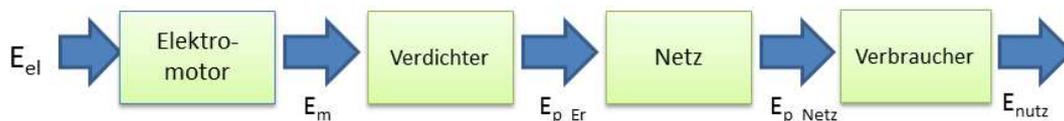
Tab. 2: Übersicht zu Varianten der Druckluftherzeugungspfade

Matrix der Varianten	Elektromotor	Dieselmotor-KWK	Ottomotor-KWK
<i>Ohne Wärmerückgewinnung</i>	Basis	---	---
<i>Mit Wärmerückgewinnung</i>	Variante 1	Variante 1	Variante 1
<i>Verminderung von Druckluftleckagen</i>	Variante 2	Variante 2	Variante 2
<i>Rückführung der Expansionsluft (EARS)</i>	Variante 3	Variante 3	Variante 3
<i>drehzahlvariable Antriebe</i>	Variante 4	Variante 4	Variante 4
<i>Kombination aller Effizienzmaßnahmen</i>	Variante 5	Variante 5	Variante 5

Die Druckluftherzeugungspfade werden im folgenden näher erläutert.

Basis Umwandlung von elektrischer in pneumatische Energie mit Elektromotor

Kompressor (Elektromotor)



Elektrische Energie wird durch Umwandlung von Primärenergieträgern in Kraftwerken erzeugt. Zur Erzeugung von Druckluft, wird diese zunächst durch einen elektrischen Motor in mechanische Energie und schließlich durch einen Verdichter in pneumatische Energie umgewandelt.

Formeln:

$$1. EE_{Strom} = \frac{PE_{Strom}}{f_{Br_KEA_ne_Kraftwerkspark}}$$

$$2. NE_m = EE_{Strom} \times \eta_m$$

$$3. \eta_{p_ges} = 1 - VE_k - VE_n - VE_g$$

$$4. NE_p = NE_m \times \eta_{p_ges}$$

$$5. \eta_{KEA} = \frac{NE_p}{PE_{Strom}}$$

$$6. E_{CO2_Strom} = EE_{Strom} \times f_{Br_CO2_Kraftwerkspark}$$

$$7. Q_{th_HK} = Q_{Br_HK} \times \eta_{HK}$$

$$8. Q_{th_K_nutz} = Q_{th_K} \times a_{th_nutz}$$

$$9. Q_{th_ges} = Q_{th_K_nutz} + Q_{th_HK}$$

$$10. NE_{ges} = Q_{th_ges} + NE_p$$

$$11. KEA_{ne_HK} = Q_{Br_HK} \times (a_{Erdgas} \times f_{Br_KEA_ne_Erdgas} + a_{Heizöl} \times f_{Br_KEA_ne_Heizöl})$$

$$12. KEA_{ne_ges} = KEA_{ne_HK} + PE_{Strom}$$

$$13. \eta_{th_ges} = \frac{Q_{th_ges}}{KEA_{ne_ges}}$$

$$14. \eta_{ges} = \frac{NE_{ges}}{KEA_{ne_ges}}$$

$$15. E_{CO2_HK} = Q_{Br_HK} \times (a_{Erdgas} \times f_{Br_CO2_Erdgas} + a_{Heizöl} \times f_{Br_CO2_Heizöl})$$

$$16. E_{CO2_ges} = E_{CO2_HK} + E_{CO2_Strom}$$

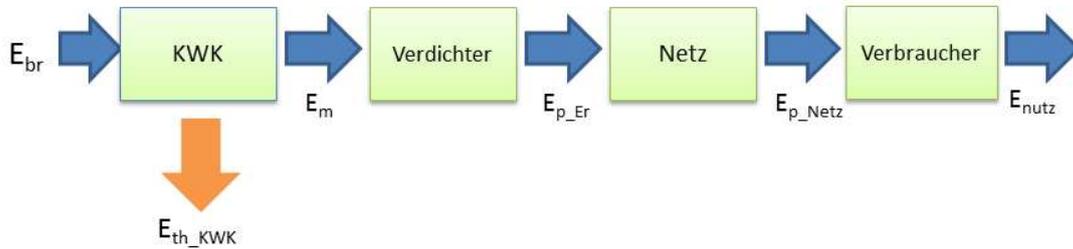
$$17. K_{Strom_m} = \frac{EE_{Strom} \times K_{Strom}}{NE_m}$$

$$18. K_p = \frac{K_{Strom_m}}{NE_p}$$

$$19. K_{p_v} = \frac{K_{Strom_m}}{f_{p_v}}$$

1. Umwandlung über KWK in Druckluft und Wärme mit Dieselmotor

Kompressor (Dieselmotor-KWK)



$$20. EE_{Heizöl} = \frac{PE_{Heizöl}}{f_{Br_KEA_ne_Heizöl}}$$

$$21. \eta_m = \frac{\eta_{el}}{\eta_G}$$

$$22. NE_m = EE_{Heizöl} \times \eta_m$$

$$23. \eta_{kww_ges} = \eta_{th} + \eta_{el}$$

$$24. Q_{th} = EE_{Heizöl} \times \eta_{th}$$

$$25. Q_{th_nutz} = Q_{th} \times a_{th_nutz}$$

$$26. Q_{th_ges} = Q_{th_K_nutz} + Q_{th_HK} + Q_{th_nutz}$$

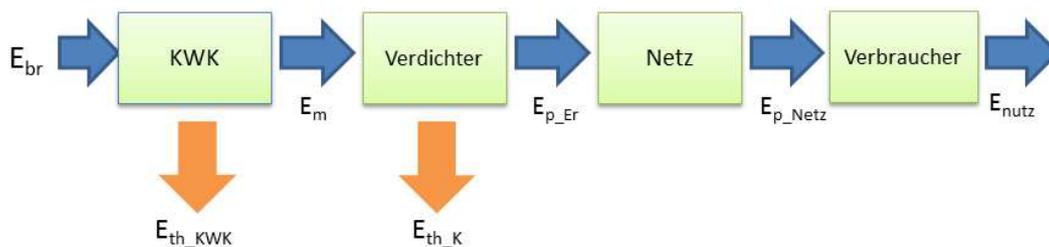
$$27. K_{Br_m} = \frac{EE_{Heizöl} \times K_{Br} - Q_{th_nutz} \times K_{th}}{NE_m}$$

2. Umwandlung über KWK in Druckluft und Wärme mit Ottomotor

$$28. EE_{Erdgas} = \frac{PE_{Erdgas}}{f_{Br_KEA_ne_Erdgas}}$$

3. Nutzung von Kompressionswärme

Kompressor (Erdgas-Ottomotor-KWK)
mit Nutzung der Kompressionswärme



29. $Q_{th,K} = EE_{Strom} \times (72\% + 13\%)$

Quelle: /dena 2007/

Bei Schraubenkompressoren mit Öleinspritzung wird durch das Öl circa 72 % der zugeführten elektrischen Energie als Wärme nach außen abgeführt. Diese Energie kann zurückgewonnen werden, indem das erhitzte Öl über einen Plattenwärmetauscher geführt wird, der Heizungswasser auf bis zu 70 °C erwärmt. Thermische Energie kann außerdem durch Kühlung der Druckluft gewonnen werden.

4. Verminderung von Leckageverlusten

30. Umstellung von Formel 3

$$VE_n = 1 - VE_k - \eta_{P_ges} - VE_g$$

Zur Bereitstellung der gleichen pneumatischen Energie (Output) wird 20% weniger elektrische Energie (Input) benötigt, weil der Energieverlust im Druckluftnetz reduziert wird, vgl. /Radgen 2001/.

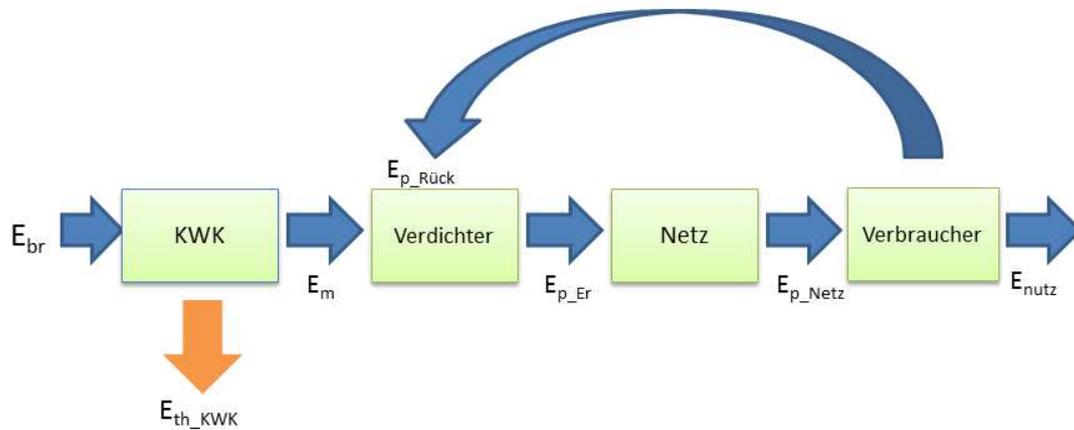
5 . Verbesserte Antriebe und Steuerung

31. $VE_k = 1 - VE_n - \eta_{P_ges} - VE_g$

Durch Optimierung von Antrieben können Einsparungen von elektrischer Energie mit durchschnittlich 15 % erreicht werden, vgl. /Radgen 2001/. Durch Druckabsenkung und bessere Koordination, lässt sich bei übergeordneten Steuerungen mehrerer Kompressoren zusätzlich ein energetisches Einsparpotenzial von bis zu 12 % ausschöpfen. Beide Maßnahmen sind im Vergleich zu anderen Einsparmaßnahmen langfristig ausgelegt (1 Jahr).

6. Nutzung des EARS-Systems mit Rückführung von Druckluft

Kompressor (Erdgas-Ottomotor-KWK) mit EARS



$$32. NE_{p_ges} = NE_p + NE_{p_rück}$$

Energieeinsparung bei Druckluftherzeugung mit EARS-System bis maximal 40%.

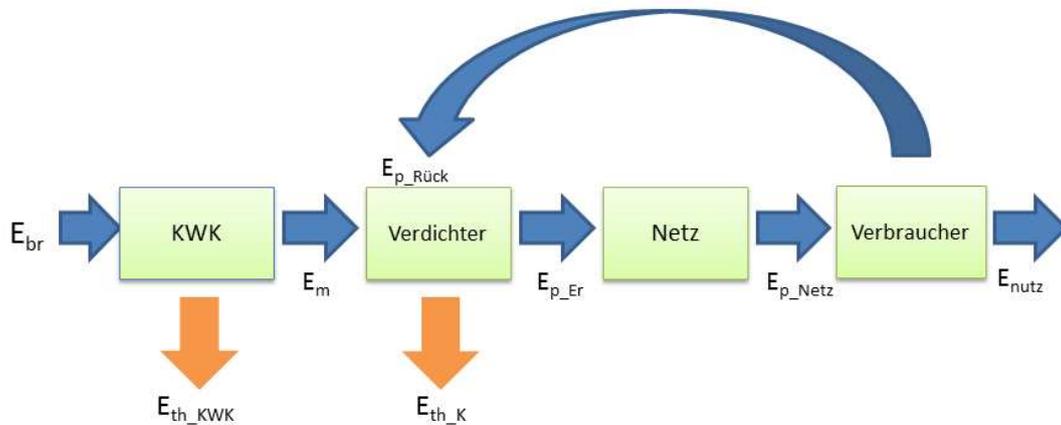
Quelle: /EARS 2008/

Erklärung: Innerhalb der Energiewandlungskette Kompression gibt es keine Änderung. Im Druckluftsystem wird dem Verdichter die Expansionsluft als zusätzlicher Input zugeführt.

7. Kombination aller Effizienzmaßnahmen

Die Kombination der Effizienzmaßnahmen ist das System, das im Projekt umgesetzt werden soll.

Kompressor (Erdgas-Ottomotor-KWK) mit Nutzung der Kompressionswärme und EARS



2.2 Nutzungsphase und Herstellung

In der Herstellung von Anlagen und in der Nutzungsphase entstehen CO₂-Emissionen. Die Bilanzierung der Nutzungsphase führt bei KWK-Anlagen und anderen Anlagen, die der Energiewandlung dienen dazu, dass der Einfluss der Treibhausgase aus der Herstellung vernachlässigbar sind gegenüber denen der Energiewandlung, vgl. /Sievers 2010/. Neben den Geräten für die Überwachung und Steuerung der Druckluftzeugung (CAE-Manager), werden im Wesentlichen die KWK-Anlage, der Kompressor, der Druckluftkessel, der Wärmetauscher, die Pumpen und Leitungen hergestellt. Diese Geräte sind nicht relevant für die Gesamtbilanz über die Lebensdauer. Daher wurde nur die Nutzungsphase detailliert bilanziert.

2.3 Darstellung der Ergebnisse

Der Vergleich unterschiedlicher Druckluftzeugungspfade unter gleichzeitiger Nutzung der im Prozess entstehenden Wärme wurde ausgewertet hinsichtlich Energieeffizienz, Treibhausgasen und Kosten. Die Ergebnisse sind im Folgenden dargestellt und weisen die Ergebnisse aus, die sich nach der Outputmethode für die jeweilige Variante im Vergleich zur Basis ergeben.

2.3.1 Darstellung der Energieeffizienz

Tab. 3: Energieeinsparung im Vergleich zum Ist-Stand

Matrix der Varianten	Elektromotor	Dieselmotor-KWK	Ottomotor-KWK
<i>Ohne Wärmerückgewinnung</i>	Ist-Standard	---	---
<i>Effizienzmaßnahmen</i>	<i>Primärenergieeinsparung</i>	<i>Primärenergieeinsparung</i>	<i>Primärenergieeinsparung</i>
<i>Mit Wärmerückgewinnung</i>	17%	40%	36%
<i>Verminderung von Druckluftleckagen</i>	13%	37%	33%
<i>Rückführung der Expansionsluft (EARS)</i>	24%	46%	42%
<i>drehzahlvariable Antriebe</i>	10%	35%	31%
<i>Kombination aller Effizienzmaßnahmen</i>	48%	63%	60%

Der Nutzungsgrad für Abwärme ist mit 80% angenommen worden.

2.3.2 Darstellung der Treibhausgase

Tab. 4: CO₂-Ausstoß je kWh_{Primärenergie}

Matrix der Varianten	Elektromotor	Dieselmotor-KWK	Ottomotor-KWK
	<i>Treibhausgase (kg_CO2-Äq./kWh_NE_ges)</i>	<i>Treibhausgase (kg_CO2-Äq./kWh_NE_ges)</i>	<i>Treibhausgase (kg_CO2-Äq./kWh_NE_ges)</i>
<i>Ohne Wärmerückgewinnung</i>	0,57	---	---
<i>Mit Wärmerückgewinnung</i>	0,47	0,37	0,33
<i>Verminderung von Druckluftleckagen</i>	0,69	0,55	0,48
<i>Rückführung der Expansionsluft (EARS)</i>	0,68	0,54	0,48
<i>drehzahlvariable Antriebe</i>	0,69	0,55	0,49
<i>Kombination aller Effizienzmaßnahmen</i>	0,45	0,36	0,32

Tab. 5: CO₂-Ausstoß je kWh_{Nutzenergie}

Matrix der Varianten	Elektromotor	Dieselmotor-KWK	Ottomotor-KWK
	<i>Treibhausgase (kg_CO2-Äq./kWh_NE_p)</i>	<i>Treibhausgase (kg_CO2-Äq./kWh_NE_p)</i>	<i>Treibhausgase (kg_CO2-Äq./kWh_NE_p)</i>
<i>Ohne Wärmerückgewinnung</i>	17,23	---	---
<i>Mit Wärmerückgewinnung</i>	14,33	11,32	9,99
<i>Verminderung von Druckluftleckagen</i>	11,46	9,06	7,99
<i>Rückführung der Expansionsluft (EARS)</i>	9,31	7,36	6,49
<i>drehzahlvariable Antriebe</i>	12,18	9,62	8,49
<i>Kombination aller Effizienzmaßnahmen</i>	6,53	5,16	4,55

2.3.3 Darstellung der Kosten

Es werden die betrieblichen Ausgaben der Varianten miteinander verglichen. Der Brennstoffpreis wurde mit 5,5 ct/kWh_{Br}, der Wärmepreis mit 6 ct/kWh_{th}, der Strompreis mit 13 ct/kWh_{el} angesetzt. Der Nutzungsgrad für die Abwärme wird mit 80% angesetzt.

Tab. 6: Kosten für erzeugte Druckluftenergie

Matrix der Varianten	Elektromotor	Dieselmotor-KWK	Ottomotor-KWK
	<i>Kosten (ct/kWh_p)</i>	<i>Kosten (ct/kWh_p)</i>	<i>Kosten (ct/kWh_p)</i>
<i>Ohne Wärmerückgewinnung</i>	188,34	---	---
<i>Mit Wärmerückgewinnung</i>	129,23	55,56	44,64
<i>Verminderung von Druckluftleckagen</i>	150,67	79,55	82,83
<i>Rückführung der Expansionsluft (EARS)</i>	122,42	64,64	67,30
<i>drehzahlvariable Antriebe</i>	160,09	84,52	88,01
<i>Kombination aller Effizienzmaßnahmen</i>	58,89	11,54	20,25

Tab. 7: Kosten für Druckluftvolumen ohne Wärmegutschrift

Matrix der Varianten	Elektromotor	Dieselmotor-KWK	Ottomotor-KWK
	<i>Kosten (ct/m³_p)</i>	<i>Kosten (ct/m³_p)</i>	<i>Kosten (ct/m³_p)</i>
<i>Ohne Wärmerückgewinnung</i>	1,44	---	---
<i>Mit Wärmerückgewinnung</i>	1,19	0,86	0,92
<i>Verminderung von Druckluftleckagen</i>	1,25	0,91	0,96
<i>Rückführung der Expansionsluft (EARS)</i>	1,09	0,78	0,84
<i>drehzahlvariable Antriebe</i>	1,29	0,94	0,99
<i>Kombination aller Effizienzmaßnahmen</i>	0,75	0,53	0,58

Tab. 8: Kosten für Druckluftvolumen mit Wärmegutschrift (Druckniveau 8 bar)

Matrix der Varianten	Elektromotor	Dieselmotor-KWK	Ottomotor-KWK
	<i>Kosten (ct/m³_p)</i>	<i>Kosten (ct/m³_p)</i>	<i>Kosten (ct/m³_p)</i>
<i>Ohne Wärmerückgewinnung</i>	1,44	---	---
<i>Mit Wärmerückgewinnung</i>	0,99	0,42	0,34
<i>Verminderung von Druckluftleckagen</i>	1,15	0,61	0,63
<i>Rückführung der Expansionsluft (EARS)</i>	0,94	0,49	0,51
<i>drehzahlvariable Antriebe</i>	1,22	0,65	0,67
<i>Kombination aller Effizienzmaßnahmen</i>	0,45	0,09	0,15

3 Schnittstellen zu weiteren Arbeitspaketen

3.1 Konzept zur Implementierung der Berechnungsergebnisse in die Software

Das AP 1 diene als Grundlage zur Implementierung der Ergebnisse in der CAE-Manager-Software (AP2). Zusammen mit der Firma Postberg-Druckluftcontrolling wurde entschieden die Kennzahlen für eine Ampelklassifikation zu nutzen. Die Berechnungen der Kennzahlen wurden so erstellt, dass sie in die Software implementiert werden können. Die Vorgehensweise bei der Ausgabe des Feed-Backs, die Randbedingungen, Parameter, realistische Variationsbreite für die Parameter wird in AP 2 "Entwicklung des CAE-Managers" beschrieben.

3.2 Veröffentlichungen

Die hier ermittelten Ergebnisse sind Teil der Veröffentlichung mit Peer-Review-Prozess, der um die Messergebnisse in AP 4 zu ermittelnden Messergebnisse ergänzt wird.

4 Zusammenfassung

Ausgehend von der Identifizierung unterschiedlicher Druckluftherzeugungspfade, mit einer Klassifizierung wurde eine Basisvariante und 15 Varianten ausgewählt und dokumentiert. Die Basisvariante soll den Istzustand abbilden, wie er in Industriebetrieben in der Regel vorliegt, mit einem elektrisch angetriebenen Kompressor ohne Wärmenutzung. Als 3 Technologieansätze für die Druckluftherzeugung wurden neben elektrischen Kompressoren mechanische Kompression über Diesel- und Ottomotor ausgewählt. Fünf Effizienzmaßnahmen wurden mit diesen Technologien kombiniert. Dies sind Wärmenutzung aller jeweils verfügbaren Quellen, mit 80% Nutzungsgrad, verbesserte Antriebe für den Kompressor, Verminderung von Druckluftleckagen, Druckluftrückführung und eine Kombination aller Maßnahmen.

Für diese 16 Varianten wurde die Energieeffizienz, der Ausstoß von Treibhausgasen und die entstehenden Kosten für die Energiebereitstellung berechnet. Der Einfluss der Technologie und Effizienzmaßnahme wurde dargestellt, so dass der Effekt gegenüber dem Istzustand aufgezeigt werden kann. Der Effizienzsprung wurde für die Öffentlichkeitsarbeit als Sankey-Diagramm dargestellt. Bei Kombination aller Effizienzmaßnahmen sind im optimalen Fall Einsparungen von bis zu 63% möglich. Durch diese Kombination werden auch die höchsten Emissionminderungen und Kosteneinsparungen erreicht. Alle hier aufgeführten Ergebnisse wurden mit allen wesentlichen Annahmen, Randbedingungen und Berechnungsdetails dokumentiert. Die Berechnungen werden zur Auswertung in die CAE-Software implementiert und die Kombination der Maßnahmen soll über eine KWK-Druckluft-Anlage praktisch umgesetzt werden. Die hier verwendeten Effizienz-, Kosten und Emissionskennzahlen werden im CAE-Manager anschließend für die Ampelqualifikation genutzt, mit der der Nutzer eine Rückmeldung über den Zustand des Druckluftsystems erhält.

Literatur

/Radgen, Peter; Blaustein Edgar: Compresses Air Systems in the European Union, Energy, Emissions, Saving Potenzial and Policy Actions, LOG_X Verlag GmbH, Stuttgart, 2001

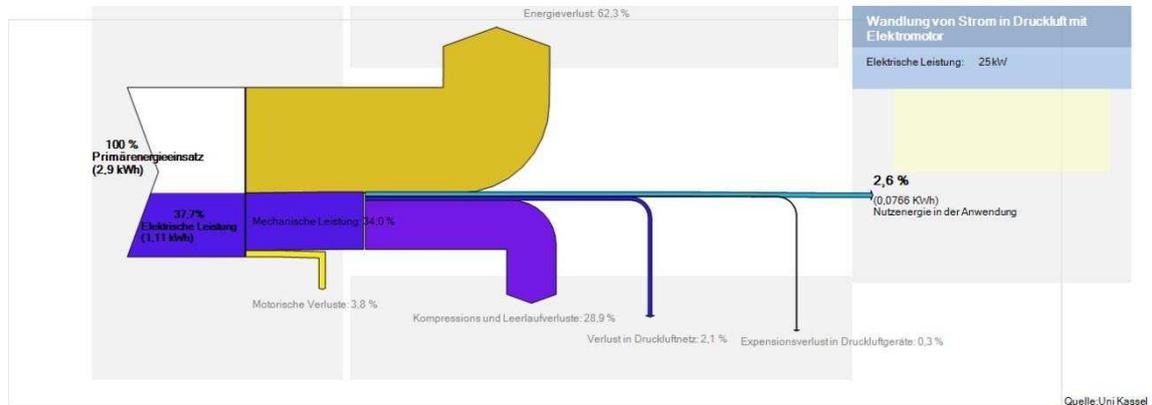
/Sievers 2010/ Sievers, J.: Dieselmotor-Kraft-Wärme-Kopplungsanlagen im Kontext der Integration erneuerbarer Energien in die Energieversorgung, Dissertation, Universität Kassel, Kassel 2010

/dena 2007/ Deutsche Energie-Agentur (dena), Energieeffiziente Druckluftsysteme, 12.2007

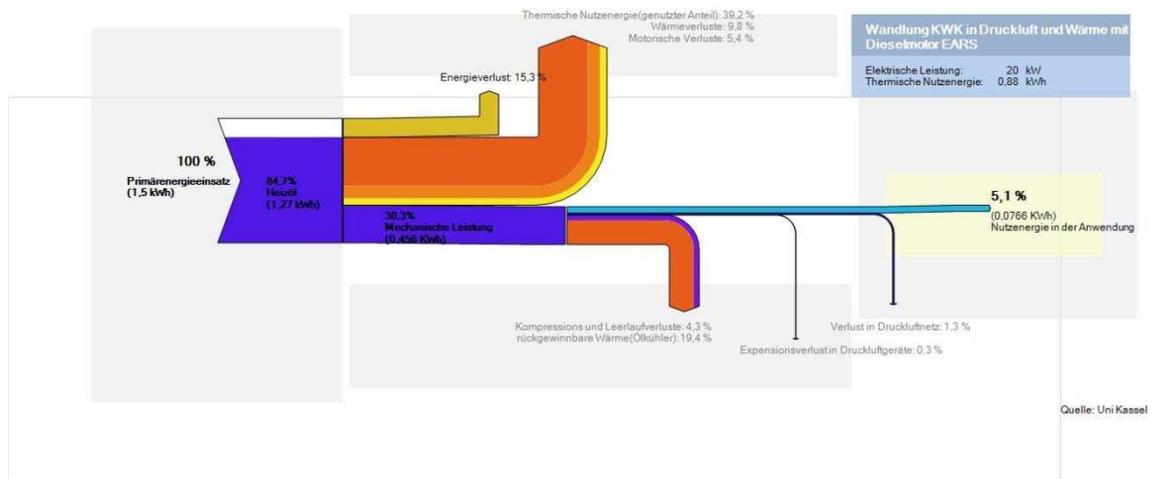
/EARS 2008/ EARS Europe, Compressed air par excellence- The innovative EARS system, S. 6, 05.2008

Anhang

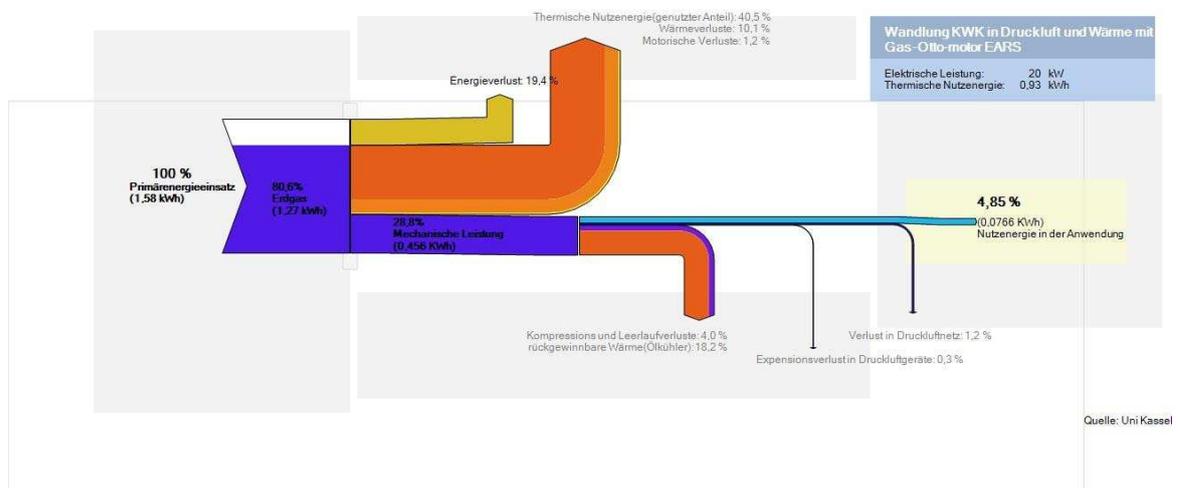
Sankey-Diagramm 1: Ist-Zustand (Elektromotor)



Sankey-Diagramm 2: Optimalzustand 1 (Dieselmotor-KWK)



Sankey-Diagramm 3: Optimalzustand 2 (Ottomotor-KWK)



Compressed Air Efficiency-Manager
(CAE – Manager)

Bericht zu Arbeitspaket 2-4
„Hardwaregrundlagen-Prototypentwicklung-
Markteinführung“

Dokumententyp	Interner Zwischenbericht
Sichtbarkeit	Nicht zu veröffentlichen
Arbeitspaket	2-4
Editor	John Sievers, Yingnan Zhou, Sebastian Rautschka
Beitragende	Uni-Kassel
Version	2
Letzte Änderung	15.06.2012
Seitenzahl	
Dateiname	

Inhalt

1	Hardwaregrundlagen.....	4
1.1	Aufgaben AP 2	4
1.2	Erarbeitung des endgültigen Pflichtenheftes.....	5
1.2.1	Entscheidungen für die Softwarelösung (Pflichtenheft Software)	6
1.2.2	Energieeffizienz – Effizienzkennzahlen.....	7
1.2.3	Kennzahlen für das Benchmark:	8
1.2.4	Entscheidungen für die KWK-Druckluft+Anlage (Pflichtenheft KWK).....	9
1.3	Durchführung interner und um externe Experten erweiterter Projekttreffen.....	12
1.4	Aufbau der Softwarelösung – Beiträge der Universität Kassel.....	13
1.5	Entwicklung der Berechnungsalgorithmen für die Effizienz-Berechnungen, das Monitoring und die Visualisierung.....	14
1.5.1	Berechnung der Standard-Referenzwerte	15
1.5.2	Kosten – Kostenkennzahlen	15
1.5.3	CO ₂ Einsparung – CO ₂ -Kennzahlen.....	17
1.5.4	Zusammenfassung der Annahmen.....	17
2	Zusammenfassung AP 2	18
3	Prototypentwicklung	19
3.1	Aufgaben AP 3	19
3.2	Prioritätsliste für die Realisierung CAE-Manager	19
3.3	Test der Komponenten (Messtechnik).....	22
3.3.1	Aufbau der Messtechnik.....	22
3.3.2	Beschreibung der Messgeräte und Sensoren	23
3.3.3	Messkonzept	28
3.3.4	Ergebnisse der Messungen	29
3.3.5	Sicherstellung der Messgenauigkeit.....	32

3.4	Kommunikationstechnik	32
3.5	Anzeige der Kennzahlen und Visualisierung	32
3.6	Zusammenfassung AP 3	32
4	Markteinführung	33
4.1	Aufbau der Pilot-bzw. Referenzanlage an der Uni	33
4.2	Inbetriebnahme der Pilot-bzw. Referenzanlage	35
4.3	Weiterbildungs- und Schulungskonzept	36
4.3.1	Erstellung eines Handbuchs	36
4.3.2	Schulungsmaterial	37
4.3.3	Datenblatt	37
4.4	Marketingmaßnahmen	39
4.4.1	Messeteilnahme	39
4.4.2	Webveröffentlichung	40
4.5	Schreiben von Fachaufsätzen für Publikationen	40
4.6	Endbericht	40
5	Zusammenfassung AP 4	41
6	Zusammenfassung AP 2-4	42
	Literatur	43

Definitionen

Der CAE-Manager erfasst und verarbeitet Daten im Druckluftsystem, als Steuer- und Regeleinheit. So können Leckagen erkannt und Verluste vermieden werden.

Unter der KWK-Druckluft+Anlage wird die Erzeugung von Druckluft und Wärme mittels KWK verstanden, die hier mittels Ottomotor und mechanischem Antrieb eines Kompressors erfolgt.

Abkürzungen

Universität Kassel (UKAS), Postberg (PB), Gerhard Hurrink (GH)

1 Hardwaregrundlagen

Das Arbeitspaket 2 erfolgte unter Federführung der Firma Postberg (mit 5 Personenmonaten). Die Uni Kassel hat 2,5 Personenmonate (PM) zur Verfügung.

1.1 Aufgaben AP 2

Die folgende Tabelle fasst die Aufgaben des AP 2 zusammen.

Tabelle 1: Aufgaben AP 2

Aufgabe	Verantw.	Konzept	Entwurf	Erledigt	PM
Erarbeitung des endgültigen Pflichtenheftes	PB (1 PM)/ UKAS/GH			✓	1
Durchführung interner und um externe Experten erweiterte Projekttreffen	PB (2 PM)/ UKAS/GH			✓	1
Aufbau der Softwarelösung mit Anpassung marktüblicher, universeller Datenlogger (z.B. TIXI, Ahlborn)	PB (2 PM)/ UKAS/GH			✓ (Beitrag)	0,5
Entwicklung RS485 bzw. M-BUS Schnittstelle für Druckluftzähler	PB		✓ (Beitrag)		
Entwicklung der Berechnungsalgorithmen für die Effektivitäts- und Effizienzsimulation und -prüfung	UKAS/PB			✓ (Beitrag)	
Softwareprogrammierung des CAE-Managers (Datenlogger) in C++ und/ oder XML	PB (UKAS)		✓ (Beitrag)		
Anpassung der Visualisierungssoftware auf CAE-Manager	PB (UKAS)		✓ (Beitrag)		
Schnittstellenprogrammierung zum Kompressor (Modbus, Profibus, RS232)	PB/ Viessmann (UKAS)				

1.2 Erarbeitung des endgültigen Pflichtenheftes

Das Pflichtenheft für den CAE-Manager wurde kontinuierlich an den gemeinsamen Projekttreffen besprochen. Es wurde eine Vielzahl von Lösungen diskutiert. Eine wesentliche Grundlage waren die in AP 1 identifizierten Druckluftpfade. Es wurde diskutiert welche Kennzahlen gebildet werden können, welche Kennzahlen am aussagekräftigsten sind und welche Darstellung zu wählen ist. Neben dem CAE-Manager rückte die KWK-Druckluft+Anlage in den Vordergrund. Sie sollte in der ursprünglichen Planung von einem holländischen Partner als Produkt gekauft werden und in die bestehende Struktur der Universität/Demotec-Halle integriert werden. Eine Reihe von Komplikationen führte einerseits dazu, dass es erhebliche Verzögerungen gab und andererseits eine größere Beteiligung der Universität gewünscht wurde. Diese Aufgaben waren ursprünglich nicht vorgesehen und konnten nicht einfach erfüllt werden (Die Komplikationen hatten nicht-technische Ursachen). Das Pflichtenheft wurde auch für die KWK-Druckluft+Anlage gemeinsam mit den Partnern erarbeitet. Eine sehr wesentliche Entscheidung war, dass ein Gasmotor eingesetzt werden soll, obwohl die Analyse und Wirtschaftlichkeitsberechnung ergeben hatte, dass ein Dieselmotor höhere Effizienz und unter Umständen niedrigere Gesamtkosten erreicht. Der Grund hierfür ist, dass Erdgas als Brennstoff in der Industrie zunehmend häufiger genutzt wird und bessere Zukunftsaussichten hat als Diesel bzw. Heizöl. Eine weitere wichtige Fragestellung war welche Temperaturniveaus von der nutzbaren Abwärme bedient werden sollten. Hierzu wurden Erfahrungen der Firma Postberg diskutiert, welche Branchen von besonderem Interesse sind und welche Temperaturniveaus gefordert sind. Das Entscheidungskriterium war eine besonders einfache Realisierbarkeit und weitgehend universelle Einsetzbarkeit zu erhalten. Daher wurde beschlossen zunächst nur ein Temperaturniveau für alle Wärmequellen (KWK-Wärmequellen, Kompressor, Druckluftkühlung) zu schaffen und nur einen Wärmespeicher einzubinden.

1.2.1 Entscheidungen für die Softwarelösung (Pflichtenheft Software)

Als Anzeige des CAE-Managers wurde die Ampelvisualisierung vom Projektteam gewählt. Die zugrunde zu legenden Energieeffizienz Kennzahlen werden für die Umwandlungsketten KWK-Druckluft+ mit Gasmotor und Standard-Elektromotor mit Kompressor und ohne Wärmenutzung definiert und sind mit realen Messdaten zu vergleichen. Dies ermöglicht die ständige Kontrolle der Druckluft- und Wärmeerzeugung.

Im Folgenden werden die Grundlagen für die Software beschrieben, die durch die

- Darstellung
- Erstellung der Referenzwerte
- die Verarbeitung der realen Werte
- den Vergleich der Kennzahlen mit dem Referenzwert
- die Ausgabe der Ampelsignale und die dahinterliegenden Berechnungsalgorithmen

charakterisiert ist.

Die grundlegenden Entscheidungen sind:

- Darstellung: Ampelvisualisierung
- Erstellung der Referenzwerte
 - KWK-Druckluft+ mit Gasmotor für den Vergleich von CO₂ und Kosten gegenüber den erreichbaren optimalen Werten (Anlagenzustand)
 - Referenz: Standard-Elektromotor mit Kompressor und ohne Wärmenutzung für den Vergleich von CO₂ und Kosten gegenüber normalem Betrieb (Benchmark)
- Es werden Referenzwerte definiert s. Tabelle 5 Aufbau der Softwarelösung
- Es muss die Möglichkeit zur Anpassung der Referenzwerte geben, da für die Anlage unter anderen Bedingungen:
 - Region oder Staat (Österreich z.B.)
 - oder zu einer anderen Zeit (höherer Anteil erneuerbarer Energien, andere Brennstoffpreise)
 - oder durch die konkrete Anlage vor Ort (z.B. mit oder ohne Druckluft-Rückführung)angepasste Werte benötigt werden.
- Verarbeitung der realen Werte:
 - Über Temperaturen und Volumenströme des Heizmediums können thermische Wirkungsgrade bestimmt werden. Durch die Messinstrumente

- der Firma Postberg können Volumenströme, Druck und Temperatur der Druckluft messen, der Brennstoff Erdgas ist über Gaszähler zu messen
- Die wesentlichen Werte sind die Gesamteffizienz der Druckluftherzeugung, der Wärmenutzung und die Gesamteffizienz als Summe der beiden Werte.
 - Weitere wichtige Kennzahlen sind die Effizienz des Druckluftnetzes (Überwachung von Leckagen) und der Drucklufrückführung (EARS-System)
 - Die thermischen Kennzahlen können im weiteren Verlauf auf die Quellen KWK-Abgas, KWK-Motor, Kompressor, Druckluftkühlung erweitert werden
 - Die Untersuchung der Effizienz von unterschiedlichen Druckluftgeräten stellt komplexe Herausforderungen an die Messtechnik und soll daher nicht implementiert werden
- Vergleich der Kennzahlen mit dem Referenzwert: für den Vergleich werden 5 Hauptkennzahlen definiert, die bei Bedarf wie beschrieben erweitert werden können. Außerdem wurden vorläufige Grenzen und Randbedingungen festgelegt (24h-Mittelwerte). Sie werden im Folgenden beschrieben, siehe 1.2.2 und 1.2.3.
 - Ausgabe der Ampelsignale und die dahinterliegenden Berechnungsalgorithmen: Mit Hilfe der oben beschriebenen Definitionen sind die Zahlen zu errechnen und visuell darzustellen. Dies ist in Abschnitt 1.5 beschrieben.

1.2.2 Energieeffizienz – Effizienzkennzahlen

Die Effizienz der Druckluftversorgung beginnt bei der Erzeugung und endet bei jedem Endabnehmer.

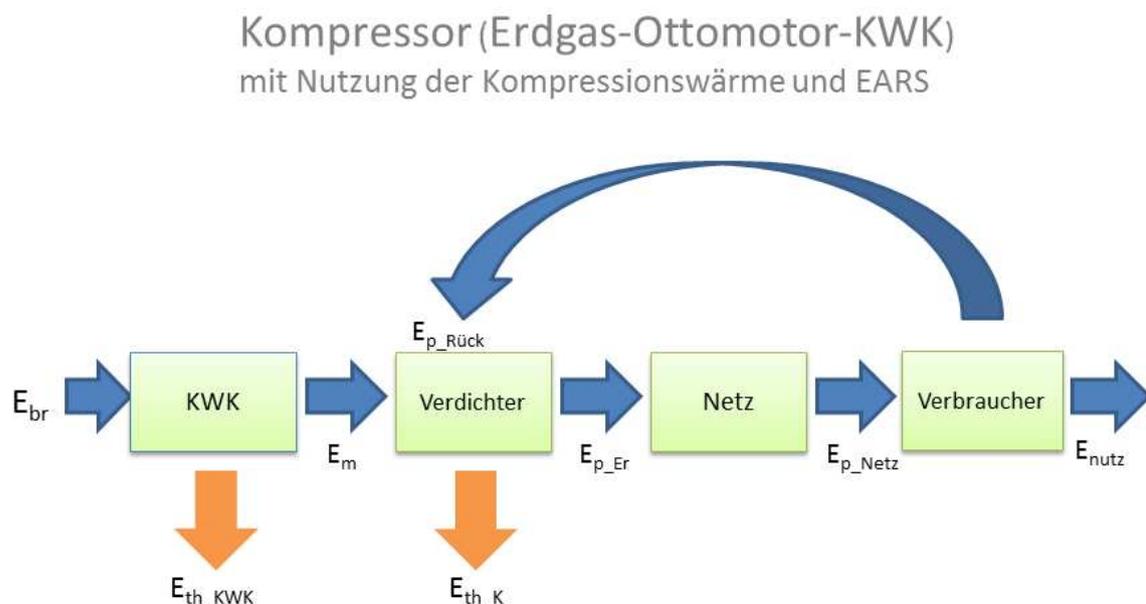


Abbildung 1-1: KWK-Druckluft+System

Kennzahlensystem:

Thermischer Wirkungsgrad KWK-Anlage:	Kennzahl 1 = E_{th_kWK}/E_{br}
Thermischer Wirkungsgrad Kompressor	Kennzahl 2 = E_{th_k}/E_{br}
Druckluftkennzahl	Kennzahl 3 = E_{p_Er}/E_{br}
Netzkennzahl	Kennzahl 4 = E_{p_Netz}/E_{p_Er}
Druckluftrückführung	Kennzahl 5 = $E_{p_Rück}/E_{p_Netz}$
Gesamtwirkungsgrad	Kennzahl 6 = Summe 1 bis 3

Die Kennzahlen sind Tages-Mittelwerte (24-Stunden-Betrieb). Mit einer minimalen Messfrequenz von 0,2 Hz können Ist-Werte erfasst werden. Zur Berechnung der angestrebten Tages-Mittelwerte ist eine Taktung in Minuten ausreichend (Für validierende messtechnische Auswertungen sollten Sekundenintervalle genutzt werden). Es wird davon ausgegangen, dass der tägliche Verbrauch von Druckluft und Wärme annähernd konstant ist. Die einzige Ausnahme bilden produktionsfreie Tage, die gesondert betrachtet werden müssen. Hierfür ist eine Sonderfunktion zu implementieren, bei der auf eine Auswertung an produktionsfreien Tagen verzichtet wird (Brennstoffeinsatz = 0). Wird innerhalb der Betriebszeiten eine große Abweichung zu diesen Werten festgestellt (Anzeige gelb oder rot), kann mit Hilfe der Datenlogging-Funktion unter Hinzuziehung von Informationen zu weiteren Kennzahlen eine Fehleranalyse durchgeführt werden.

1.2.3 Kennzahlen für das Benchmark:

Als Grundlage für die Ausgabe des Feedbacks wurden Prozentwerte des Referenzwertes ausgewählt. Festgelegt wurde vom Projektteam:

- > 90% des Referenzwertes= grün
- 70% bis 90% des Referenzwertes= gelb
- < 70% des Referenzwertes= rot

Eine wesentliche Frage war welche Einheiten die Kennzahlen bekommen sollten, und welche Bezüge zu wählen sind. Für die Zähler kommen hierbei für Preise € oder ct, für Gewicht g, kg oder t CO₂ in Frage. Als Bezüge können je m³_Druckluft oder je Normkubikmeter_ Druckluft, je kWh_thermisch, je kWh_Nutzenergie, je kWh_Endenergie, je kWh_Primärenergie, je kWh_Druckluft, u.a.m verwendet werden. Für Energieeffizienz bietet sich der Bezug zur Primärenergie, für die Praxis der Bezug je m³_Druckluft an. Die Effizienzkennzahlen innerhalb der Wandlungskette (Überwachung) werden in Bezug zum Brennstoff, bzw. als Relation Output/Input innerhalb eines Wandlungs- oder Transportschritts definiert. Es wurden außerdem € und kg_CO₂_Äquivalent gewählt.

1.2.4 Entscheidungen für die KWK-Druckluft+Anlage (Pflichtenheft KWK)

Die Entscheidungen für die KWK-Druckluft+Anlage waren erschwert worden, da die Lieferanten selbst lange Zeit nicht in der Lage waren feste Zusagen zu machen bzw. diese zurück genommen haben. Die wichtigsten Entscheidungen zur KWK-Druckluft+Anlage sind:

- Gasmotor 20 kW_m
- Temperaturniveaus: einfache Realisierbarkeit und weitgehend universelle Einsetzbarkeit -> ein Temperaturniveau für alle Wärmequellen (KWK-Wärmequellen, Kompressor, Druckluftkühlung)
- Druckluft und wärmegeführte Betriebsweise

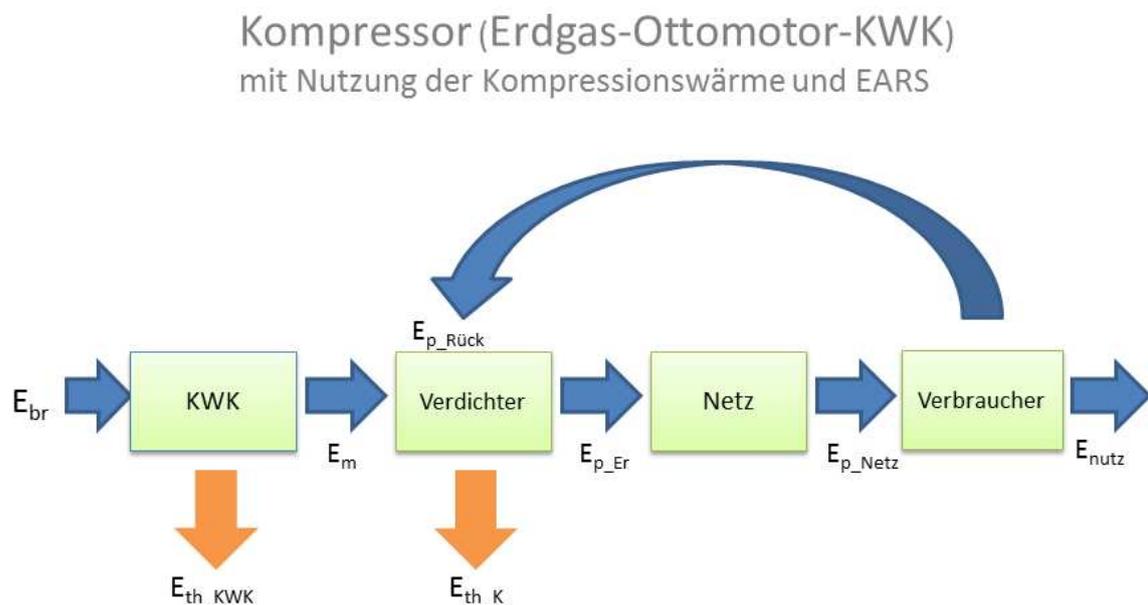


Abbildung 1-2: Prinzipieller Aufbau des KWK-Druckluft+Systems

Weitere Spezifikationen

1. Volumenstrom

Die korrekte Messung des Volumenstroms legen die Normen DIN 1945, Teil 1, Anhang F und ISO 1217, Anhang C fest. Der Normvolumenstrom des KWK-Druckluftsystems bei Vollast liegt über 50 m³/min.

2. Motorleistung

Die Leistung, die der Gasmotor des KWK-Druckluft+Systems mechanisch über die Kurbelwelle abgibt wird Motorleistung genannt. Die Motorleistung des KWK-Druckluftsystems liegt über 20 kW.

3. Spezifische Kompressorleistung

Als spezifische Leistung des Kompressors bezeichnet man das Verhältnis zwischen der zugeführten Leistung und der abgegebenen Luftmenge bei entsprechendem Betriebsdruck. Dabei wird der Wert der aufgenommenen Leistung bei Maximaldruck durch den Wert des Volumenstroms bei Maximaldruck dividiert.

4. Wärmeleistung und Thermischer Wirkungsgrad

Die Wärmeleistung(für 40°C Heißwassertemperatur) soll über 39 kW liegen, bei einem thermischen Wirkungsgrad von über 62%.

5. Schadstoffemissionen

Tabelle 2: Schadstoffemissionen

NO _x -Gehalt gemessen als NO ₂ mg/m ³	< 125
CO-Gehalt mg/m ³	< 150
CO-Gehalt mg/kWh	< 129
Formaldehyd CH ₂ O mg/Nm ³	< 60

6. Geräuschpegel

Tabelle 3: Geräuschpegel während der Nutzung

Abgas (mit optionalem Schalldämpfer) dB(A)	< 57
Druckluft dB(A)	< 64

7. Steuerung

Der Gesamtenergiebedarf der geschalteten Kompressoren liegt während der Leerlaufphase bei 20% der Vollastleistung. Eine Übergeordnete Steuerung koordiniert den Betrieb der Kompressoren in einer Druckluftstation und schaltet die einzelnen Anlagen je nach Luftbedarf zu oder ab.

8. Regelungsstrategie

In der Regel lassen sich Kompressoren je nach ihrer Funktion als Grundlast-, Mittellast-, Spitzenlast- oder Standby Anlage klassifizieren.

Tabelle 4: Klassifizierung des Luft- und Wärmebedarfs

		Druckluft			
		Grundlast	Mittellast	Spitzenlast	Standby
Wärme	Grundlast	S1	S2	S3	S4
	Mittellast	S5	S6	S7	S8
	Spitzenlast	S9	S10	S11	S12
	Standby	S10	S11	S12	S13

S1 (Situation 1) Grundlast –Luft- und Wärmebedarf:

Unter dem Grundlast–Luft- und Wärmebedarf versteht man die Luft- und Wärmemenge, die im Betrieb ständig benötigt werden. In diesem Fall läuft das KWK–Druckluftsystem mit geringer Belastung und braucht noch keine Wärme- oder Druckluftspeicher.

S6 Mittellast –Luft- und Wärmebedarf:

In diesem Fall läuft das KWK–Druckluftsystem mit mittlerer Belastung, also im normalen Betriebszustand und braucht teilweise Wärme- und Druckluftspeicher.

S9 Grundlast –Luft- und Spitzenlast–Wärmebedarf:

In dieser und ähnlichen Situationen muss festgelegt werden, welcher Bedarf vorrangig gedeckt und wie die Anlage geführt werden soll. Die Anlage wird vorrangig “wärmegeführt” betrieben.

S11 Spitzenlast-Luft- und Wärmebedarf:

Der Spitzenlast-Luft- und Wärmebedarf steht für die Luft- und Wärmemengen, die zu bestimmten Verbrauchsspitzenzeiten benötigt werden. Sie sind aufgrund der Anforderungen verschiedener Verbraucher unterschiedlich groß. Um die diversen Lasten so gut wie möglich erfüllen zu können, werden die Kompressoren mit unterschiedlichen Steuerungen ausgestattet. Diese Steuerungen müssen in der Lage sein, beim Ausfall eines übergeordneten Steuerungssystems, den weiteren Kompressorbetrieb und damit die Druckluftversorgung aufrechtzuerhalten. Der maximal mögliche Wärmebedarf muss individuell ermittelt werden, um einen passenden Wärmespeicher auslegen zu können.

Das in der Industrie anzunehmende System für den Einsatz der KWK-Druckluft+Anlage dürfte in den meisten Fällen eine existierende Druckluftversorgung mit Elektromotor haben, das als Backup-System weiter genutzt werden kann. Bei zu geringem Bedarf an Wärme oder Druckluft schaltet die Anlage ab und der elektrisch betriebene Kompressor bzw. der Heizkessel übernehmen die Versorgung. Insofern dürfte aus Kostengründen eine gleichzeitig druckluft- und wärmegeführte Fahrweise angestrebt werden.

1.3 Durchführung interner und um externe Experten erweiterter Projekttreffen

Das Kickoff-Meeting fand am 13.01.2011 statt. Ein weiteres Projekttreffen mit Herrn Lefevre (DBU) fand am 15.6.2011 statt. Die kontinuierlich durchgeführten Treffen waren im Wesentlichen Besprechungen zwischen den Teams an der Universität Kassel und von Postberg, die zumeist freitags in der Uni stattgefunden haben. Daneben gab es Treffen zwischen den Projektverantwortlichen Herrn Otto und Herrn Sievers. Dazu kam eine Reihe von Treffen, bei denen auch Herr Hurrink anwesend war, der für den Aufbau und die Ausgestaltung des KWK-Druckluft+Systems gesorgt hat. Eine dieser Besprechungen fand auf der Hannovermesse 2011 statt, bei der zusätzlich Herr Seeger (Firma Postberg) anwesend war. Die Projekttreffen dienten sehr wesentlich dazu, die hier dargestellten Entscheidungen zu treffen und die Arbeit miteinander abzustimmen. Darüber hinaus wurde der Tag der offenen Tür bei der Firma Postberg (15.9.11) genutzt, um unter den Beteiligten und mit Gästen von E.ON-Mitte und Viessmann über das Projekt zu sprechen.

1.4 Aufbau der Softwarelösung – Beiträge der Universität Kassel

Der Aufbau der Softwarelösung ist hauptsächlich ein Teil der Produktentwicklung des CAE-Managers für die Firma Postberg. Die Aufgabe der Universität Kassel bestand im Wesentlichen in der Unterstützung in Teilbereichen. Ein Schwerpunkt lag in der Berechnung der Kennzahlen. Dieses Thema erhält daher als eigenes Unterkapitel die Entwicklung der Berechnungsalgorithmen für das Effizienzmonitoring.

Entwicklung RS485 bzw. M-BUS Schnittstelle für Druckluftzähler

Die Universität Kassel (UKAS) hat den Zähler installiert und genutzt. Die Entwicklung erfolgt durch die Firma Postberg. Die Entwicklung wurde in der „Demotechalle“ getestet und es wurde Rückmeldung zu Problemen und Fehlern des Datenloggers (Hardware) und den Einstellungen (Software) gegeben.

Schnittstellenprogrammierung zum Kompressor (Modbus, Profibus, RS232)

Durch Verzögerungen bei der Lieferung des Gasmotors wurde auch der Kompressor erst spät ausgewählt. Seit Anfang Mai 2012 ist das Konzept als abgeschlossen zu betrachten. Dieses stammt im Wesentlichen vom Projektpartner Gerhard Hurrink. Diese Aufgabe ist noch nicht abgeschlossen ist aber wesentlich für den Betrieb der Anlage.

Softwareprogrammierung des CAE-Managers (Datenlogger) in C++ und/ oder XML

Auf Grundlage der Messtechnik, die für die gesetzten Ziele des CAE-Managers nötig sind und auf Basis der Berechnungen aus AP 1 und den daraus abgeleiteten Berechnungsalgorithmen kann die Softwareprogrammierung erfolgen. Die Uni Kassel hat mit den Berechnungsalgorithmen die notwendigen Grundlagen praxisgerecht übergeben. Ein Auszug der Berechnungen wurde aufgrund der Wünsche der Firma Postberg an die Firma Viessmann als KWK-Anlagenhersteller gesendet.

Anpassung der Visualisierungssoftware auf CAE-Manager

Diese Arbeiten können auf Grundlage der hier beschriebenen Kennzahlen der Universität Kassel zuende geführt werden.

1.5 Entwicklung der Berechnungsalgorithmen für die Effizienz-Berechnungen, das Monitoring und die Visualisierung

Die folgende Abbildung zeigt den notwendigen Berechnungsgang für die Kennzahlen am Beispiel des thermischen Wirkungsgrads der KWK-Anlage, der im CAE-Manager zu berechnen ist. Aus Temperaturen und Volumenströmen des Heizmediums wird die übertragene Wärme der KWK-Anlage berechnet. Der Gaszähler liefert mit dem Heizwert zusammen die Brennstoffenergie. Anschließend erfolgt der Vergleich mit dem Referenzwert. Nach der Überprüfung wird die Ampel geschaltet.

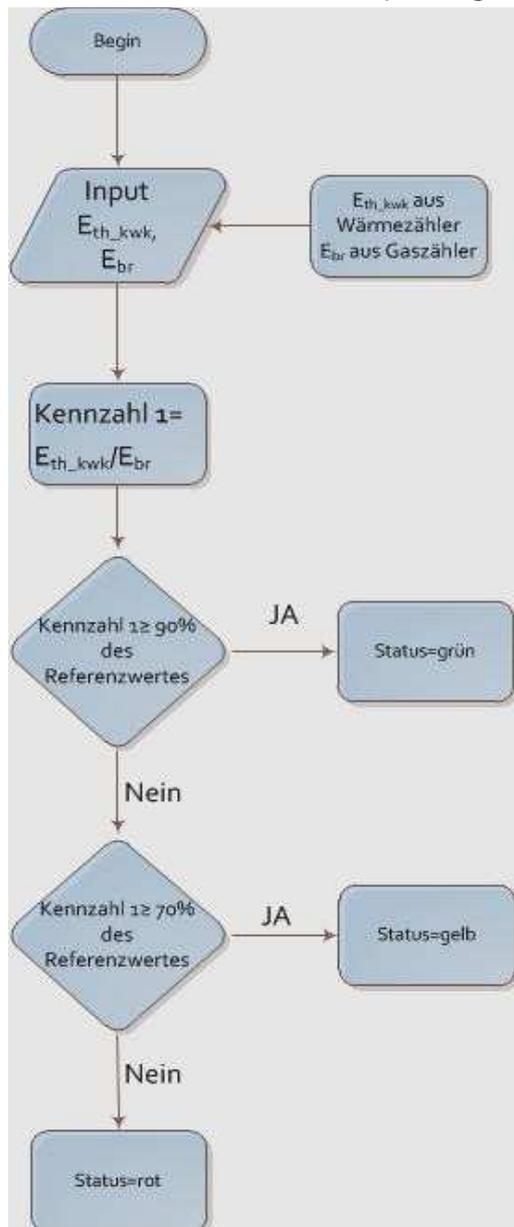


Abbildung 1-3: Algorithmus für die Effizienzsimulation

Da übertragbare Standortbedingungen in der Industrie selten sind bzw. jede Verbraucherstruktur individuell ist – seien es kommunale Liegenschaften oder Arealnetze in der Industrie, sollen die Referenzwerte eine Berücksichtigung unterschiedlicher Standorte erlauben.

1.5.1 Berechnung der Standard-Referenzwerte

Tabelle 5: Definition der Referenzwerte

Kennzahl	Referenzwert	grün	gelb	rot
Name		(>90%)	(70% bis 90%)	< 70%
Thermischer Wirkungsgrad KWK-Anlage	0,62	>0,558	0,434–0,558	<0,434
Thermischer Wirkungsgrad Kompressor	0,72	>0,648	0,504 – 0,648	<0,504
Wirkungsgrad der Wandlung in Druckluft insgesamt	0,06	>0,054	0,042– 0,054	<0,042
Wirkungsgrad des Druckluftnetz	0,96	>0,864	0,672–0,864	<0,672
EARS	0,2	>0,18	0,14–0,18	<0,14

1.5.2 Kosten – Kostenkennzahlen

Die Kosten und die fortlaufende Einsparberechnung werden monatlich und jährlich ermittelt. Sie dienen der Erstellung der Bilanz und nicht dem Feedback im Rahmen des Monitorings. Sie werden sowohl in Bezug zu einer Standardanlage als auch zum optimalen Fall betrachtet. Die folgende Tabelle zeigt die Ergebnisse der Kostenberechnung für beide Fälle.

Exemplarische Berechnungen

Es wurden die von der Software auszuführenden Berechnungen in einer Exceltabelle durchgeführt. Es werden im Folgenden die Annahmen und Ergebnisse dargestellt wie sie von der Software wiederzugeben sind.

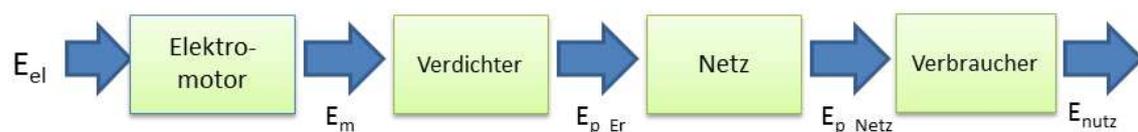


Abbildung 1-4: Druckluftkette Elektromotor ohne Wärmenutzung

Tabelle 6: Ergebnisse der Kostenberechnung

	Ggf. Formel	Wert
Allgemein:		
Spezifische Kompressorleistung	Kompressorleistung (kW) / Luftfördermenge (m ³ /h)	0,1 kWh/m ³
Strompreis		13 ct/kWh
Gaspreis		5,5 ct/kWh
Wärmepreis		6 ct/kWh
Elektromotor:		
Energieaufnahme Strom		54 kWh
Wirkungsgrad		90%
Antriebsenergie	Energieaufnahme * Wirkungsgrad	48,7 kWh
Erzeugte Druckluftmenge	Antriebsenergie / spezifische Kompressorleistung	487 m ³
Energiekosten	Energieaufnahme * Strompreis / erzeugte Druckluftmenge	1,44 ct/m ³
Gas-Otto-Motor:		
Energieaufnahme Gas		62 kWh
Wirkungsgrad		38%
Wärmenutzung (KWK)		31,1 kWh
Antriebsenergie	Energieaufnahme * Wirkungsgrad	22,2 kWh
Erzeugte Druckluftmenge	Antriebsenergie / spezifische Kompressorleistung	222 m ³
Wärmegutschrift	Wärmepreis * Wärmenutzung	186,6 ct
Energiekosten	(Energieaufnahme * Gaspreis - Wärmegutschrift) / erzeugte Druckluftmenge	0,7 ct/m ³

1.5.3 CO₂ Einsparung – CO₂-Kennzahlen

Die folgende Tabelle gibt die gewählten Standardwerte für den CAE-Manager wieder. Die jeweiligen Emissionswerte lassen sich auch der Multiplikation der Emissionsfaktoren mit dem Strom- oder Gasverbrauch berechnen.

Tabelle 7: Emissionsfaktoren

Emissionsfaktor	Wert	Einheit
f_Br_CO2_Kraftwerkspark	0,59	kg/kWh
f_Br_CO2_Erdgas	0,25	kg/kWh
f_Br_CO2_Biogas	0,058	kg/kWh

1.5.4 Zusammenfassung der Annahmen

Es wurden die von der Software auszuführenden Berechnungen in einer Exceltabelle durchgeführt. Es werden im Folgenden die Annahmen und Ergebnisse dargestellt wie sie von der Software wiederzugeben sind.

Tabelle 8: Übersicht der technischen und ökonomischen Annahmen

	IST System	KWK Druckluft Plus	Unterschied
Laufzeit [h/a]	8600	8600	-
Strompreis [€/kWh]	0,12	-	-
Wärmepreis [€/ kWh]	0,05	0,05	-
Wärmeerzeugung [kWh]	430.000	430.000 (50 kW)	-
Druckluftherzeugung [kWh]	32.073	32.073	-
Stromverbrauch [kWh]	172.000 (20 kW)	-	172.000
Stromkosten [€ p.a]	20.640	-	20.640
Energiekosten der Wärmeerzeugung[€ p.a]	21.500	21.500	-
Gesamtenergiekosten [€ p.a]	42.140	21.500	20.640
CO ₂ -Einsparung [kg p.a.]	391.077	133.300	257.777

2 Zusammenfassung AP 2

Im AP2 "Hardwaregrundlagen" wurde jeweils ein Pflichtenheft für die Software und die KWK-Druckluft+Anlage erarbeitet. Für das Pflichtenheft der Software wurde durch die Definition von geeigneten Kennzahlen die Vergleichsbasis für das System geschaffen. Das Pflichtenheft zur KWK-Druckluft+Anlage bestimmt die technischen Kennwerte, die die Anlage erreichen soll. Für die Software wurden die Standardreferenzwerte und der Berechnungsgang zur Ampelvisualisierung angegeben. Es wurden eine Vielzahl interner und um externe Experten erweiterter Projekttreffen durchgeführt, so dass kontinuierlich an den im Antrag definierten Aufgaben und an den neuen Herausforderungen im Zusammenhang mit der KWK-Druckluft+Anlage gearbeitet wurde. Die Treffen dienten der Diskussion offener technischer Fragen, dem Fällen von Entscheidungen und Absprachen zur Koordination des Projekts. Es wurden Beiträge geliefert zum Aufbau der Softwarelösung mit Anpassung marktüblicher, universeller Datenlogger, die sich aus der Implementierung der Messungen ergaben und die auf eine Reihe von Unzulänglichkeiten des Datenloggers und der Hardware führten. Diese Schwierigkeiten wurden im Verlauf des Projekts zusammen mit dem Hersteller und der Firma Postberg abgestellt. Für die Entwicklung der Berechnungsalgorithmen für die Effektivitäts- und Effizienzsimulation und -prüfung und bei der Anpassung der Visualisierungssoftware des CAE-Managers wurden im Zusammenhang mit den durchgeführten Messungen Vorschläge zur Umsetzung gemacht.

3 Prototypentwicklung

Für die Prototypentwicklung ist festzulegen, welche Funktionen realisiert werden sollen. Es wurden hierzu Entscheidungen getroffen, die im Folgenden erläutert werden.

3.1 Aufgaben AP 3

Tabelle 9: Aufgaben AP 3

Aufgabe	Verantw.	Konzept	Entwurf	Erledigt	PM
Prioritätsliste für die Realisierung CAE-Manager	PB/UKAS/ GH			✓ (Beitrag)	2
Test der Komponenten (Messtechnik)	UKAS/PB		✓		1
Kommunikationstechnik	PB/UKAS		✓ (Beitrag)		1
Anzeige der Kennzahlen und die Visualisierung	PB/UKAS			✓ (Beitrag)	

3.2 Prioritätsliste für die Realisierung CAE-Manager

Die Prioritätsliste hat die Aufgabe einfach zu realisierende von umfangreicheren, aufwendigeren und teuren zu trennen, um zunächst ein Produkt auf den Markt bringen zu können, das zuverlässig und preiswert ist. Außerdem sind die grundlegenden Arbeiten auszuführen, um die KWK-Druckluft+Anlage vermessen und bewerten zu können, sowie die Inbetriebnahme vorzubereiten. Auf diese Anlage wird der CAE-Manager als Softwarelösung abgestimmt. Die Erarbeitung des endgültigen Pflichtenheftes (AP 2) enthält die wesentliche Priorisierung, die hauptsächlich für den CAE-Manager (Entwicklung der Berechnungsalgorithmen für die Effektivitäts- und Effizienzsimulation und -prüfung, aber auch zum Teil auch für die KWK-Druckluft+Anlage durchgeführt wurde, s. 1.2. Der Aufbau der Softwarelösung mit Anpassung marktüblicher, universeller Datenlogger (z.B. TIXI, Ahlborn), die Entwicklung der RS485 bzw. der M-BUS Schnittstelle für Druckluftzähler und die Softwareprogrammierung des CAE-Managers (Datenlogger) in C++ und/ oder XML waren wesentliche Ziele des Projektkoordinators Fa. Postberg. Die Anpassung der Visualisierungssoftware auf CAE-Manager und die Schnittstellenprogrammierung zum Kompressor (Modbus, Profibus, RS232) für die KWK-Druckluft+Anlage sind die abschließenden Aufgaben durchzuführen.

Eine wesentliche Aufgabe der Universität Kassel war der Test der Komponenten (Messtechnik). Hier waren Fragen der einzusetzenden Messprinzipien und der Genauigkeit der Messungen zu klären. Dies sollte parallel zum Aufbau der Pilot- bzw. Referenzanlage an der Uni durchgeführt werden. Vorgeschaltet wurde die Installation eines Systems der Firma Ears, an dem Vergleichsmessungen durchgeführt wurden. Das nächste Ziel war die Inbetriebnahme der Pilot- bzw. Referenzanlage. Die Dokumentation inklusive der Gefährdungsabschätzung und der Sammlung der Datenblätter und Erstellung eines Datenblatts für die Anlage erfolgten parallel zum Aufbau. Die Erstellung eines Handbuchs (Weiterbildungs- und Schulungskonzept) und die abschließende Erstellung von Schulungsmaterial sind erst nach der Inbetriebnahme sinnvoll, da noch wesentliche Entscheidungen anstehen. Marketingmaßnahmen, Messeteilnahme Webveröffentlichung sollten parallel zur Vorstellung des Systems auf der Woche der Umwelt (2012) erfolgen. Das Schreiben von Fachaufsätzen sollte die Berechnungsgrundlagen, den Aufbau der Anlage und die Ergebnisse der Messungen umfassen.

Prioritätsliste

Die Priorität der zu bearbeitenden Aufgaben wurde folgendermaßen festgelegt und umgesetzt.

Tabelle 10: Prioritätsliste

KWK- Druckluft+Anlage	CAE-Mangers Messtechnik	CAE-Manger Aufbau	Dokumentation Öffentlichkeitsarbeit
Bestimmung von • Aufbau • Funktionen KWK-Druckluft+ Anlage (AP 2)	• Einzusetzenden Messprinzipien und Genauigkeit der Messungen, (s. AP 3)	Bestimmung • Aufbau & Funktionen CAE- Manger: (s. AP 2) • Softwarelösung mit Anpassung eines marktüblichen Datenloggers	• Umfangreiche Informationen der Firma Postberg • Tag der offenen Tür • Hannovermesse • (s. AP 4)
• Installation eines Systems der Firma EARS (s. AP 4) • Messkonzepte Ears, KWK-Druckluft+ (s. AP 4)	• Test der Komponenten (Messtechnik, s. AP 3) • Abstimmung Sensoren auf Datenlogger • (s. AP 3)	• die Entwicklung der Schnittstelle für Druckluftzähler • Softwareprogrammi erung des CAE- Managers (s. AP2)	• Dokumentation inklusive Gefährdungs- abschätzung • Sammlung der Datenblätter • Erstellung eines Datenblatts für die Anlage • (s. AP 4)
• Durchführung von Vergleichs- messungen (s. AP 3)	• Aufbau der Pilot- bzw. Referenzanlage an der Uni (s. AP 3)	• Anpassung der Visualisierungs- software auf CAE- Manager	Marketingmaßnahmen • Messeteilnahme • Webveröffentlichng • Vorstellung auf Woche der Umwelt (s. AP 4)
	• Inbetriebnahme der Pilot-bzw. Referenzanlage	Schnittstellen- programmierung zum Kompressor	• Erstellung von Schulungsmaterial Erstellung eines Handbuchs • Weiterbildungs-& Schulungskonzept • Schreiben von Fachaufsätzen zu • Berechnungsgrundl. • Aufbau der Anlage • Messergebnisse

Es wurde an der Prioritätsliste für die Realisierung CAE-Manager gearbeitet, wobei gegenüber dem Antrag die Priorität für die KWK-Druckluft+Anlage zu arbeiten neu hinzu kam, da die Herstellung nicht wie ursprünglich geplant durch Fremdfirmen erfolgen konnte. Die Universität war nicht in vollem Umfang in der Lage diese neue Aufgabe mit hoher Priorität abzudecken. Die genauen Gründe sind nichttechnischer Art und hier nicht zu diskutieren.

Es konnte ein Großteil der Aufgaben fertig gestellt werden. Unerledigte Aufgaben, bei denen die Universität Kassel federführend beteiligt sein sollte, sind: Inbetriebnahme der Anlage, Erstellung von Schulungsmaterial, Handbuch und Fachaufsätzen. Die Anlage wurde nicht mehr rechtzeitig zu Projektende fertig gestellt und daher konnten auch keine Vergleichsmessungen durchgeführt werden. Die genannten Aufgaben benötigen eine fertig gestellte Anlage.

3.3 Test der Komponenten (Messtechnik)

Es wurde in der Demeotechalle alles für einen vollständigen Aufbau der KWK-Druckluft+Anlage vorbereitet. Es gab Verzögerungen, weil bei der Erstellung KWK-Druckluft+Anlage unklar war, welcher Motor letztlich eingesetzt wird. Zunächst wurde ein so genanntes EARS-System mit Verbrauchern und dem CAE-Manager installiert. Mit dieser Anlage wurden Tests durchgeführt. Es sollten unter annähernd realen Bedingungen Messungen erstellt und ausgewertet, sowie eine ausreichende Messgenauigkeit sichergestellt werden. Die Messungen sollten außerdem zum Vergleich zwischen dem EARS-System und der KWK-Druckluft+Anlage dienen.

3.3.1 Aufbau der Messtechnik

Es wurde im Team der Universität intensiv diskutiert, inwieweit belastbare Ergebnisse zur Energieeffizienz erzielt werden können. Eine wesentliche Erkenntnis war, dass die Nutzenergie selbst, d.h. die Energie der Druckluftgeräte nicht mit vertretbarem Aufwand quantifiziert werden kann. Es handelt sich im Wesentlichen um mechanische Energien (Schleifen, Bohren) sowie um relativ ungenau zu bestimmende Energien aus Volumenströmen, die nur mit teuren Messgeräten in vertretbarer Genauigkeit erfasst werden können. Da dieser Aspekt im Wesentlichen die Gerätequalität erfasst, wurde beschlossen, wie es auch die Antragsziele nahelegen, diese Effizienz als Außerhalb des Zielsetzung liegend zu betrachten. Ähnlich wie im Theorieteil (AP1) wurde daher der Entschluss gefasst für einen bestimmten Output zu sorgen, der bei den einzelnen Messungen als Vergleich dient. Dieser Output ist ein Wasservolumenstrom einer mit Druckluft betriebenen Wasserpumpe. Die übrigen Messungen wurden an vier Messpunkten (M) durchgeführt. Abbildung 1 zeigt die Lage der Messpunkte.

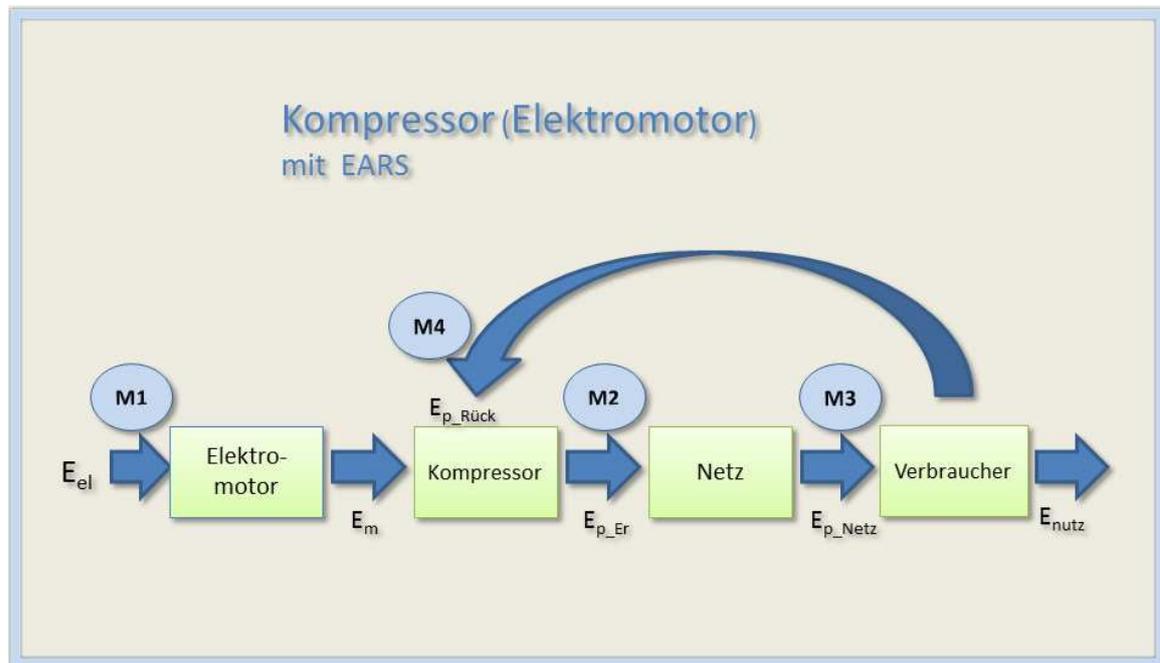


Abbildung 3-1: Platzierung der Messpunkte

3.3.2 Beschreibung der Messgeräte und Sensoren

M1: Stromverbrauch

M2: Durchfluss I (Nm³/h), Temperatur I(°C), Druck I(mbar), Drucktaupunkt (°Ctd)

M3: Durchfluss III (Nm³/h), Temperatur III(°C), Druck III (mbar)

M4: Durchfluss II (Nm³/h), Temperatur II (°C), Druck II (mbar)

Die Messung an M1 erfolgte beim EARS-System als herkömmliche Leistungsmessung, mit einer S0-Schnittstelle und Impulsausgang. An den Messpunkten M2-M4 kamen drei unterschiedliche Messgeräte zum Einsatz, die Druck, Durchfluss und Taupunkttemperatur der Druckluft ermitteln. Sie werden im Folgenden beschrieben.

a. Volumenstromsensor BS285 für Durchfluss und Temperatur



Abbildung 3-2: Volumenstromsensor BS285

Eigenschaften:

- Einschaltverzögerung: <1 s, Ansprechverzögerung t90 typ. < 0,1 s
- Nenndrucksensor: 40 bar
- Schutzart IP 54
- max. 80% rel. Feuchte, sonst Fehlmessung und Ausfall der Sensorik

- Umgebungstemperatur 0 bis 60°C, Mediumtemperatur -20 bis +80°C

Ausgänge:

- Potentialfreier Impuls- Schaltausgang (48VDC 500mA Schaltleistung)
- Potentialfreier Analogausgang 4 – 20 mA (passiv)

Messprinzip Volumenstromsensor BS285:

Die Strömungsmessung erfolgt kalorimetrisch nach dem Wärmeübertragungsprinzip. Ein beheizbares Thermo-Widerstandselement wird relativ zur Mediumtemperatur auf eine konstante Übertemperatur geregelt (CTD-Betrieb). Die Wärmeabgabe an das Medium steigt mit zunehmendem Massenstrom. Die Heizspannung ist somit ein direktes Maß für die Normal-Strömungsgeschwindigkeit. Bei der Konfiguration des Datenloggers wird der Rohrdurchmesser angegeben, und damit wird die Querschnittsfläche des Rohres berechnet.

$$\dot{V} = c \cdot A$$

Strömungsgeschwindigkeit v (in m/s) und Fläche des Rohres A (in m²) ergeben den Volumenstrom. Der Wert des Volumenstroms wurde für präzise Messungen in einem 5-Sekunden Intervall im Datenlogger gespeichert. $V = V^* \times t$ ($t = 5$ Sekunden).

Das Volumen (in m³) ist noch in andere Einheiten (Normkubikmeter, Nm³) umzurechnen.

Ein Normkubikmeter V_n ist eine Menge, die bezogen ist auf einen Druck p_n von 1,01325 bar, eine Luftfeuchtigkeit von 0 % (trockenes Gas) und eine Temperatur von $T_n = 273,15$ K ($t_n = 0$ °C). Das sind die Normbedingungen nach DIN 1343, bzw. bei 15 °C nach ISO 2533, bei denen das Gas ein Volumen V von einem Kubikmeter einnehmen würde. Abweichende Volumina können durch die Zustandsgleichung des Gases bestimmt werden. Im idealen Fall gilt:

$$V_n = V \cdot \frac{p \cdot T_n}{p_n \cdot T} \quad (\text{Temperatur } T \text{ in Kelvin})$$

Diese Gleichung gilt für Edelgase, aber in guter Näherung auch für Luft.

a. Drucksensor 10 bar



Abbildung 3-3: Drucksensor 10 bar

Technische Daten:

Betriebsspannung:	10 bis 30 V DC
Analogausgang:	4 bis 20 mA
Messbereich:	0 bis 10 bar (relativ)
Anschluss:	Schnellkupplung 7,2mm
Gehäuse, Dichtung	FPM

b. Taupunkt Messumformer Series EE375



Abbildung 3-4: Taupunkt-Messumformer

Technische Daten:

Allgemein

Druckeinsatzbereich:	bis 20 bar
Versorgungsspannung:	21...28 V DC
Betriebstemperaturbereich:	Fühler: -40...70°C Elektronik: -40...60°C

Taupunkt (Td)

Taupunktsensor:	HMC01
Messbereich:	-80...60°C Td
Genauigkeit:	

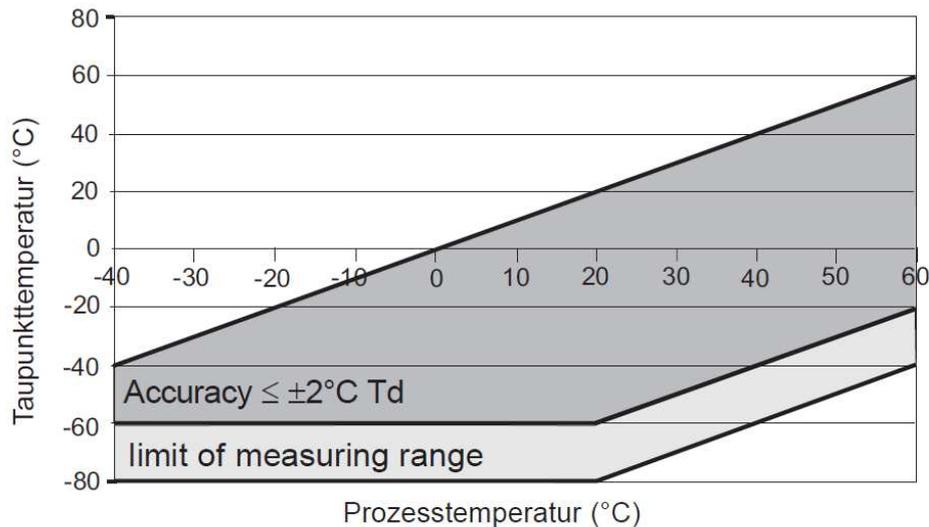


Abbildung 3-5: Genauigkeit des Taupunkt-Messumformers

Volumenkonzentration:

Messbereich: 20...200.000 ppm

Genauigkeit: 5 ppm +20% vom Messwert (bei 20°C und 1013 mbar)

Für den CAE-Manager kommen weitere Sensoren hinzu. Ein Gaszähler ermittelt den Gasvolumenstrom. Mit dem Heizwert kann die dem System zugeführte Energie bestimmt werden. Über den Wärmemengenzähler kann die abgeführte Wärme bestimmt werden, die aus den Komponenten Motor und Kompressor gewonnen wird.

c. Gaszähler

Der Gaszähler ist ein mechanischer Durchflusszähler. Durch den Gasfluss wird eine Kurbelwelle angetrieben, deren Drehbewegungen auf das Zählwerk übertragen wird.

Technische Daten:

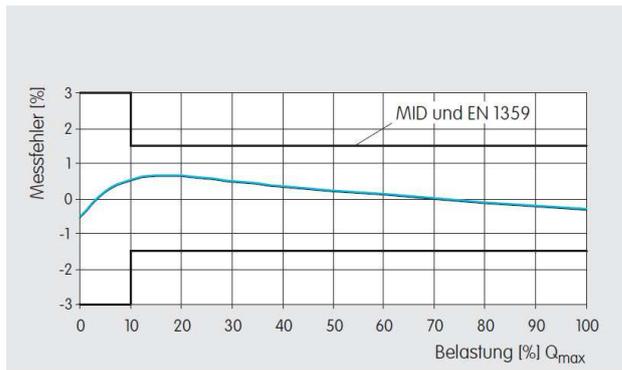
Druckeinsatzbereich: bis 0,5 bar

Berstdruck: > 1,2 bar

Temperaturbereich: -10...40°C

eichfähig für Durchflüsse von 0,1 m³/h bis 16 m³/h (G10)

Genauigkeit, s. folgende Abbildung:



Bei Prüfraumtemperatur mit Eichfehlergrenzen nach MID und EN 1359

Abbildung 3-6: Messfehler des Gaszählers

Druckverlust:

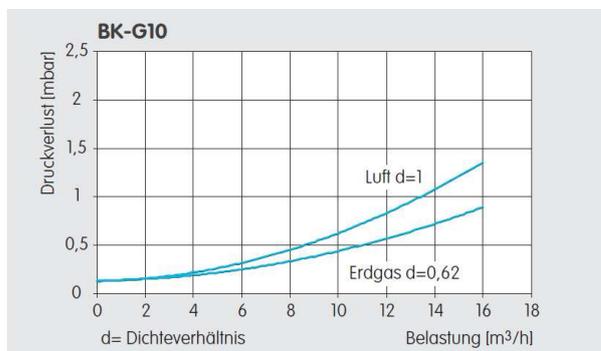


Abbildung 3-7: Druckverlustkurve des Gaszählers

d. Wärmemengenzähler

Der Wärmemengenzähler setzt sich aus verschiedenen Messgeräten zusammen. Die Wärmemenge wird von einem Wärmezähler ausgegeben. Über Temperaturfühler werden die Temperaturwerte im Zulauf erfasst und an den Wärmezähler übertragen. Dieser erfasst zusätzlich die Durchflussmenge des Zulaufs und berechnet aus diesen Werten die genutzte Wärmemenge.

Wärmezähler 2WR5

Der Zähler arbeitet mit Ultraschallmesstechnik und verfügt somit über keine mechanisch bewegten Teile.

Technische Daten:

Temperaturbereich:	2...180°C bei Rücklaufanbindung 10...130°C bei Vorlaufanbindung
Maximaltemperatur:	150°C für 2000h

Temperaturdifferenzbereich:	3...120 K
Abschaltgrenze:	0,2 K
Δt -Messfehler:	$\pm (0,5 + \Delta\Theta_{\min}/\Delta\Theta)\%$, max 1,5% bei $\Delta\Theta=3$ K
Messfehler nach EN1434(Klasse 2):	$(2 + 0,02 q_p/q) \%$, max. 4% bei q_i
Ausgabe:	Durchfluss in m^3 Wärmemenge in Wh

Temperaturfühler

Die Temperatur wird über eine elektrische Widerstandsmessung bestimmt.

Technische Daten:

Sensortyp:	PT 100
Messbereich:	-50 ... 400 °C
Vibrationsfestigkeit:	10 g
Messfehler (Klasse B):	$\Delta T = \pm (0,30 \text{ °C} + 0,005 \cdot T)$

3.3.3 Messkonzept

In Änderung des ursprünglichen Vorhabens wurde zunächst ein sogenanntes Ears-System (australische Firma) eingesetzt, das einen konventionellen elektrischen Kompressor verwendet und als innovative effizienzsteigernde Maßnahme dem Kompressor unter Einsatz von Spezialwerkzeugen einen Teil der ungenutzten Druckluft statt Umgebungsluft zuführt.

Mit diesem System wurden die ersten Versuche gemacht und hierzu wurden alle Sensoren und Datenlogger-Eingänge aufeinander abgestimmt und verbunden und Online-Daten sowie der Datenspeicher zur Auswertung an den Rechner weitergeleitet. (beides erfolgte nicht problemlos). Es wurden die folgenden Messungen durchgeführt:

- Leerlaufverluste (Druckhaltung ohne Verbraucher)
- Zwei Verbraucher (Wasserpumpe und Verbrauchergruppe, getrennt und zusammen)
- a) mit Ears-Druckluftrückführung
- b) ohne Ears-Druckluftrückführung

Wesentlich ist, dass die erste mit der zweiten Messung (mit KWK-Druckluft+) vergleichbar ist. Daher wurden einige Parameter ausgewählt, die für den Vergleich eindeutig definiert sein müssen. Es soll außerdem ein definiertes Druckniveau eingestellt werden. Dieses kann zusätzlich als Parameter variiert werden insofern die Druckniveaus klar definiert sind und eingehalten werden (5,6,7,8 bar im Vorlauf). Da eine exakte Bestimmung des Outputs recht aufwendig und nicht zwingend notwendig ist, soll als Vergleichsmaßstab ein definierter Output eingestellt werden, der in allen Versuchen exakt erzielt werden muss. Hierzu wurde der Durchfluss der Wasserpumpe gewählt. Über

ein Ventil auf der Druckluftseite kann der Wasser-Durchfluss fein eingestellt werden. Über einen Impulsausgang mit S0-Schnittstelle wird das Signal für den Durchfluss vom Datenlogger gemessen. Gleichzeitig wird beim Ears-System die aufgewendete elektrische Energie ebenfalls über eine S0-Schnittstelle ermittelt. Alle Versuche, die final als valide akzeptiert und ausgewertet werden, müssen mindestens dreifach wiederholt werden. Die oben genannten Versuche erfolgen im Wechsel. Die Wiederholbarkeit wird somit sichergestellt.

Es gilt das dargestellte Feld an Untersuchungen mit Ears-System und KWK-Druckluft+Anlage durchzutesten. Wesentliche Erkenntnisse der Versuchsreihen sind, inwieweit die Effizienz eines konventionellen Systems durch Druckluftrückführung und KWK-Druckluft+Anlage gesteigert werden kann und welchen Einfluss das Druckniveau desweiteren hat. Hierbei kann die vorhandene und zurückgeführte Druckluftenergie in Bezug gesetzt werden zur eingesetzten elektrischen Energie (P_{xV^*}/E_{el}) und diverse praktisch erreichte Wirkungsgrade sowie Primärenergieeinsatz können errechnet und miteinander verglichen werden. Im Verlauf dieser Testphase wurden diverse Fehler in der Programmierung des Datenloggers entdeckt. Hier musste zunächst geklärt werden wo die Ursachen für die nicht plausiblen Ergebnisse liegen. Im Wesentlichen lag es an den eingesetzten Kanälen und an den im Datenlogger eingestellten Umrechnungen, die vor die Übertragung der Daten in die Datenbank geschehen. Ein weiteres Problem war, dass überraschenderweise die meisten digitalen Kanäle mit den Impulszählern nicht auf zur richtigen Datenaufnahme führten. Hierzu waren nur spezielle digitale Kanäle fähig.

3.3.4 Ergebnisse der Messungen

1. Parameterdefinition

Messgrößen sind: Druck I und II, Durchfluss I und II, Stromverbrauch Für alle Messungen gelten die folgenden Voraussetzungen: Die Druckniveaus mit EARS-Druckluftrückführung liegen zwischen 6,8 und 8 bar. Die Druckniveaus ohne EARS-Druckluftrückführung liegen zwischen 6 und 7,5 bar.

Es stehen zwei Verbraucherarten zur Verfügung. Die eine hat einen konstanten, kontinuierlichen Durchfluss, die andere ist diskontinuierlich mit kurzzeitigen und regelmäßigen Unterbrechungen.

2. Versuchsbeschreibung

Der eingesetzte diskontinuierliche Verbraucher ist genau genommen eine Gruppe der Verbraucher: Lüfter, Zylinder, kleiner Antriebsmotor. Daneben gibt es eine

Wasserpumpe. Die drei Verbraucher werden überwiegend gemeinsam betrieben und angesteuert und können daher als ein Verbraucher betrachtet werden. Sie bilden ein Verbrauchsprofil ab. Eine einzelne Messung der Verbraucher ist nicht von Interesse.

Die folgende Abbildung (mit EARS-Druckluftrückführung) zeigt drei vollständige Zyklen der Verbraucher-Gruppe 1. Sie werden über eine Dauer von 15 Minuten beim genannten Druckniveau zwischen 7,2 und 8 bar betrieben. Die Messung ist im folgenden Diagramm dargestellt. Die Dauer beträgt 15 Minuten. Es werden Durchfluss, Druck in Vorlauf und Rücklauf, sowie der Stromverbrauch gezeigt.

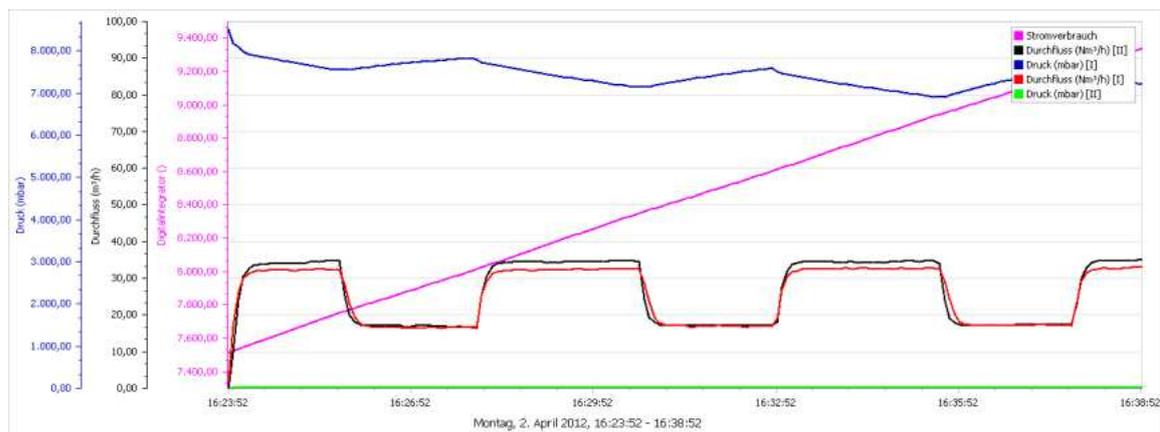


Abbildung 3-8: Versuch mit Verbrauchergruppe 1 mit Druckluftrückführung

Der Durchfluss variiert regelmäßig. Die Verbraucher in Verbrauchergruppe 1 werden an- und ausgeschaltet. Durch den hohen Luftbedarf existieren Durchflussspitzen. Jeder Zyklus dauert ca. 5 Minuten. Zwischen zwei Zyklen kommt eine Pause.

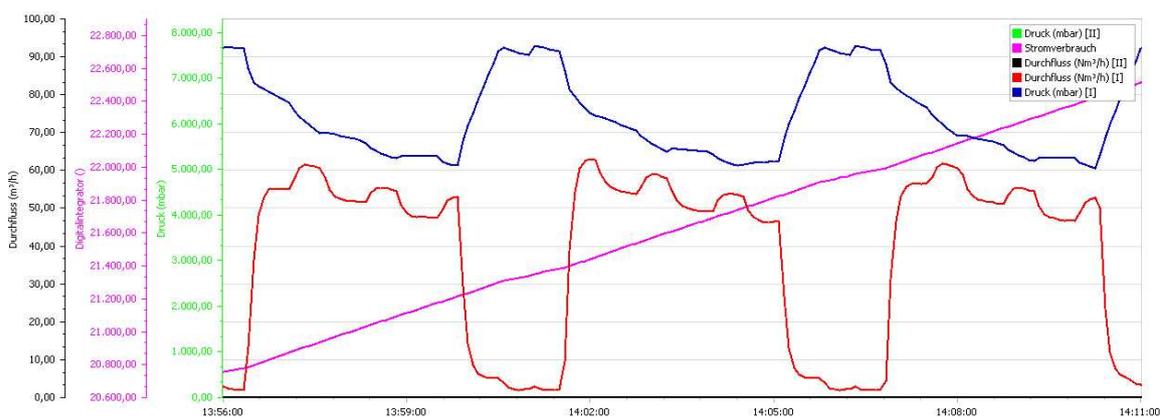


Abbildung 3-9: Versuch mit Verbrauchergruppe 1 ohne Druckluftrückführung

Im Vergleich zur ersten Messreihe, ist die Abbildung der Messung ohne Druckluftrückführung sehr viel ungleichmäßiger. Der Druck sackt bei hohem Verbrauch stark ab. Der Durchfluss schwankt ebenfalls stärker als mit Druckluftrückführung.

Die folgende Messung erfolgte mit Wasserpumpe und Druckluftrückführung.

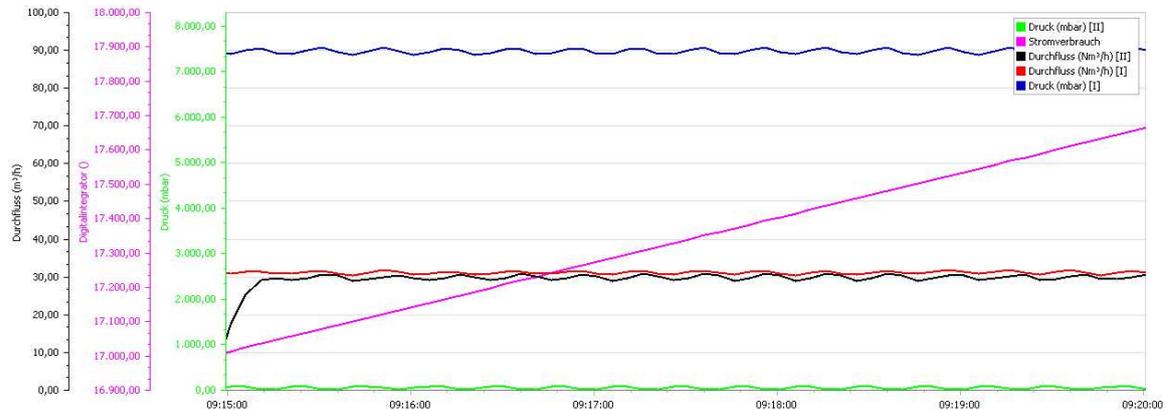


Abbildung 3-10: Versuch mit Verbraucher 2 mit Druckluftrückführung

Die Abbildung zeigt, dass die Wasserpumpe einen sehr gleichmäßigen aber leicht schwankenden Verbrauch hat (mit Ears-Druckluftückführung).

Die folgende Messung erfolgte mit allen Verbrauchern und mit Druckluftückführung.

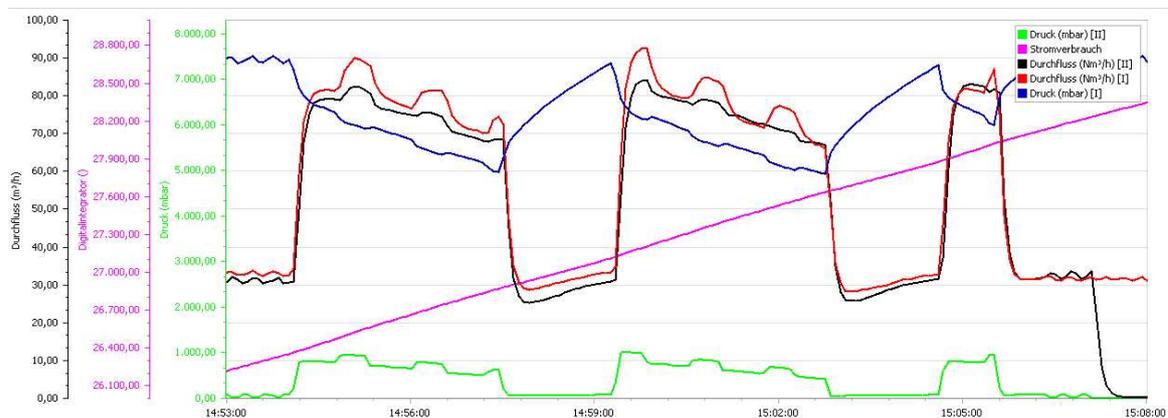


Abbildung 3-11: Versuch mit Verbrauchergruppe 1 und Verbraucher 2 mit Druckluftückführung

Die Wasserpumpe und die Verbrauchergruppe zusammen kommen auf sehr hohe Durchflüsse (bis 90 Nm³/h). Die Wasserpumpe läuft ohne Pause, während die Verbrauchergruppe einen regemäßigen Zyklus mit Pause durchläuft. Insgesamt sind die Durchflusskurven zyklisch. Der Versuch erfolgt mit Druckluftückführung. Aufgrund der aufgetretenen Probleme mit dem Datenlogger und aus anderen nichttechnischen

Gründen ist eine abschließende wissenschaftliche Interpretation der Kurven und Ergebnisse nicht möglich.

3.3.5 Sicherstellung der Messgenauigkeit

Die Messgenauigkeit hängt von den einzelnen Genauigkeiten der Sensoren ab, die oben beschrieben wurden, und von der Kombination der Fehler, die sich im ungünstigsten Fall aufaddieren. Mit den vorliegenden Daten kann diese Genauigkeit relativ problemlos ermittelt werden. Wesentlich sind Plausibilitätschecks und ggf. Vergleichsmessungen. Durch Vergleichsrechnungen und Fehleranalyse konnte geklärt werden, dass nicht messtechnische Fehler, sondern Softwareberechnungen im Datenlogger zu Fehlern führten. Erst gegen Ende der Messungen wurden die Normkubikmeter korrekt errechnet. Die Firma Postberg hatte in Gesprächen mit dem Hersteller des Datenloggers eine Umprogrammierung möglich gemacht.

3.4 Kommunikationstechnik

Die Kommunikation umfasst die Informationen zwischen Sensoren und Datenlogger (CAE-Manager), zwischen Datenlogger und Rechner sowie zwischen der Steuerung der KWK-Anlage und den Sensoren, bzw. Aktoren. Die Universität hat zusammen mit der Firma Postberg intensiv an der Kommunikation zwischen CAE-Manager, Sensoren und Rechner mitgearbeitet und für die Möglichkeit einer verlässlichen Auswertung von Messdaten (EARS-Anlage) gesorgt.

3.5 Anzeige der Kennzahlen und Visualisierung

Wie die Anzeige der Kennzahlen und die Visualisierung erfolgen kann, wurde bereits im Detail in AP2 beschrieben.

3.6 Zusammenfassung AP 3

Es wurde gemeinsam mit den Partnern an der Prioritätsliste für die Realisierung CAE-Manager gearbeitet. Es wurde das Druckluftsystem mit Druckluftrückführung und die Messtechnik aufgebaut und es wurden erste Messungen durchgeführt (Test der Messtechnik-Komponenten und Kommunikationstechnik). Die Genauigkeit der Sensoren und Geräte wurde ermittelt. Die Validität der Ergebnisse wurde geprüft und es wurden aufgetretene Fehler beseitigt. Zur Messung und für den Vergleich der Messungen wurde ein Messkonzept erarbeitet, das eine Bewertung unterschiedlicher Druckluftpfade erlaubt. Hierauf aufbauend wurde ein Konzept für die Anzeige der Kennzahlen und die Visualisierung erarbeitet.

4 Markteinführung

Das Arbeitspaket 4 dient der Markteinführung, dem Abschluss der Vorarbeiten für den Praxiseinsatz und der wissenschaftlichen Begleitung des Vorhabens.

Tabelle 11: Aufgaben AP 4

Aufgabe	Verantw.	Konzept	Entwurf	Erledigt	PM
Aufbau der Pilot-bzw. Referenzanlage an der Uni	GH/PB/UKAS/		✓	In AP 3 vorbereitet (Test Komponenten)	
Inbetriebnahme der Pilot-bzw. Referenzanlage	PB/UKAS/ GH		✓	In AP 3 vorbereitet	
Weiterbildungs- und Schulungskonzept			✓		2,5
Erstellung eines Handbuches	UKAS/ PB/GH		✓		
Dokumentation	UKAS/ PB/GH			✓	
Schulungsmaterial	UKAS/ PB/GH		✓		
Datenblatt	UKAS/ PB/GH			✓	
Marketingmaßnahmen				✓	0,5
Messeteilnahme	PB/GH/ UKAS				
Webveröffentlichung	UKAS/ PB/GH			✓	
Schreiben von Fachaufsätzen		✓			1,5

4.1 Aufbau der Pilot-bzw. Referenzanlage an der Uni

EARS-System mit Druckluftrückführung

Eine schematische Darstellung des Systems zeigt die Abbildung 4-1. Diese Anlage besteht hierbei aus dem EARS-System mit einem elektrisch betriebenen Kompressor und einer Druckluftrückführung, d.h. einer konventionellen Hinleitung der Druckluft und einer Leitung, die Druckluft auf niedrigerem Druckniveau nach Verrichtung von Arbeit (Expansion) wieder zurück in die Anlage gibt, wo die Druckluft wieder verdichtet wird. Im Vergleich zu herkömmlichen Leitungen haben beide Leitungen einen sehr viel größeren Durchmesser.

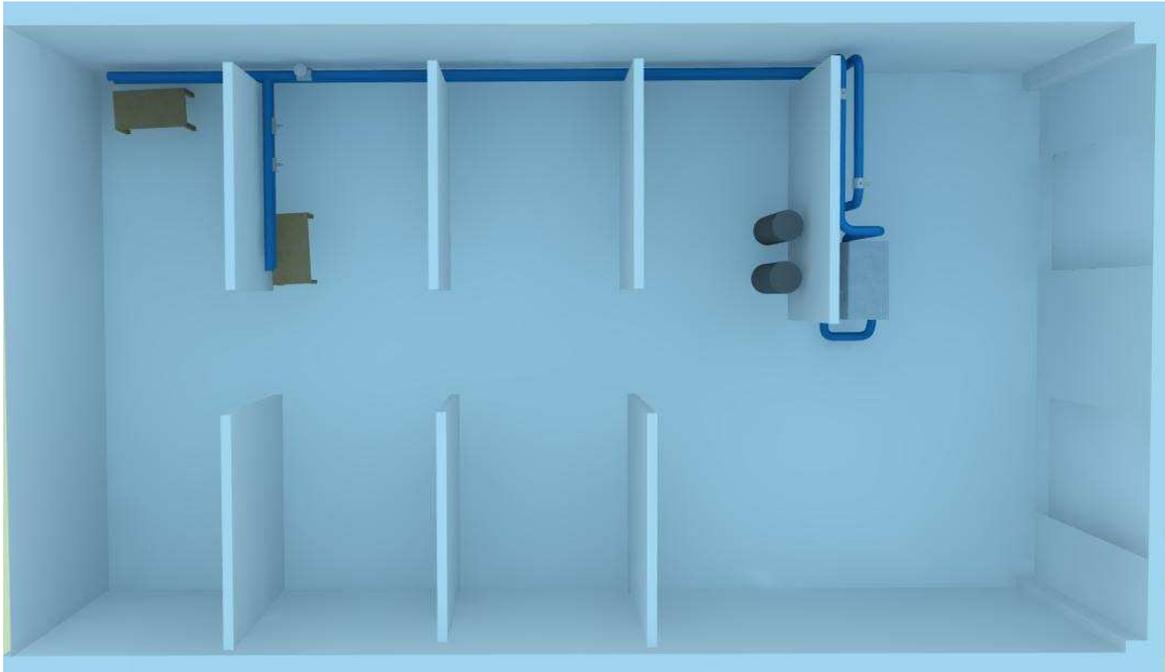


Abbildung 4-1: 3D-Draufsicht auf die Referenzanlage

Es steht eine größere Anzahl von Druckluftgeräten zur Verfügung. Dies sind ein Ventilator für Luft, mehrere Handgeräte zum Schrauben, Schleifen u.a.m., sowie eine Wasserpumpe.

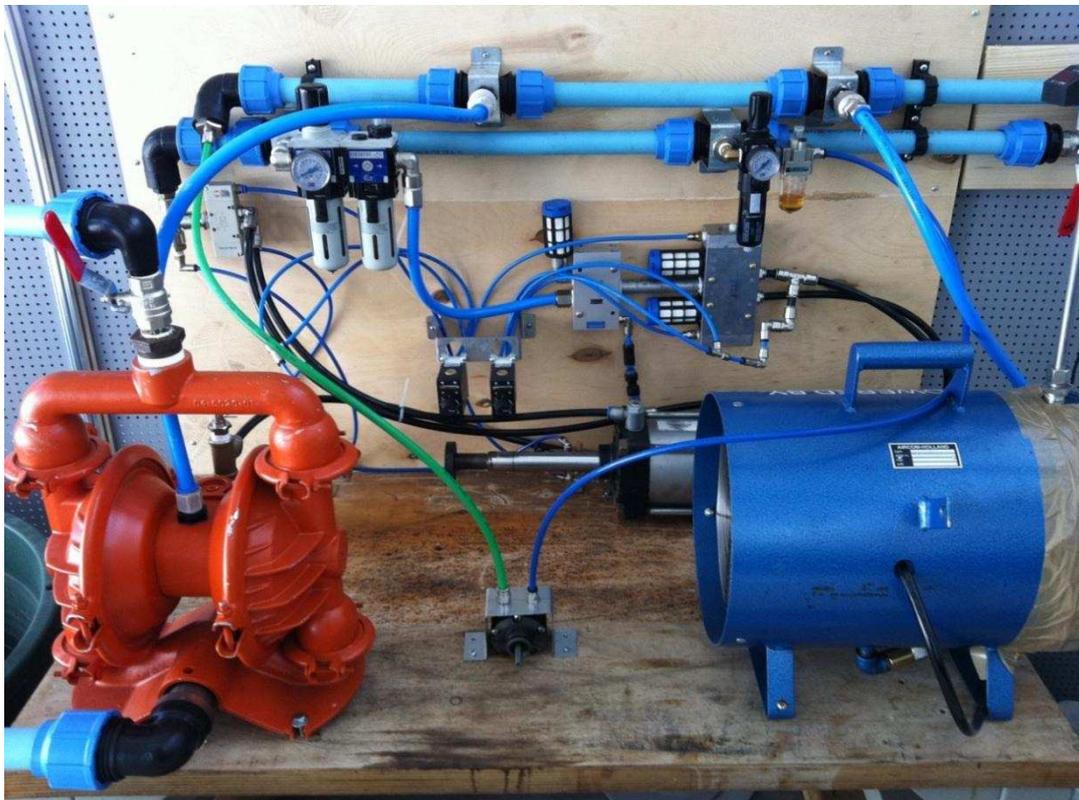


Abbildung 4-2: Verbraucher der Referenzanlage mit Referenzpumpe (links)

KWK-Druckluft+System

Das KWK-Druckluft+System ist ein vergleichsweise komplexes System, das aus Motor, Kompressor, Druckluftkessel, zahlreichen Wärmeübertragern (Motor und Kompressor insbesondere) und einigen Kreisläufen besteht. Es wird Erdgas eingesetzt, um Wärme und Druckluft zu erzeugen.

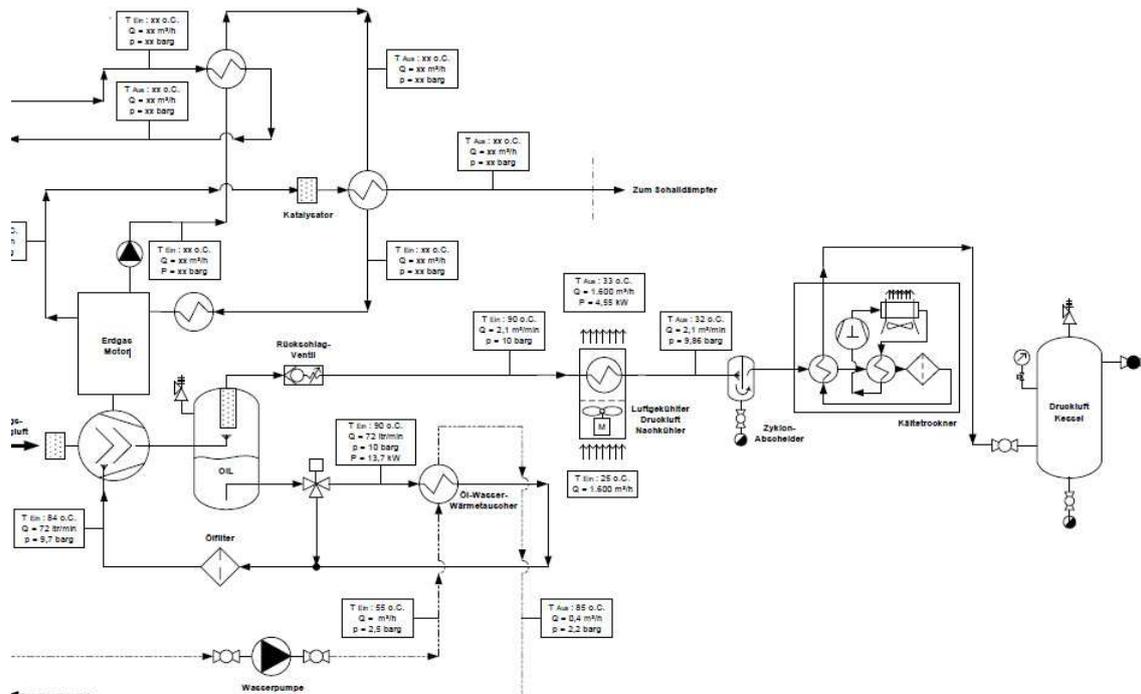


Abbildung 4-3: Aufbau KWK-Druckluft+System (G. Hurrink)

Übersicht der relevanten Messdaten zum Betrieb der Druckluftstation:

- momentaner Verbrauch in Nm^3/h oder Nm^3/min (verschiedene Messstellen)
- Gesamtverbrauch in Nm^3 (verschiedene Messstellen)
- Drucktaupunkt in $^{\circ}\text{Ctd}$
- Leitungsdruck in bar (verschiedene Messstellen)
- Stromverbrauch in kWh (Elektromotor) oder Gasverbrauch (Gas-Otto-Motor) in m^3
- Temperatur in $^{\circ}\text{C}$ (verschiedene Messstellen)
- Wärmemenge (KWK)
- Wärmemenge (Kompressor)

4.2 Inbetriebnahme der Pilot- bzw. Referenzanlage

Eine Inbetriebnahme in der Demotechalle ist bisher nicht erfolgt. Es wird stattdessen von der Firma Postberg der Aufbau direkt in der Industrie beabsichtigt.

4.3 Weiterbildungs- und Schulungskonzept

Weiterbildungs- und Schulungskonzept für Energiemanager im Rahmen des berufsbegleitenden Studiengangs „IHK Energie-Manager“ oder „Energie und Umwelt“. Das bisherige Konzept für Weiterbildung sieht eine Beschreibung des Aufbaus und der Funktionen von CAE-Manager und KWK-Druckluft+Anlage, den Vergleich mit konventionellen Druckluftsystemen, Informationen zur Effizienz, CO₂ und Kostenberechnung, sowie zur notwendigen Messtechnik zur Validierung sowie eine praktische Vorführung vor, bei der Regelungsaspekte besprochen werden und die mit einer Berechnung zu Effizienz, CO₂ und Kosten abschließt.

4.3.1 Erstellung eines Handbuchs

Für die Anwendung der KWK-Druckluft+Anlage in Verbindung mit dem CAE-Manager, wird ein Handbuch erstellt. Das Konzept sieht eine Gliederung in folgende Abschnitte vor:

1. Allgemeines

Beschreibung der allgemeinen Anwendung der Anlage. Hier werden Verwendungszweck und Einsatzmöglichkeiten erläutert und ein Gesamtüberblick über das System gegeben.

2. Technische Beschreibung

Es werden die technischen Eigenschaften dargestellt:

- a. Funktionsprinzip
- b. Beschreibung der Kompressoranlage
- c. Beschreibung der Wärmegewinnung
- d. Technische Daten
- e. Steuerung
- f. Geräusch- und Abgasentwicklung

Das Kapitel soll ein Grundverständnis für die verwendete Technik und liefert Informationen zur Nutzung der Anlage schaffen.

3. Sicherheitshinweise zur Nutzung

Es werden Sicherheitshinweise gegeben und alle mit der Nutzung der Anlage verbundenen Gefahren beschrieben. Es erfolgt eine Auflistung der zu beachtenden Sicherheitsmassnahmen.

4. Installation und Integration der Anlage

Anleitung zur Installation und Integration mit Hinweisen und Vorgaben, bezüglich räumlicher Gegebenheiten und Anschlussmöglichkeiten.

5. Bedienungshinweise

Ausführliche Anleitung zum Betrieb der Anlage, gegliedert in folgende Punkte:

- a. Inbetriebnahme der Anlage
- b. Steuerung

- c. Kontrolle und Fehlersuche
 - d. Wartung und Instandhaltung
 - e. Außerbetriebnahme
6. Technische Unterlagen
- Sie beinhalten alle Unterlagen, die für Instalation, Integration und Bedienung benötigt werden:
- a. Elektrik
 - b. Druchluft
 - c. Wärmekreislauf
7. Garantie und Service
- Es werden Informationen zu Garantieansprüchen und Kundendienst gegeben.
Ergänzt wird der Abschnitt mit den verfügbaren Ersatz- und Zurüstteilen.

4.3.2 Schulungsmaterial

Das Schulungsmaterial wurde noch nicht abschließend erstellt. Durch eine Vielzahl von Verzögerungen bei der Herstellung und Lieferung der Anlage war dies vorab nicht sinnvoll zu leisten. Sobald die Anlage aufgebaut und vermessen ist können die Unterlagen abschließend erstellt werden.

4.3.3 Datenblatt

Es wurde ein umfangreiches Datenblatt erstellt, das die wesentlichen Größen für Druckluft, Wärme, Brennstoffeinsatz, Wärmeübertrager und Abmaße angibt.

Tabelle 12: Datenblatt der Kompressoranlage

Technische Datenblätter		
BHKW-Kompressor EARS		Einheit
Dauerleistung 100% Last		
Druckluftleistung		kW
Wärmeleistung (Toleranz 7 %)	39	kW
Kraftstoffeinsatz (Toleranz 7 %)	62	kW
Primärenergieersparnis PEE		%
Wirkungsgrad		
Drucklufttechnischer Wirkungsgrad		%
Thermischer Wirkungsgrad		%
Gesamt Wirkungsgrad		%
Wärmeerzeugung		
Rücklauftemperatur vor Modul min./max.	35 / 60	°C
Standard-Temperaturdifferenz	20	K
Heizwasser-Volumenstrom Standard	ca. 1,5	m³/h
Höchstzulässiger Betriebsdruck	10	bar

Druckverlust des Wärmetauschers im Modul	45	mbar
Wärmeenergie (Heizwärme) bei VL-/RL-Temp. von 60/40 °C	ca. 39,0	kW
bei VL-/RL-Temp. von 70/50 °C	ca. 37,7	kW
bei VL-/RL-Temp. von 80/60 °C	ca. 36,4	kW
Vor-/Rücklauftemperatur max.	80/60	°C
Vor-/Rücklauftemperatur opt.	60/40	°C
Druckluftzeugung		
Druckluftliefermenge ¹⁾		m ³ /h
Betriebsdruck	6,5-10	Bar
Druckluftqualität Klasse (DIN)		
Drucklufttemperatur Vor-/Rücklauftemperatur max.		°C
Vor-/Rücklauftemperatur opt.		°C
atmosph. Taupunkt	<-70	°C
Betriebsstoffe und Füllmengen		
Füllmenge Schmieröl	12	l
Paralleltank	23	l
Kühlwasser	35	l
Heizungswasser	0,9	l
Gasfließdruck	20 – 50	mbar
Batterien Blei, 62Ah	2 Stück à 12 VDC	V
Schadstoffemissionen²⁾		
NOx-Gehalt gemessen als NO2	< 125	mg/Nm ³
CO-Gehalt	< 150 < 129	mg/Nm ³ mg/kWh
Formaldehyd CH2O	< 60	mg/Nm ³
Geräuschpegel		
Abgas mit 1 optionalen Schalldämpfer	57	dB(A)
Druckluft	64	dB(A)
Verbrennungsluft und Lüftung		
Abstrahlwärme des Moduls ohne Anschlussleitung	2	kW
Aufstellraumbelüftung Zuluftvolumenstrom	1,600	m ³ /h
Abluftvolumenstrom	1,500	m ³ /h
Zulufttemperatur für max. Leistung min./max.	10 / 25	°C
Umgebungstemperatur max.	40	°C
Temperaturdifferenz Zuluft/Abluft	< 20	K
Pressung des integrierten Ablüfters max. 5	5	mbar
Abgas		
Abgasvolumenstrom, trocken 0% O2 (0 °C; 1012 mbar)	82	kg/h
Max. zulässiger Gegendruck nach Modul	20	mbar
Max. Betriebsdruck	40	mbar
Gas-Otto-Motor mit Zubehör		
Hersteller	Toyota	
Motortyp	4Y	
Arbeitsweise	4-Takt	

Zylinderzahl/Anordnung	4/Reihe	
Bohrung/Hub	91,0/86,0	mm
Hubraum	2,237	cm ³
Drehzahl	1,500	min-1
Verdichtungsverhältnis	10,5:1	
Standardleistung ¹⁾ nicht überlastbar	20	kW
Gasverbrauch z. B. bei Hi = 10 kWh/m ³	62	Nm ³ /h
Schmierölmenge gesamt	35	l
Schmierölverbrauch (Mittelwert)	4	g/h
Motorgewicht trocken (ca.)	122	kg
Plattenwärmetauscher		
Wärmeleistung bei Eintritt/Austritt 40/60 °C	39	kW
Heizwassertemperatur max. Eintritt/Austritt	60 / 80	°C
Kältetrockner		
Leistungsaufnahme		kW
Abmessungen und Gewicht		
Länge x Breite x Höhe inkl. Schallhauben, Gasstraße und Füße	2298 x 894 x 1418	mm
Leergewicht (ca.)	900	kg
Betriebsgewicht (ca.)	1.000	kg

- 1) nach DIN: +20 °C Ansaugtemperatur, Ansaugdruck 1 bar absolut und 60% relative Feuchte
- 2) Emissionswerte nach dem Katalysator bezogen auf trockenes Abgas

4.4 Marketingmaßnahmen

Um das Projekt und seine Ergebnisse der Öffentlichkeit zu präsentieren und die besonderen Anwendungsmöglichkeiten aufzuzeigen, werden verschiedene Medien verwendet. Neben Messeauftritten werden insbesondere Webveröffentlichungen genutzt, um die breite Öffentlichkeit anzusprechen. Es wurden außerdem auf Wunsch der Firma Postberg 3 D-Zeichnungen erstellt, um den Anlagenaufbau zu visualisieren. Außerdem wurde insbesondere an der textlichen und inhaltlichen Gestaltung des Flyers für die Woche der Umwelt mitgewirkt.

4.4.1 Messeteilnahme

Seitens der Universität Kassel waren keine Messeauftritte geplant. Es fand jedoch ein gemeinsames Treffen des Teams auf der Hannovermesse 2011 statt.

4.4.2 Webveröffentlichung

Erstellung eines Flyers UKAS-IdE

Für die gemeinsame Veröffentlichung von IdE und Uni Kassel wird ein Projektflyer erstellt. Dieser soll die einzelnen Aufgabengebiete darstellen und die Ziele des Projektes aufzeigen (ungeklärte Finanzierung).

Veröffentlichung in der Uni

Auf der Homepage der Universität Kassel wurde in der Online-Plattform Public online, ein Bericht zur Vorstellung der KWK-Druckluft+Anlage und CAE-Manager auf der Woche der Umwelt veröffentlicht. Die Vorstellung erfolgte durch die Firma Postberg und die DBU. An der Erstellung des Flyers des DBU für diese Veranstaltung hat das IdE mitgewirkt. Im Nachgang wurde ein Bericht durch das IdE verfasst, <http://www.uni-kassel.de/uni/universitaet/pressekommunikation/publik-online/erfolge/erfolge-details/article/neuentwicklung-der-uni-kassel-hoch-energieeffiziente-druckluftherzeugung-wurde-bei-der-woche-der.html>

Einstellen von Flyer und Projektbeschreibung auf IdE - Homepage (nach Geldeingang)

Auf der Homepage des IdE werden alle Projekte dargestellt die bearbeitet werden. Der CAE-Manager soll ebenfalls dort vorgestellt werden. Zusätzlich wird der gemeinsame Flyer der Uni Kassel und des IdE hier als Pdf-Datei hinterlegt.

Vorstellung per Kurzfilm (in Planung)

Die Funktion des CAE-Managers kann zwar in der praktischen Anwendung erklärt werden, es wäre aber von Vorteil, wenn der Betrieb der Anlage in einem Kurzfilm gezeigt werden kann. Die zusätzliche Nutzung des Mediums Film würde das Erreichen eines breiteren öffentlichen Spektrums, z.B. durch Beiträge im Fernsehen oder durch einschlägig bekannte Plattformen des Internet erlauben.

4.5 Schreiben von Fachaufsätzen für Publikationen

Für die eigentlichen Publikationen sollte eine Darstellung der theoretischen Ergebnisse (Berechnungen) und der tatsächlichen Messungen miteinander verglichen werden. Damit sollte aufgezeigt werden, ob die Anlage die theoretisch ermittelten Ergebnisse erzielt.

4.6 Endbericht

Die erstellten Berichte zu AP 1 und AP 2 bis AP 4 sind die beiden Teile des Endberichts.

5 Zusammenfassung AP 4

Vor dem Hintergrund der nicht fertig gestellten KWK-Druckluft-Anlage und des CAE-Managers konnten nicht alle Aufgaben sinnvoll abgeschlossen werden. Der endgültige Aufbau der Pilot- bzw. Referenzanlage an der Uni und die Inbetriebnahme der Pilot- bzw. Referenzanlage blieben unvollendet. Das Weiterbildungs- und Schulungskonzept, die Erstellung eines Handbuchs, das Schreiben von Fachaufsätzen zu den Ergebnissen Dokumentation und Schulungsmaterial wurden begonnen, benötigen jedoch fertig gestellte Anlagen um sinnvoll abgeschlossen werden zu können. Es wurden ein Datenblatt fertig gestellt und Marketingmaßnahmen mit Webveröffentlichungen unternommen.

6 Zusammenfassung AP 2-4

Im Arbeitspaket 2 "Hardwaregrundlagen" wurde jeweils ein Pflichtenheft für die Software und die KWK-Druckluft+Anlage erarbeitet. Für das Pflichtenheft der Software wurde durch die Definition von geeigneten Kennzahlen die Vergleichsbasis für das System geschaffen. Das Pflichtenheft zur KWK-Druckluft+Anlage bestimmt die technischen Kennwerte, die die Anlage erreichen soll. Für die Software wurden die Standardreferenzwerte und der Berechnungsgang zur Ampelvisualisierung angegeben. Es wurden Beiträge geliefert zum Aufbau der Softwarelösung mit Anpassung marktüblicher, universeller Datenlogger, die sich aus der Implementierung der Messungen ergaben und die auf eine Reihe von Unzulänglichkeiten des Datenloggers und der Hardware führten. Diese Schwierigkeiten wurden im Verlauf des Projekts zusammen mit dem Hersteller und der Firma Postberg abgestellt. Für die Entwicklung der Berechnungsalgorithmen für die Effektivitäts- und Effizienzsimulation und -prüfung und bei der Anpassung der Visualisierungssoftware des CAE-Managers wurden im Zusammenhang mit den durchgeführten Messungen Vorschläge zur Umsetzung gemacht.

Es wurde das Druckluftsystem mit Druckluftrückführung und die Messtechnik aufgebaut und es wurden erste Messungen durchgeführt (Test der Messtechnik-Komponenten und Kommunikationstechnik). Die Genauigkeit der Sensoren und Geräte wurde ermittelt. Die Validität der Ergebnisse wurde geprüft und es wurden aufgetretene Fehler beseitigt. Zur Messung und für den Vergleich der Messungen wurde ein Messkonzept erarbeitet, das eine Bewertung unterschiedlicher Druckluftpfade erlaubt. Hierauf aufbauend wurde ein Konzept für die Anzeige der Kennzahlen und die Visualisierung erarbeitet.

Vor dem Hintergrund der nicht fertig gestellten KWK-Druckluft+Anlage und des CAE-Managers konnten nicht alle Aufgaben sinnvoll abgeschlossen werden. Der endgültige Aufbau der Pilot-bzw. Referenzanlage an der Uni und die Inbetriebnahme der Pilot-bzw. Referenzanlage blieben unvollendet. Die theoretisch ermittelten Effizienz konnte daher nicht mit Messungen vergleichen und validierte Projektergebnisse konnten nicht veröffentlicht werden. Es wurden ein Datenblatt fertig gestellt und Marketingmaßnahmen mit Webveröffentlichungen unternommen.

Literatur

/Radgen, Peter; Blaustein Edgar: Compresses Air Systems in the European Union, Energy, Emissions, Saving Potenzial and Policy Actions, LOG_X Verlag GmbH, Stuttgart, 2001

/Sievers 2010/ Sievers, J.: Dieselmotor-Kraft-Wärme-Kopplungsanlagen im Kontext der Integration erneuerbarer Energien in die Energieversorgung, Dissertation, Universität Kassel, Kassel 2010

/dena 2007/ Deutsche Energie-Agentur (dena), Energieeffiziente Druckluftsysteme, 12.2007

/EARS 2008/ EARS Europe, Compressed air par excellence- The innovative EARS system, S. 6, 05.2008

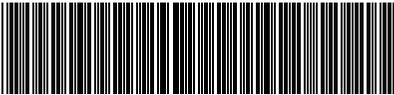


Benachrichtigung über den Erhalt einer Gebrauchsmusteranmeldung:

Dokumenten Referenz-Nr. (DRN): 2012060413000100DE
Anmeldung eingegangen am: 04.06.2012
Anmeldung erhalten von: CN=Joerg Bossmeyer,
C=de,
O=Patentanwalt Bossmeyer,
OU=Kanzlei,
E=info@bossmeyer.eu

Digitale Signatur
Signaturniveau: akkreditiert
gültig von: 01.12.2009 01:00:00
gültig bis: 01.12.2014 00:59:59
Eigentümer: CN=Jörg Boßmeyer,
SURNAME=Boßmeyer,
GIVENNAME=Jörg,
SN=001000000011552870001,
E=info@bossmeyer.eu
Seriennummer: 10000000011552870001
Herausgeber: C=DE,
O=Deutsche Post Com GmbH,
OU=Signtrust,
CN=CA DP Com 13:PN

Daten zum vorliegenden Vorgang:

amtliches Aktenzeichen: 20 2012 102 034.3
Barcode: 
Vorgangstyp: Gebrauchsmusteranmeldung
Bezeichnung der Erfindung: Vorrichtung zur Differenzdruckmessung
Ihr Zeichen: 120022g
Anmelder: Postberg + Co. Druckluft- Controlling
Emilienstraße 37
34121 Kassel
DE



Folgende Dateien sind beim Deutschen Patent- und Markenamt eingegangen und wurden auf korrekte Syntax, Vollständigkeit der Anmeldedaten und zulässige Graphikformate erfolgreich validiert:

DE-UM-REQUEST.XML
Specification.pdf (Anmeldung.pdf)
DRAWING_01.pdf (Figuren.pdf)
PACKAGE-DATA.XML

Hashwert des Antrags

58B708A38AC92094205A972D4EB61FE7A7DE157D



Deutsches
Patent- und Markenamt

DPMAdirekt - elektronische Dokumentenannahme

Diese Mitteilung wird signiert und verschlüsselt übertragen und bestätigt den Eingang der oben aufgelisteten Dateien im Deutschen Patent- und Markenamt. Darüber hinaus sind zu diesem Zeitpunkt keine rechtlich verbindlichen Aussagen bezüglich des Inhaltes dieser Dateien möglich. Fragen zu diesem Vorgang richten Sie bitte unter Angabe der DRN, des amtlichen Aktenzeichens und des Eingangsdatums an:

Deutsches Patent- und Markenamt

elektronische Dokumentenannahme

Zweibrückenstr. 12

80297 München

Telefon: 089 / 2195-2500

Fax: 089 / 2195-2221

E-Mail: DPMAdirekt@dpma.de

Die Information in dieser Mitteilung ist vertraulich und rechtlich geschützt. Sie ist ausschließlich für den Gebrauch durch die juristische Person gedacht, an die sie adressiert ist bzw. für diejenigen Personen, die autorisiert sind, diese Information zu erhalten. Sollten Sie nicht der rechtmäßige Empfänger sein, werden Sie hiermit informiert, dass jedwede Bekanntmachung, Vervielfältigung oder Verteilung der Inhalte dieser Mitteilung verboten und ungesetzlich ist. Das Deutsche Patent- und Markenamt übernimmt keinerlei Haftung für jedwede schädliche Software die in oder mit dieser Mitteilung oder als Anhang daran übertragen wird. Weitergehende Informationen erhalten Sie unter: <http://www.dpma.de>



Benachrichtigung über den Erhalt einer Nachricht:

	Am: 04.06.2012 Von: EMAILADDRESS=info@bossmeyer.eu, OU=Kanzlei, O=Patentanwalt Bossmeyer, C=de, CN=Joerg Bossmeyer Betreff: 120022g
Zu diesem Vorgang wurde vom Deutschen Patent- und Markenamt folgende Dokumenten Referenz Nummer (DRN): vergeben. (Hinweis: Die DRN ist nicht das amtliche Aktenzeichen!)	2012060413000100DE

Diese Mitteilung ist digital signiert und bestätigt den Eingang der oben aufgelisteten Nachricht im Deutschen Patent- und Markenamt. Darüber hinaus sind zu diesem Zeitpunkt keine rechtlich verbindlichen Aussagen bezüglich des Inhaltes dieser Dateien möglich. Fragen zu diesem Vorgang richten Sie bitte unter Angabe der DRN und des Eingangsdatums an:

Deutsches Patent- und Markenamt

elektronische Dokumentenannahme

Zweibrückenstr. 12

80297 München

Telefon: 089 / 2195-2500

Fax: 089 / 2195-2221

E-Mail: DPMAdirekt@dpma.de

Die Information in dieser Mitteilung ist vertraulich und rechtlich geschützt. Sie ist ausschließlich für den Gebrauch durch die juristische Person gedacht, an die sie adressiert ist bzw. für diejenigen Personen, die autorisiert sind, diese Information zu erhalten. Sollten Sie nicht der rechtmäßige Empfänger sein, werden Sie hiermit informiert, dass jedwede Bekanntmachung, Vervielfältigung oder Verteilung der Inhalte dieser Mitteilung verboten und ungesetzlich ist. Das Deutsche Patent- und Markenamt übernimmt keinerlei Haftung für jedwede schädliche Software die in oder mit dieser Mitteilung oder als Anhang daran übertragen wird. Weitergehende Informationen erhalten Sie unter: <http://www.dpma.de>

An das
DEUTSCHE PATENT- UND MARKENAMT
 80297 München

DEUTSCHES PATENT- UND MARKENAMT

(1)
 Anschrift
 Straße, Haus-
 Nr. und ggf.
 Postfach
 angeben

Sendungen des Deutschen Patent- und Markenamts sind zu richten an:

Patentanwalt Jörg Peter Boßmeyer
 Wassermannstraße 25
 49074 Osnabrück
 DE
 Tel: 0541-12098970
 Fax: 0541-12098979
 info@bossmeyer.eu

- Antrag auf Eintragung eines Gebrauchsmusters**
- Eintritt in die nationale Phase Aktenzeichen PCT/**

2

Aktenzeichen (wird vom Deutschen Patent- und Markenamt vergeben)

(2) Zeichen des Anmelders/Vertreters (max. 20 Stellen)
 120022g

Telefon des Anmelders/Vertreters
 0541-12098970

Datum
 04.06.2012

(3) Der Empfänger in Feld (1) ist der

ggf. Nr. der Allgemeinen Vollmacht

- Anmelder Zustellungsbevollmächtigte Vertreter

(4)
 nur
 auszufüllen,
 wenn
 abweichend
 von Feld (1)

Anmelder

Postberg + Co. Druckluft- Controlling
 GmbH
 Emilienstraße 37
 34121 Kassel
 DE

Vertreter

Patentanwalt Jörg Peter Boßmeyer
 Wassermannstraße 25
 49074 Osnabrück
 DE
 Tel: 0541-12098970
 Fax: 0541-12098979
 info@bossmeyer.eu

(5) Anmeldercode-Nr.

Vertretercode-Nr.

Zustelladresscode-Nr.

soweit
 bekannt

(6) **Bezeichnung der Erfindung**

Vorrichtung zur Differenzdruckmessung

IPC-Vorschlag des Anmelders

(7)
 s. Kosten-
 hinweise

(7) **Sonstige Anträge**

- Aussetzung** der Eintragung und Bekanntmachung für Monate (Max. 15 Mon. ab Anmelde- oder Prioritätstag)
- Recherchantrag** - Ermittlung der öffentlichen Druckschriften (§ 7 Gebrauchsmustergesetz)

(8) **Erklärungen**

Teilung/Ausscheidung aus der Gebrauchsmusteranmeldung

Abzweigung aus der Patentanmeldung (dem Patent)

Der Anmelder ist an **Lizenzvergabe** interessiert (unverbindlich)

Aktenzeichen

Anmeldetag

(9) **Priorität** (inländische, ausländische, Ausstellungs-Priorität - Land, Prioritätstag u. Aktenzeichen der Voranmeldung od. Ausstellung und Tag der erstmaligen Schaustellung)

(10)

Gebührezahlung in Höhe von 280,00 EUR

Einzugsermächtigung
 elektr. Formular (A 9507) ist beigefügt

Überweisung (nach Erhalt der Empfangsbescheinigung)

Wird die Anmeldegebühr nicht innerhalb 3 Monaten nach dem Tag des Eingangs der Anmeldung gezahlt, so gilt die Anmeldung als zurückgenommen!

(11)

Anlagen

- Spezifikation der Anmeldung:
 (Schutzansprüche, Beschreibung, Zeichnungen)
 Anzahl der Schutzansprüche: 10
- Vertretervollmacht:
- Kopie der Voranmeldung bei Priorität:
- Kopie der Voranmeldung bei Abzweigung:
- Einzugsermächtigung (A9507):
- Zeichnungen: DRAWING_01.pdf
- Sonstiges:

Jörg Peter Boßmeyer

(12) Unterschriften

Patentanwalt,

(13) Funktion des Unterzeichners

G 6003-el
 1.08

Vorrichtung zur Differenzdruckmessung

Beschreibung

Die Erfindung betrifft eine Vorrichtung zur Differenzdruckmessung in einem strömenden Fluid, mit einem zwei koaxiale Öffnungen und einen Innenraum aufweisenden Gehäuse, der durch die oder zumindest eine der Öffnungen zugänglich ist, einer in dem Gehäuse angeordneten und einen Durchflusskanal mit einer Querschnittsverengung aufweisenden Messdüse, einem zwei Messeingänge aufweisenden Differenzdrucksensor, mittels welchem eine Differenz zwischen an den Messeingängen anstehenden Drücken messbar ist, wobei ein erster der Messeingänge mit dem Durchflusskanal und ein zweiter der Messeingänge außerhalb der Messdüse mit dem Innenraum in Verbindung steht.

Eine derartige Vorrichtung ist z.B. in einer Druckluftanlage vorhanden und kann zur Durchflussmessung eingesetzt werden. Da bei einer Druckluftanlage in der Regel mehrere Absperr- und Messarmaturen zu installieren sind, besteht der Wunsch, den Installationsaufwand möglichst gering halten zu können.

Ausgehend hiervon liegt der Erfindung die Aufgabe zugrunde, den Installationsaufwand für Druckluftanlagen mit wenigstens einem Absperrhahn und wenigstens einem Differenzdrucksensor zu reduzieren.

Diese Aufgabe wird erfindungsgemäß durch eine Vorrichtung nach Anspruch 1 gelöst. Bevorzugte Weiterbildungen der Erfindung sind in den Unteransprüchen gegeben.

Die erfindungsgemäße Vorrichtung zur Differenzdruckmessung in einem strömenden Fluid umfasst ein zwei koaxiale Öffnungen und einen Innenraum aufweisendes Gehäuse, der durch die oder zumindest eine der Öffnungen zugänglich ist, eine in dem Gehäuse angeordnete und einen Durchflusskanal mit einer Querschnittsverengung aufweisende Messdüse, einen zwei Messeingänge aufweisenden Differenzdrucksensor, mittels welchem eine Differenz zwischen an den Messeingängen anstehenden Drücken messbar ist, wobei ein erster der Messeingänge mit dem Durchflusskanal und ein zweiter der Messeingänge außerhalb der Messdüse mit dem Innenraum in Verbindung steht, und einen die Messdüse umfassenden und in dem Gehäuse um eine Drehachse drehbar gelagerten Absperrkörper, der in einer ersten Drehwinkelstellung den Durchflusskanal an die beiden Öffnungen anschließt und in einer zweiten Drehwinkelstellung einen Durchfluss zwischen den beiden Öffnungen sperrt.

Die erfindungsgemäße Vorrichtung umfasst oder bildet einen Absperrhahn, der zusätzlich zu seiner Absperrfunktion eine Differenzdruckmessung in dem strömenden Fluid ermöglicht. Bei dem Fluid handelt es sich insbesondere um Druckluft. Gegenüber einer getrennten Installation von Absperrhahn und Differenzdrucksensor in einer Druckluftanlage kann somit der Installationsaufwand reduziert werden.

Die zweite Drehwinkelstellung ist gegenüber der ersten Drehwinkelstellung insbesondere um 90° oder um näherungsweise 90° um die Drehachse verdreht. Die Achse der koaxialen Öffnungen bildet bevorzugt eine Längsachse des Gehäuses. Die Richtung der Achse der koaxialen Öffnungen wird insbesondere als axiale Richtung bezeichnet. Unter einer radialen Richtung ist bevorzugt eine oder jedwede Richtung zu verstehen, die senkrecht zur Achse der koaxialen Öffnungen verläuft. Vorzugsweise ist der Absperrkörper zwischen den koaxialen Öffnungen angeordnet, insbesondere in axialer Richtung. Der Innenraum ist beispielsweise zwischen dem Absperrkörper und einer der koaxialen Öffnungen vorgesehen. Bevorzugt verläuft die Drehachse senkrecht oder im Wesentlichen senkrecht zur Achse der koaxialen Öffnungen.

Die Messdüse ist insbesondere durch den Absperrkörper gebildet. Bevorzugt erstreckt sich der Durchflusskanal senkrecht zur Drehachse durch den Absperrkörper hindurch. Vorteilhaft ist die Querschnittsverengung in dem Durchflusskanal eine lokale Querschnittsverengung. Darunter ist insbesondere zu verstehen, dass der Querschnitt des Durchflusskanals an seinen Enden größer als im Bereich der zwischen diesen Enden liegenden Querschnittsverengung ist. Vorteilhaft ist der Querschnitt des Innenraums größer als der Querschnitt des Durchflusskanals im Bereich der Querschnittsverengung. Bevorzugt bildet die Messdüse eine Drossel. Insbesondere ist die Messdüse eine Venturi-Düse. Vorteilhaft ist mittels der erfindungsgemäßen Vorrichtung eine Durchflussmessung, vorzugsweise eine Venturi-Durchflussmessung durchführbar.

Bevorzugt verläuft durch das Gehäuse ein die Öffnungen und den Innenraum umfassender Strömungskanal hindurch, in dem insbesondere der Absperrkörper angeordnet ist. Vorzugsweise erstreckt sich der Strömungskanal in axialer Richtung. Insbesondere erstreckt sich der Strömungskanal zwischen den Öffnungen. In der ersten Drehwinkelstellung ermöglicht der Absperrkörper bevorzugt einen Durchfluss des oder eines Fluids durch den Strömungskanal. Insbesondere ist der Durchflusskanal in der ersten Drehwinkelstellung in den Strömungskanal geschaltet und/oder bildet einen Teil desselben. Vorteilhaft verläuft der Durchflusskanal in der ersten Drehwinkelstellung in axialer Richtung. In der zweiten Drehwinkelstellung sperrt der Absperrkörper bevorzugt einen Durchfluss des Fluids durch den Strömungskanal. Das Sperren des Strömungskanals erfolgt insbesondere mittels der Wandung des Absperrkörpers. Vorzugsweise verläuft der Durchflusskanal in der zweiten Drehwinkelstellung quer zum Strömungskanal.

In der ersten Drehwinkelstellung weist der Strömungskanal im Bereich der Querschnittsverengung bevorzugt seinen kleinsten Querschnitt auf. Vorteilhaft ist der Querschnitt des Strömungskanals außerhalb der Querschnittsverengung größer als im Bereich der Querschnittsverengung, insbesondere in der ersten Drehwinkelstellung.

Der Absperrkörper weist bevorzugt eine Lagerfläche auf, die gleitfähig an einer oder mehreren, vorzugsweise zwei, Gegenlagerflächen anliegt, die insbesondere im Gehäuse vorgesehen sind. Der Absperrkörper ist somit mittels seiner Lagerfläche an der oder den Gegenlagerflächen um die Drehachse drehbar im Gehäuse gelagert. Bevorzugt umfasst oder

bildet der Absperrkörper eine Kugel, durch welche sich der Durchflusskanal hindurch erstreckt. Vorzugsweise liegt der Mittelpunkt dieser Kugel auf der Achse der koaxialen Öffnungen. Insbesondere bildet die Lagerfläche eine Kugelfläche oder einen Teil einer Kugelfläche. Ein solcher Absperrkörper wird auch als Absperrkugel bezeichnet. Die erfindungsgemäße Vorrichtung umfasst oder bildet somit einen Kugelhahn. Bevorzugt bilden auch die eine oder mehreren Gegenlagerflächen jeweils eine Kugelfläche oder einen Teil einer Kugelfläche. Vorzugsweise liegen die eine oder die mehreren Gegenlagerflächen auf einer Kugelfläche, auf der insbesondere auch die Lagerfläche liegt oder zumindest näherungsweise liegt. Der Absperrkörper besteht bevorzugt aus Metall, insbesondere aus Stahl.

Gemäß einer Ausgestaltung der Erfindung ist in der Wandung des Absperrkörpers ein in dem Durchflusskanal einmündendes Druckentnahmeloch vorgesehen. Der erste Messeingang kann direkt oder indirekt an diesem Druckentnahmeloch angeschlossen sein. Bevorzugt steht das Druckentnahmeloch zumindest in der ersten Drehwinkelstellung mit einem zwischen dem Absperrkörper und dem Gehäuse vorgesehenen Freiraum in Verbindung, an den der erste Messeingang angeschlossen ist. Der erste Messeingang ist somit indirekt, nämlich unter Zwischenschaltung des Freiraums, an das in den Durchflusskanal einmündende Druckentnahmeloch angeschlossen. Somit kann auf einfache Weise die Drehbarkeit des Absperrkörpers, und somit auch der Messdüse, berücksichtigt werden, ohne eine flexible Verbindungsleitung oder dergleichen einsetzen zu müssen. Der Freiraum ist insbesondere umlaufend ausgebildet.

Gemäß einer Weiterbildung der Erfindung sitzt der Absperrkörper zwischen zwei in dem Gehäuse angeordneten Gleitringen. Insbesondere liegt der Absperrkörper gleitfähig an diesen Gleitringen an. Der Absperrkörper ist somit mittels der Gleitringe um die Drehachse drehbar in dem Gehäuse gelagert. Die Gleitringe bilden in diesem Sinne einen zweiteiligen Lagersitz für den Absperrkörper. Bevorzugt bestehen die Gleitringe aus Kunststoff oder aus Metall. Der Freiraum ist vorzugsweise zwischen den Gleitringen vorgesehen. Die Gegenlagerflächen sind insbesondere an den Gleitringen vorgesehen.

Gemäß einer Ausgestaltung der Erfindung weist das Gehäuse einen den Absperrkörper aufnehmenden ersten Gehäuseteil und einen zweiten Gehäuseteil auf, der insbesondere fest mit dem ersten Gehäuseteil verbunden und vorteilhaft zumindest teilweise in dem ersten Gehäuseteil angeordnet ist. Alternativ kann z.B. der erste Gehäuseteil auch zumindest teilweise in dem zweiten Gehäuseteil angeordnet sein. Der Innenraum erstreckt sich bevorzugt in den ersten und/oder in den zweiten Gehäuseteil hinein und/oder durch diesen oder diese hindurch und/oder ist in diesem oder diesen vorgesehen. Vorteilhaft sichert der zweite Gehäuseteil den Absperrkörper in dem Gehäuse, insbesondere in dem ersten Gehäuseteil. Bevorzugt ist der Absperrkörper in dem ersten Gehäuseteil in axialer Richtung zwischen einer in dem ersten Gehäuseteil vorgesehenen Anlage und dem zweiten Gehäuseteil gesichert. Diese Anlage kann z.B. in Form einer radialen Innenschulter in dem ersten Gehäuseteil vorgesehen sein.

Der zweite Gehäuseteil kann als in den ersten Gehäuseteil eingesetzter Ring oder Sicherungsring ausgebildet sein. Vorteilhaft ist der zweite Gehäuseteil in den ersten Gehäuseteil eingeschraubt. Insbesondere erstreckt sich der zweite Gehäuseteil aus dem ersten Gehäuseteil heraus, vorzugsweise in axialer Richtung. Bevorzugt bildet der zweite Gehäuseteil ein Anschlussstück oder einen Flansch, an welches oder welchen eine Fluidleitung anschließbar ist. Vorzugsweise umfasst der zweite Gehäuseteil eine der koaxialen Öffnungen, durch welche insbesondere der Innenraum zugänglich ist. Die andere der koaxialen Öffnungen ist z.B. in dem ersten Gehäuseteil vorgesehen. Der zweite Gehäuseteil ist bevorzugt als Hohlkörper ausgebildet, dessen Hohlraum in axialer Richtung insbesondere durchgehend ist und vorzugsweise den Innenraum umfasst oder bildet. Vorteilhaft verläuft der Strömungskanal durch den Hohlraum des zweiten Gehäuseteils. Ferner ist der erste Gehäuseteil bevorzugt als Hohlkörper ausgebildet, dessen Hohlraum in axialer Richtung insbesondere durchgehend ist. Insbesondere verläuft der Strömungskanal durch den Hohlraum des ersten Gehäuseteils. Vorteilhaft geht der Hohlraum des ersten Gehäuseteils in den Hohlraum des zweiten Gehäuseteils über. Bevorzugt ist der erste Gehäuseteil zylindrisch oder im Wesentlichen zylindrisch ausgebildet. Insbesondere ist der Absperrkörper im Hohlraum des ersten Gehäuseteils angeordnet. Vorzugsweise ist der zweite Gehäuseteil zumindest teilweise im Hohlraum des ersten Gehäuseteils angeordnet. Bevorzugt sind auch die Gleitringe im Hohlraum des ersten Gehäuseteils angeordnet.

Gemäß einer Weiterbildung der Erfindung ist ein dritter Gehäuseteil vorgesehen, der insbesondere fest mit dem ersten

Gehäuseteil verbunden und vorteilhaft zumindest teilweise in dem ersten Gehäuseteil angeordnet ist. Alternativ kann z.B. der erste Gehäuseteil auch zumindest teilweise in dem dritten Gehäuseteil angeordnet sein. Die in dem ersten Gehäuseteil vorgesehene Anlage ist vorzugsweise durch den dritten Gehäuseteil gebildet. Der dritte Gehäuseteil kann als in dem ersten Gehäuseteil eingesetzter Ring oder Sicherungsring ausgebildet sein. Vorteilhaft ist der dritte Gehäuseteil in den ersten Gehäuseteil eingeschraubt. Insbesondere erstreckt sich der dritte Gehäuseteil aus dem ersten Gehäuseteil heraus, vorzugsweise in axialer Richtung. Bevorzugt bildet der dritte Gehäuseteil ein Anschlussstück oder einen Flansch, an welches oder welchen eine Fluidleitung anschließbar. Der dritte Gehäuseteil ist bevorzugt als Hohlkörper ausgebildet, dessen Hohlraum in axialer Richtung insbesondere durchgehend ist. Vorzugsweise verläuft der Strömungskanal durch den Hohlraum des dritten Gehäuseteils. Vorteilhaft geht der Hohlraum des ersten Gehäuseteils in den Hohlraum des dritten Gehäuseteils über. Bevorzugt ist der dritte Gehäuseteil zumindest teilweise im Hohlraum des ersten Gehäuseteils angeordnet. Insbesondere umfasst der dritte Gehäuseteil die andere der koaxialen Öffnungen.

Der zweite und der dritte Gehäuseteil sind vorzugsweise koaxial angeordnet und weisen in axialer Richtung bevorzugt einen Abstand zueinander auf. Der zweite und der dritte Gehäuseteil sind in axialer Richtung insbesondere auf unterschiedlichen Seiten des ersten Gehäuseteils angeordnet, vorzugsweise in dieses eingeschraubt. Bevorzugt erstrecken sich der zweite und der dritte Gehäuseteil auf in axialer Richtung unterschiedlichen Seiten aus dem ersten Gehäuseteil

heraus. Der Freiraum ist vorzugsweise zwischen dem zweiten Gehäuseteil und der Anlage und/oder dem dritten Gehäuseteil vorgesehen. Insbesondere umfassen der zweite und der dritte Gehäuseteil jeweils eine der Öffnungen. Vorteilhaft liegt ein erster der Gleitringe axial an dem zweiten Gehäuseteil und ein zweiter der Gleitringe axial an der Anlage und/oder an dem dritten Gehäuseteil an. Insbesondere verläuft der Strömungskanal durch den ersten Gehäuseteil und/oder den zweiten Gehäuseteil und/oder den dritten Gehäuseteil.

Das Gehäuse besteht bevorzugt aus Metall, insbesondere aus Stahl. Vorzugsweise bestehen der erste Gehäuseteil und/oder der zweite Gehäuseteil und/oder der dritte Gehäuseteil jeweils aus Metall, insbesondere aus Stahl.

Gemäß einer Weiterbildung der Erfindung ist in der Wandung des ersten oder des zweiten Gehäuseteils ein in den Innenraum einmündendes Druckentnahmeloch vorgesehen, welches mit einem zwischen dem ersten Gehäuseteil und dem zweiten Gehäuseteil vorgesehenen Ringraum in Verbindung steht, an den der zweite Messeingang angeschlossen ist. Da die Verbindung zwischen dem Innenraum und dem zweiten Messeingang unter Zwischenschaltung des Ringraums erfolgt, ist eine einfache Montage des zweiten Gehäuseteils möglich, da es nicht in einer bestimmten Drehwinkelstellung relativ zu dem ersten Gehäuseteil orientiert sein muss, um eine Verbindung zwischen dem Innenraum und dem zweiten Messeingang sicherzustellen. Der Ringraum ist vorzugsweise durch eine in dem zweiten Gehäuseteil eingebrachte Ringnut gebildet. Alternativ oder ergänzend kann der Ringraum aber auch durch eine in dem ersten Gehäuseteil eingebrachte Ringnut gebildet sein.

Gemäß einer Ausgestaltung der Erfindung ist in der Wandung des Absperrkörpers ein in den Durchflusskanal einmündendes Sensoraufnahmeloch vorgesehen, durch welches hindurch sich ein anderer Sensor in den Durchflusskanal hinein erstreckt. Somit ist es möglich, zusätzlich zu der Differenzdruckmessung eine andere Messung in dem Fluid durchzuführen. Das Sensoraufnahmeloch erstreckt sich bevorzugt entlang der Drehachse. Somit ist es möglich, den Absperrkörper zu drehen, ohne den anderen Sensor ausbauen zu müssen.

Der andere Sensor kann z.B. als Drucksensor und/oder als Temperatursensor und/oder als Durchflusssensor ausgebildet sein. Mittels des anderen Sensors ist insbesondere wenigstens eine physikalische Eigenschaft des Fluids messbar, wie z.B. der Druck und/oder die Temperatur und/oder der Volumenstrom und/oder der Massenstrom. Bevorzugt bildet der andere Sensor einen thermischen oder kalorimetrischen Durchflusssensor. Dies hat den Vorteil, dass mittels der Vorrichtung sowohl eine auf einer Differenzdruckmessung basierende Durchflussmessung als auch eine auf einer thermischen oder kalorimetrischen Messung basierende Durchflussmessung durchführbar ist. Da die höchsten Genauigkeiten beider Durchflussmessungen in unterschiedlichen Strömungsgeschwindigkeitsbereichen des Fluids liegen, ermöglicht die erfindungsgemäße Vorrichtung über einen großen Bereich von Strömungsgeschwindigkeiten eine relativ genaue Durchflussmessung. Ferner ist es möglich, eine mittels des thermischen oder kalorimetrischen Durchflusssensors durchgeführte Durchflussmessung durch eine mittels des Differenzdrucksensors durchgeführte Durchflussmessung zu

verifizieren. Die beiden Messungen werden vorzugsweise gleichzeitig oder nacheinander durchgeführt. Ferner ist es möglich, eine mittels des Differenzdrucksensors durchgeführte Durchflussmessung durch eine mittels des thermischen oder kalorimetrischen Durchflusssensors durchgeführte Durchflussmessung zu verifizieren. Auch diese beiden Messungen werden vorzugsweise gleichzeitig oder nacheinander durchgeführt. Durch die Integration des anderen Sensors in die erfindungsgemäße Vorrichtung kann der Installationsaufwand bei einer Druckluftanlage weiter reduziert werden.

Gemäß einer Weiterbildung der Erfindung ist an oder in dem Gehäuse wenigstens ein zusätzlicher Sensor vorgesehen, der z.B. als Drucksensor und/oder als Temperatursensor ausgebildet ist. Mittels des zusätzlichen Sensors ist insbesondere wenigstens eine physikalische Eigenschaft des Fluids messbar, wie z.B. der Druck und/oder die Temperatur.

Bevorzugt ist eine Betätigungseinrichtung vorgesehen, mittels welcher der Absperrkörper um die Drehachse drehbar ist. Die Betätigungseinrichtung umfasst insbesondere ein mechanisch mit dem Absperrkörper verbundenes Betätigungselement, welches sich vorzugsweise durch eine in dem Gehäuse vorgesehene Betätigungsausnehmung hindurch aus dem Gehäuse heraus erstreckt. Bevorzugt ist die Betätigungsausnehmung in dem ersten Gehäuseteil vorgesehen. Vorteilhaft ist das Betätigungselement bezüglich der Drehachse drehstarr mit dem Absperrkörper verbunden. Bevorzugt umfasst die Betätigungseinrichtung einen Antrieb, mittels welchem der Absperrkörper um die Drehachse drehbar und/oder das

Betätigungselement zum Drehen des Absperrkörpers betätigbar ist. Der Antrieb ist insbesondere mit dem Betätigungselement gekoppelt. Beispielsweise ist der Antrieb als elektrischer, als hydraulischer oder als pneumatischer Antrieb ausgebildet. Insbesondere umfasst der Antrieb einen Motor mit einer Motorwelle, wobei das Betätigungselement bevorzugt mechanisch mit der Welle gekoppelt oder durch diese gebildet ist.

Für Durchflussmessungen ist es in der Regel erforderlich, eine sogenannte Einlaufstrecke vorzusehen, damit am Messort möglichst keine oder wenig Wirbel auftreten, welche die Genauigkeit der Durchflussmessung beeinträchtigen können. Solche Einlaufstrecken sind in der Regel sehr lang, sodass die Durchflussmessung viel Platz erfordert. Dieser Platz steht in der Praxis aber nicht immer zur Verfügung, sodass der Wunsch besteht, die Einlaufstrecke verkürzen zu können.

Gemäß einer Weiterbildung der Erfindung ist ein Strömungsgleichrichter an eine der koaxialen Öffnungen angeschlossen, wobei der zweite Messeingang vorzugsweise zwischen dieser Öffnung oder dem Strömungsgleichrichter und dem Absperrkörper und/oder der Messdüse mit dem Innenraum in Verbindung steht. Der Strömungsgleichrichter glättet insbesondere die Strömung des Fluids. Bevorzugt ist der Strömungsgleichrichter unter Zwischenschaltung einer Fluidleitung an diese Öffnung angeschlossen. Diese Fluidleitung bildet bevorzugt eine Einlaufstrecke, der insbesondere der Strömungsgleichrichter zugerechnet werden kann. Diese Einlaufstrecke kann deutlich kürzer als eine Einlaufstrecke ohne Strömungsgleichrichter ausgebildet werden.

Gemäß einer Weiterbildung ist der Strömungsgleichrichter in einem Strömungsgleichrichtergehäuse angeordnet, an dem zwei Prüfanschlüsse vorgesehen sind, an welche ein Strömungsgleichrichter-Differenzdrucksensor anschließbar oder angeschlossen ist. Die Prüfanschlüsse bilden jeweils eine Verbindung zu einem in dem Strömungsgleichrichtergehäuse vorgesehenen, durchgehenden Hohlraum, in dem der Strömungsgleichrichter angeordnet ist. Insbesondere münden die Prüfanschlüsse auf unterschiedlichen Seiten des Strömungsgleichrichters in den Hohlraum ein. Durch den Strömungsgleichrichter-Differenzdrucksensor ist die Differenz aus Drücken des strömenden Fluids vor und hinter dem Strömungsgleichrichter messbar ist, sodass aufgrund der gemessenen Druckdifferenz eine Verschmutzung des Strömungsgleichrichters erfassbar ist.

Gemäß einer Ausgestaltung umfasst der Strömungsgleichrichter ein Band, welches in Richtung seiner Längserstreckung wellenförmig ausgebildet und zu einer Spirale aufgewickelt ist. Bevorzugt ist das Band abwechselnd mit Erhebungen und Vertiefungen versehen, die parallel zur Mittelachse der Spirale verlaufende, durchgehende Strömungspfade bilden. Zwischen den Wicklungen des Bands ist vorzugsweise ein Zwischenband vorgesehen, welches zusammen mit dem Band zu der Spirale aufgewickelt ist. Die Strömungspfade verlaufen somit zwischen dem wellenförmigen Band und dem Zwischenband. Vorzugsweise ist das Zwischenband flach ausgebildet. Insbesondere weist das Zwischenband keinen wellenförmigen Verlauf auf. Bevorzugt sind das Band und das Zwischenband übereinander gelegt und zusammen zu der Spirale aufgewickelt.

Vorteilhaft liegen die Wicklungen des Zwischenbands zwischen den Wicklungen des wellenförmigen Bands. Die Spirale wird vorzugsweise von einer Schelle, einem Haltering oder einer Klammer zusammengehalten. Das Band und/oder das Zwischenband bestehen bevorzugt aus Metall, insbesondere aus Blech.

Der vorgenannte Strömungsgleichrichter weist im Vergleich zu herkömmlichen Strömungsgleichrichtern einen deutlich geringeren Strömungswiderstand auf. Insbesondere kann der Strömungsgleichrichter auch separat von der erfindungsgemäßen Vorrichtung vorgesehen sein und/oder den Gegenstand dieser oder einer separaten Anmeldung bilden. Dafür ist z.B. eine Messanordnung für ein Fluid vorgesehen, welche eine Fluidleitung, einen oder den an die Fluidleitung angeschlossenen Strömungsgleichrichter und einen an die Fluidleitung angeschlossenen Sensor umfasst, der im Abstand zu dem Strömungsgleichrichter vorgesehen ist und vorzugsweise einen Durchflusssensor bildet. Dieser Strömungsgleichrichter kann gemäß allen beschriebenen Ausgestaltungen weitergebildet sein. Ferner kann die Messanordnung durch die erfindungsgemäße Vorrichtung gebildet sein oder diese umfassen. Beispielsweise ist der an die Fluidleitung angeschlossene Sensor durch den Differenzdrucksensor oder durch den anderen Sensor der erfindungsgemäßen Vorrichtung gebildet, sodass der Strömungsgleichrichter insbesondere unter Zwischenschaltung der Fluidleitung an die erfindungsgemäße Vorrichtung angeschlossen ist.

Gemäß einer Ausgestaltung der Erfindung ist eine Auswerteeinheit vorgesehen, an welche insbesondere der Differenzdrucksensor, vorzugsweise elektrisch, angeschlossen

ist. Vorteilhaft ist auch der andere Sensor, insbesondere elektrisch, an die Auswerteeinheit angeschlossen. Bevorzugt ist ferner der zusätzliche Sensor, insbesondere elektrisch, an die Auswerteeinheit angeschlossen. Vorzugsweise ist auch der Antrieb der Betätigungseinrichtung, insbesondere elektrisch, an die Auswerteeinheit angeschlossen. Die Auswerteeinheit kann an oder in dem Gehäuse montiert oder separat, insbesondere entfernt, von diesem angeordnet sein.

Mittels der Auswerteeinheit sind bevorzugt von dem Differenzdrucksensor gelieferte Signale auswertbar. Vorteilhaft sind mittels der Auswerteeinheit auch von dem anderen Sensor und/oder von dem zusätzlichen Sensor gelieferte Signale auswertbar. Insbesondere umfasst oder bildet die Auswerteeinheit eine Steuereinheit, sodass die Auswerteeinheit auch als Auswerte- und/oder Steuereinheit bezeichnet werden kann. Vorzugsweise ist mittels der Auswerteeinheit der Antrieb der Betätigungseinrichtung zum Drehen des Absperrkörpers ansteuerbar. Die Auswerteeinheit umfasst bevorzugt einen Rechner, insbesondere einen Digitalrechner.

Gemäß einer Weiterbildung der Erfindung ist mittels der Auswerteeinheit ein Volumenstrom, insbesondere ein Normvolumenstrom des Fluids ermittelbar. Dieser Volumen- oder Normvolumenstrom wird bevorzugt in einem vorgegebenen Zeitintervall erfasst, sodass aus dem Volumen- oder Normvolumenstrom ein Fluid-Volumen oder Fluid-Normvolumen berechenbar ist, welches während des Zeitintervalls die Öffnungen durchströmt hat. Der Volumen- oder Normvolumenstrom ist z.B. auf Basis der von dem Differenzdrucksensor

gelieferten Signale ermittelbar. Zusätzlich kann diese Ermittlung auf Basis der von dem anderen Sensor und/oder von dem zusätzlichen Sensor gelieferten Signale erfolgen. Ferner kann der Volumen- oder Normvolumenstrom auf Basis der von dem anderen Sensor gelieferten Signale ermittelt werden, wenn dieser als Durchflusssensor, wie z.B. als thermischer oder kalorimetrischer Durchflusssensor, ausgebildet ist. Somit kann der Volumen- oder Normvolumenstrom durch zwei unterschiedliche Messmethoden ermittelt werden, sodass eine Verifikation des ermittelten Volumen- oder Normvolumenstroms mittels der Auswerteeinheit möglich ist. Vorzugsweise ist es mittels der Auswerteeinheit möglich, einen mittels des thermischen oder kalorimetrischen Durchflusssensors ermittelten Volumen- oder Normvolumenstrom durch einen mittels des Differenzdrucksensors ermittelten Volumen- oder Normvolumenstrom zu verifizieren. Ferner ist es mittels der Auswerteeinheit möglich, einen mittels des Differenzdrucksensors ermittelten Volumen- oder Normvolumenstrom durch einen mittels des thermischen oder kalorimetrischen Durchflusssensors ermittelten Volumen- oder Normvolumenstrom zu verifizieren.

Die Erfindung betrifft ferner ein Verfahren zum Steuern einer Druckluftanlage, die einen Motor, einen von dem Motor angetriebenen Druckluftkompressor und eine mit dem Druckluftkompressor verbundene Druckluftversorgungsleitung aufweist, der von dem Druckluftkompressor Druckluft zugeführt wird, wobei

- in einem vorgegeben Zeitintervall eine dem Motor zugeführte Energiemenge ermittelt wird,

- durch Multiplikation der dem Motor zugeführten Energiemenge mit einem Primärenergiefaktor eine in dem vorgegebenen Zeitintervall genutzte Primärenergiemenge ermittelt wird,
- eine in dem vorgegebenen Zeitintervall von dem Kompressor abgegebene Druckluftenergiemenge ermittelt wird,
- ein IST-Druckluftwirkungsrad durch Division der Druckluftenergiemenge durch die Primärenergiemenge ermittelt wird,
- ein Drucklufteffizienzwert durch Division des IST-Druckluftwirkungsgrads durch einen vorgegebenen SOLL-Druckluftwirkungsgrad ermittelt wird,
- die Verbindung zwischen dem Druckluftkompressor und der Druckluftversorgungsleitung gesperrt wird, wenn der Drucklufteffizienzwert unter einem vorgegebenen Drucklufteffizienz-Grenzwert liegt. Insbesondere wird in diesem Fall auch der Motor abgeschaltet. Vorzugsweise wird die Drehzahl des Motors in Abhängigkeit vom Drucklufteffizienzwert geregelt oder gesteuert, insbesondere derart, dass dieser erhöht oder maximiert wird.

Durch das erfindungsgemäße Verfahren kann sichergestellt werden, dass die Druckluftanlage nur bei ausreichender Drucklufteffizienz betrieben wird, insbesondere unter Berücksichtigung der eingesetzten Primärenergie. Die Druckluftzufuhr zu der Druckluftversorgungsleitung kann in dem Fall, dass die Verbindung zwischen dem Druckluftkompressor und der Druckluftversorgungsleitung gesperrt wird, z.B. durch wenigstens einen anderen Druckluftkompressor sichergestellt werden.

Bei dem IST-Druckluftwirkungsgrad handelt es sich vorzugsweise um einen normierten IST-Druckluftwirkungsgrad. Ferner handelt es sich bei dem SOLL-Druckluftwirkungsgrad vorzugsweise um einen normiertem SOLL-Druckluftwirkungsgrad.

Gemäß einer Weiterbildung des Verfahrens umfasst die Druckluftanlage die oder eine erfindungsgemäße Vorrichtung, wobei der Druckluftkompressor unter Zwischenschaltung der erfindungsgemäßen Vorrichtung mit der Druckluftversorgungsleitung verbunden ist. Vorzugsweise wird das Verfahren mit der Auswerteeinheit der erfindungsgemäßen Vorrichtung durchgeführt. Das Verfahren kann aber auch unabhängig von der erfindungsgemäßen Vorrichtung durchgeführt werden und/oder den Gegenstand dieser oder einer separaten Anmeldung bilden.

Der Primärenergiefaktor beschreibt die Primärenergie, die zur Bereitstellung der an den Motor gelieferten Energie (Endenergie), z.B. in Form von brennbarem Gas bei einem Gasmotor oder in Form von elektrischem Strom bei einem Elektromotor, erforderlich war oder ist. Insbesondere ist der Primärenergiefaktor vorgegeben. Da sich die Primärenergie in der Regel aus mehreren Anteilen zusammensetzt, die auf unterschiedliche Weise gewonnen werden, kann sich der Primärenergiefaktor mit der Zeit ändern, wenn zumindest einer der Anteile ab- oder zunimmt, beispielsweise aufgrund eines geringeren Anteils an Erdgas (Primärenergie) und eines dafür höheren Anteils an Biogas (Sekundärenergie), welches aus Biomasse (Primärenergie) gewonnen wird. Ferner kann der Primärenergiefaktor von Land zu Land unterschiedlich sein.

Die Primärenergie ergibt sich insbesondere durch Multiplikation der Endenergie mit dem Primärenergiefaktor.

Der Motor ist z.B. ein Gasmotor, dem Energie in Form von brennbarem Gas zugeführt wird. In diesem Fall wird die dem Motor zugeführte Energiemenge insbesondere mit einem Gaszähler ermittelt, der in eine an den Motor angeschlossene Gasversorgungsleitung geschaltet ist.

Der Motor kann aber auch ein Elektromotor sein, dem Energie in Form von elektrischem Strom zugeführt wird. In diesem Fall wird die dem Motor zugeführte Energiemenge insbesondere mit einem Stromzähler ermittelt, der in eine an den Motor angeschlossene Stromversorgungsleitung geschaltet ist.

Die von dem Kompressor abgegebene Druckluftenergiemenge wird insbesondere durch Messen einer, wenigstens einer oder mehrerer physikalischer Eigenschaften der Druckluft ermittelt. Zum Bestimmen der einen, der wenigstens einen oder der mehreren physikalischen Eigenschaften wird insbesondere in oder bei der der Druckluftversorgungsleitung von dem Druckluftkompressor zugeführten Druckluft eine Durchflussmessung durchgeführt, vorzugsweise mit der erfindungsgemäßen Vorrichtung. Bevorzugt werden ferner die Temperatur und/oder der Druck der Druckluft als physikalische Eigenschaften gemessen. Die Durchflussmessung liefert insbesondere einen Normvolumenstrom des Fluids in Norm-Kubikmeter pro Stunde. Durch Multiplikation des Normvolumenstroms mit einer spezifischen Druckluftkennzahl ergibt sich eine Druckluftleistung. Aus der Druckluftleistung wird die in dem vorgegebenen Zeitintervall von dem Kompressor

abgegebene Druckluftenergiemenge ermittelt. Dies kann im einfachsten Fall durch Multiplikation der Druckluftleistung mit der Dauer des Zeitintervalls erfolgen. Da sich die Druckluftleistung in dem vorgegebenen Zeitintervall ändern kann, wird die Druckluftenergiemenge aber vorzugsweise durch Integration, insbesondere durch numerische Integration, der Druckluftleistung über das Zeitintervall ermittelt.

Gemäß einer Weiterbildung des Verfahrens weist die Druckluftanlage einen zwischen den Druckluftkompressor und die Druckluftversorgungsleitung geschaltetes Absperrorgan, z.B. in Form eines Absperrhahn, auf, mittels welchem die Verbindung zwischen dem Druckluftkompressor und der Druckluftversorgungsleitung gesperrt wird, wenn der Drucklufteffizienzwert unter dem vorgegebenen Drucklufteffizienz-Grenzwert liegt. Vorzugsweise ist das Absperrorgan durch die erfindungsgemäße Vorrichtung gebildet, wobei insbesondere eine der koaxialen Öffnungen an den Druckluftkompressor und die andere der koaxialen Öffnungen an die Druckluftversorgungsleitung angeschlossen ist. Vorzugsweise ist dabei die Verbindung des zweiten Messeingangs mit dem Innenraum zwischen dem Druckluftkompressor und dem Absperrkörper und/oder der Messdüse vorgesehen. Wenn der Drucklufteffizienzwert unter dem vorgegebenen Drucklufteffizienz-Grenzwert liegt, wird bevorzugt der Absperrkörper der erfindungsgemäßen Vorrichtung in die zweite Drehwinkelstellung überführt. Hierdurch wird die Verbindung zwischen dem Druckluftkompressor und der Druckluftversorgungsleitung gesperrt.

Gemäß einer Weiterbildung des Verfahrens weist die Druckluftanlage einen mit dem Motor thermisch gekoppelten Heizkreislauf auf, dem Abwärme des Motors zugeführt wird, wobei

- eine in dem vorgegebenen Zeitintervall von dem Heizkreislauf abgegebene Wärmemenge ermittelt wird,
- ein IST-Wärmewirkungsrad durch Division der Wärmemenge durch die Primärenergiemenge ermittelt wird,
- ein Wärmeeffizienzwert durch Division des IST-Wärmewirkungsgrads durch einen vorgegebenen SOLL-Wärmewirkungsgrad ermittelt wird,
- die Verbindung zwischen dem Druckluftkompressor und der Druckluftversorgungsleitung gesperrt wird, wenn der Wärmeeffizienzwert unter einem vorgegebenen Wärmeeffizienz-Grenzwert liegt. Insbesondere wird in diesem Fall auch der Motor abgeschaltet. Vorzugsweise wird die Drehzahl des Motors in Abhängigkeit vom Wärmeeffizienzwert geregelt oder gesteuert, insbesondere derart, dass dieser erhöht oder maximiert wird.

Durch diese Weiterbildung wird sichergestellt, dass die Druckluftanlage nur bei ausreichender Wärmeeffizienz betrieben wird, insbesondere unter Berücksichtigung der eingesetzten Primärenergie. Die Wärmezufuhr zu dem Heizkreislauf kann in dem Fall, dass die Verbindung zwischen dem Druckluftkompressor und der Druckluftversorgungsleitung gesperrt wird, z.B. durch wenigstens eine andere Heizungsanlage sichergestellt werden.

Vorzugsweise ist auch der Druckluftkompressor thermisch mit dem Heizkreislauf gekoppelt, dem zusätzlich Abwärme des

Druckluftkompressors zugeführt wird. Ist der Motor ein Gasmotor, ist vorzugsweise auch die Abgasleitung des Gasmotors thermisch mit dem Heizkreislauf gekoppelt.

Bei dem IST-Wärmewirkungsrad handelt es sich vorzugsweise um einen normierten IST-Wärmewirkungsrad. Ferner handelt es sich bei dem SOLL-Wärmewirkungsgrad vorzugsweise um einen normiertem SOLL-Wärmewirkungsgrad.

Die Verbindung zwischen dem Druckluftkompressor und der Druckluftversorgungsleitung wird z.B. mittels des Absperrorgans gesperrt, wenn der Wärmeeffizienzwert unter dem vorgegebenen Wärmeeffizienz-Grenzwert liegt. Bevorzugt wird der Absperrkörper der erfindungsgemäßen Vorrichtung in die zweite Drehwinkelstellung überführt, wenn der Wärmeeffizienzwert unter dem vorgegebenen Wärmeeffizienz-Grenzwert liegt. Hierdurch wird die Verbindung zwischen dem Druckluftkompressor und der Druckluftversorgungsleitung gesperrt.

Die von dem Heizkreislauf abgegebene Wärmemenge wird insbesondere durch Temperaturmessungen in oder an einem Wärmeübertragungsfluid gemessen, welches in dem Heizkreislauf zirkuliert. Vorteilhaft ist wenigstens ein Wärmeverbraucher in den Heizkreislauf geschaltet oder thermisch mit diesem gekoppelt. Beispielsweise kann durch Messen der Temperaturen des Wärmeübertragungsfluids vor und hinter dem wenigstens einen Wärmeverbraucher ein Wert für die abgegebene Wärmemenge ermittelt werden.

Gemäß einer Weiterbildung der Erfindung wird die im Vergleich zu einer herkömmlichen Druckluftanlage eingesparte Primärenergiemenge während einer vorgegeben Zeitdauer ermittelt. Die eingesparte Primärenergiemenge wird mit einem Kohlendioxid-Emissionsfaktor multipliziert, woraus sich eine gegenüber der herkömmlichen Druckluftanlage eingesparte Kohlendioxidmenge ergibt. Die vorgegebenen Zeitdauer kann mit dem vorgegeben Zeitintervall identisch sein oder von diesem abweichen.

Die eingesparte Primärenergiemenge wird vorzugsweise dadurch ermittelt, dass die Differenz aus dem, insbesondere normierten, IST-Druckluftwirkungsgrad und einem Referenzwirkungsgrad gebildet wird. Diese Differenz wird mit der während der vorgegebenen Zeitdauer eingesetzten Primärenergiemenge multipliziert, woraus sich die eingesparte Primärenergiemenge ergibt. Die während der vorgegebenen Zeitdauer eingesetzte Primärenergiemenge wird insbesondere dadurch bestimmt, dass die dem Motor zugeführte Energiemenge während der Zeitdauer ermittelt und mit dem Primärenergiefaktor multipliziert wird.

Bevorzugt wird der, insbesondere normierte, Druckluftwirkungsgrad der herkömmlichen Druckluftanlage als Referenzwirkungsgrad ermittelt, vorzugsweise vor der Ermittlung der eingesparten Primärenergiemenge und/oder der eingesparten Kohlendioxidmenge. Es ist aber auch möglich, dass der Referenzwirkungsgrad durch den, insbesondere normierten, SOLL-Druckluftwirkungsgrad gebildet wird.

Gemäß einer Weiterbildung des Verfahrens wird ein die Leckage der Druckluftanlage charakterisierender Wert (Leckagewert) während der Dauer eines Grundlastzustands der Druckluftanlage ermittelt. Dafür werden während dieser Dauer Durchflussmessungen durchgeführt, und durch Auswertung dieser Durchflussmessungen wird der Leckagewert bestimmt.

Die Erfindung wird nachfolgend anhand einer bevorzugten Ausführungsform unter Bezugnahme auf die Zeichnung beschrieben. In der Zeichnung zeigen:

Fig. 1 eine perspektivische Ansicht einer Vorrichtung gemäß einer Ausführungsform der Erfindung,

Fig. 2 einen Längsschnitt durch die Vorrichtung entlang der aus Fig. 1 ersichtlichen Schnittlinie A-A in perspektivischer Darstellung,

Fig. 3 eine Seitenansicht des aus Fig. 1 ersichtlichen Absperrhahns der Vorrichtung, wobei mehrere Anbauteile weggelassen wurden,

Fig. 4 einen Schnitt durch den Absperrhahn entlang der aus Fig. 3 ersichtlichen Schnittlinie B-B,

Fig. 5 einen Längsschnitt durch den Absperrkörper des Absperrhahns,

Fig. 6 einen Längsschnitt durch einen Sicherungsring des Absperrhahns,

Fig. 7 eine Ansicht des aus Fig. 2 ersichtlichen Strömungsgleichrichters,

Fig. 8 eine Ansicht des Strömungsgleichrichters im abgewickelten Zustand und

Fig. 9 eine schematische Ansicht einer Druckluftanlage mit einer Vorrichtung nach Fig. 1.

Aus den Figuren 1 bis 6 sind unterschiedliche Ansichten und Teilansichten einer Vorrichtung 1 gemäß einer Ausführungsform der Erfindung ersichtlich. Die Vorrichtung 1 umfasst einen Absperrhahn 2 mit einem Gehäuse 3, welches einen ersten Gehäuseteil 4, einen zweiten Gehäuseteil 5 und einen dritten Gehäuseteil 6 aufweist, wobei der zweite und der dritte Gehäuseteil 5 und 6 jeweils als Sicherungsring ausgebildet und in den ersten Gehäuseteil 4 eingeschraubt sind. Das Gehäuse 3 ist mit zwei coaxialen Öffnungen 7 und 8 versehen, wobei der Sicherungsring 5 die Gehäuseöffnung 7 und der Sicherungsring 6 die Gehäuseöffnung 8 umfasst. Eine axiale Richtung des Gehäuses 3 ist mit dem Bezugszeichen 9 gekennzeichnet, welche auch gleichzeitig die Achse der Öffnungen 7 und 8 bildet. Die Sicherungsringe 5 und 6 sind in axialer Richtung 9 auf unterschiedlichen Seiten in den ersten Gehäuseteil 4 eingeschraubt. In dem ersten Gehäuseteil 4 sind zwei Gleitringe 10 und 11 im axialen Abstand zueinander angeordnet, zwischen denen eine in dem ersten Gehäuseteil 4 angeordnete Absperrkugel 12 sitzt, die um eine senkrecht zur axialen Richtung 9 verlaufenden Drehachse 13 drehbar an den Gleitringen 10 und 11 gelagert ist. Die Sicherungsringe 5 und

6 sichern dabei die Gleitringe 10 und 11 und somit auch die Absperrkugel 12 in dem ersten Gehäuseteil 4.

Zwischen dem Gleitring 10 und dem Sicherungsring 5 sowie zwischen dem Gleitring 11 und dem Sicherungsring 6 ist jeweils ein Dichtungsring 14 bzw. 15 angeordnet. Zwischen dem Sicherungsring 5 und dem ersten Gehäuseteil 4 sind zwei Dichtungsringe 16 und 17 angeordnet, wobei in axialer Richtung 9 zwischen den Dichtungsringen 16 und 17 ein Ringraum 18 vorgesehen ist, der zwischen dem Sicherungsring 5 und dem ersten Gehäuseteil 4 eingeschlossen ist. Der Ringraum 18 ist als Ringnut in die Außenumfangsfläche des Sicherungsringes 5 eingebracht. Zwischen dem Sicherungsring 6 und dem ersten Gehäuseteil 4 ist ein Dichtungsring 19 angeordnet.

In die Absperrkugel 12 ist eine Eingriffsausnehmung 20 eingebracht, in welche ein Betätigungselement 21 eingreift, mittels welchem die Absperrkugel 12 um die Drehachse 13 drehbar ist. Das Betätigungselement 21 erstreckt sich dabei durch eine in der Wandung 32 des ersten Gehäuseteils 4 vorgesehene Betätigungsausnehmung 85 hindurch und ist gegenüber dem ersten Gehäuseteil 4 durch einen Dichtungsring 86 abgedichtet. Ferner ist das Betätigungselement 21 bezüglich der Drehachse 13 drehstarr mit der Absperrkugel 12 verbunden.

Durch das Gehäuse 3 verläuft in axialer Richtung 9 ein die Öffnungen 7 und 8 sowie den Innenraum 29 umfassender Strömungskanal 87 hindurch, in dem die Absperrkugel 12 angeordnet ist. Ferner erstreckt sich quer zur Drehachse 13

durch die Absperrkugel 12 ein Durchflusskanal 22 hindurch, der mit einer lokalen Querschnittsverengung 23 versehen ist. In der aus den Fig. 2 und 4 ersichtlichen öffnenden Stellung (erste Drehwinkelstellung) der Absperrkugel 12 ist der Durchflusskanal 22 in den Strömungskanal 87 geschaltet und dadurch an die beiden Öffnungen 7 und 8 angeschlossen. Der Durchflusskanal 22 verläuft dabei in axialer Richtung 9 und bildet einen Teil des Strömungskanals 87, sodass ein Fluid zwischen den Öffnungen 7 und 8 durch den Strömungskanal 87 strömen kann. In der ersten Drehwinkelstellung ist der Absperrhahn 2 somit geöffnet. Wird die Absperrkugel 12 und somit auch der Durchflusskanal 22 mittels des Betätigungselements 21 um 90° um die Drehachse 13 in eine sperrende Stellung (zweite Drehwinkelstellung) gedreht, sperrt die Absperrkugel 12 mit ihrer Wandung 24 den Strömungskanal 87, sodass ein Durchfluss des Fluids durch den Strömungskanal 87 zwischen den beiden Öffnungen 7 und 8 verhindert ist. Der Durchflusskanal 22 verläuft nun quer zur axialen Richtung 9. In der zweiten Drehwinkelstellung ist der Absperrhahn 2 somit geschlossen oder gesperrt.

In der Wandung 24 der Absperrkugel 12 ist im Bereich der Querschnittsverengung 23 ein Druckentnahmeloch 25 vorgesehen, durch welches hindurch ein zwischen der Absperrkugel 12 und dem ersten Gehäuseteil 4 vorgesehener Freiraum 26 in der öffnenden Stellung der Absperrkugel 12 mit dem Durchflusskanal 22 verbunden ist. Der Freiraum 26 ist umlaufend ausgebildet und in axialer Richtung durch die Sicherungsringe 5 und 6 sowie durch die Gleitringe 10 und 11 begrenzt. Ferner ist in der Wandung 27 des Sicherungsringes 5 ein Druckentnahmeloch 28 vorgesehen, welches einen Innenraum

29 des Sicherungsringes 5 mit dem Ringraum 18 verbindet. Aus Fertigungsgründen ist das Druckentnahmeloeh 28 durch zwei Bohrungen 30 und 31 gebildet, die ineinander uebergehen. Die Bohrung 30 erstreckt sich dabei vom Innenraum 29 bis zur Bohrung 31 und verlaeuft insbesondere schraeg zur axialen Richtung 9. Die Bohrung 31 verbindet die Bohrung 30 mit dem Ringraum 18 und verlaeuft insbesondere in axialer Richtung 9. Aus Fertigungsgruenden ist die Bohrung 31 durch eine Stirnseite des Sicherungsringes 5 in die Wandung 27 eingebracht und anschliessend an dieser Stirnseite durch einen Verschluss 47 dicht verschlossen.

In der Wandung 32 des ersten Gehaeseteils 4 sind zwei Messoeffnungen 33 und 34 vorgesehen, wobei die Messoeffnung 33 in den Freiraum 26 einmuetet und die Messoeffnung 34 in den Ringraum 18 einmuetet. Durch die Messoeffnung 33 hindurch ist somit der Durchflusskanal 22 zugaeuglich, wohingegen durch die Messoeffnung 34 der Innenraum 29 zugaeuglich ist. Da die Absperrkugel 12 eine Drossel oder Duese 48 mit Querschnittsverengung, insbesondere eine Venturi-Duese, bildet, ist bezueuglich des strömenden Fluids eine Durchflussmessung durchfuhrbar, indem an die Messoeffnungen 33 und 34 ein Differenzdrucksensor 39 angeschlossen wird. Die Strömungsrichtung des Fluids, dessen Durchfluss zu messen ist, ist dabei mit dem Pfeil 35 gekennzeichnet. Bei dem Fluid handelt es sich insbesondere um Druckluft.

In der Wandung 24 der Absperrkugel ist ferner ein Sensoraufnahmeloeh 36 vorgesehen, durch welches hindurch sich ein kalorimetrischer Durchflussmesssensor 37 in den Durchflusskanal 22 hineinerstreckt. Das Sensoraufnahmeloeh 36

erstreckt sich entlang der Drehachse 13, sodass der Durchflusssensor 37 nicht entfernt werden muss, wenn die Absperrkugel 12 gedreht wird. Dabei ist das Sensoraufnahmeloch 36 dem Betätigungselement 21 diametral gegenüberliegend angeordnet, sodass eine Betätigung der Absperrkugel 12 nicht durch den Durchflusssensor 37 behindert wird.

An dem ersten Gehäuseteil 4 sind außen ein an das Betätigungselement 21 angeschlossener elektrischer Antrieb 38 und der Differenzdrucksensor 39 befestigt, der mit einem ersten Messeingang 40 unter Zwischenschaltung eines Absperrhahns 41 mit der Messöffnung 33 und mit einem zweiten Messeingang 42 unter Zwischenschaltung eines Absperrhahns 43 mit der Messöffnung 34 verbunden ist. Dabei wird der erste Messeingang 40 insbesondere als Plus-Anschluss und der zweite Messeingang 42 insbesondere als Minus-Anschluss des Differenzdrucksensors 39 bezeichnet, was in Fig. 1 durch die entsprechenden Symbole für Plus und Minus angedeutet ist. Der Differenzdrucksensor 39 ist elektrisch an eine Auswerte- und/oder Steuereinheit 49 angeschlossen, mit der auch der Durchflusssensor 37 und der Antrieb 38 elektrisch verbunden sind. Durch den Antrieb 38 ist es möglich, die Absperrkugel 12 automatisch und die Drehachse 13 zu drehen. Die Auswerte- und/oder Steuereinheit 49 kann in Entfernung zum Absperrhahn 2 und/oder zum Gehäuse 3 vorgesehen sein. Alternativ kann die Auswerte- und/oder Steuereinheit 49 aber auch in oder an dem Gehäuse 3 vorgesehen, beispielsweise in einem an dem Gehäuse 3 montierten Anbaugeschäuse 90 angeordnet sein.

Die Absperrhähne 41 und 43 können unterschiedliche Schaltstellungen annehmen, wobei in einer geöffneten Schaltstellung des Absperrhahns 41 der erste Messeingang 40 an die Messöffnung 33 angeschlossen und in einer gesperrten Schaltstellung des Absperrhahns 41 der erste Messeingang 40 von der Messöffnung 33 getrennt ist. Ferner ist in einer geöffneten Schaltstellung des Absperrhahns 43 der zweite Messeingang 42 an die Messöffnung 34 angeschlossen, und in einer gesperrten Schaltstellung des Absperrhahns 43 ist der zweite Messeingang 42 von der Messöffnung 34 getrennt.

In einer Prüf-Schaltstellung des Absperrhahns 41 ist der erste Messeingang 40 an einen von außen zugänglichen Prüfanschluss 72 angeschlossen und von der Messöffnung 33 getrennt. Ferner ist in einer Prüf-Schaltstellung des Absperrhahns 43 der zweite Messeingang 42 an einen von außen zugänglichen Prüfanschluss 73 angeschlossen und von der Messöffnung 34 getrennt. Der Differenzdrucksensor 39 kann somit über die Prüfanschlüsse 72 und 73 mit einem definierten Prüfdruck oder mit einer definierten Prüfdruckdifferenz beaufschlagt werden, um die Funktionsfähigkeit des Differenzdrucksensors 39 zu überprüfen.

Bevorzugt ist es zusätzlich möglich, in einer Druckausgleichstellung der beiden Absperrhähne 41 und 43 die Messeingänge 40 und 42 von den Messöffnungen 33 und 34 zu trennen und miteinander zu verbinden. Somit ist ein Druckausgleich zwischen den beiden Messeingängen 40 und 42 möglich.

An den Sicherungsring 5 ist unter Zwischenschaltung einer als Einlaufstrecke dienenden Fluidleitung 44 ein Strömungsgleichrichter 45 angeschlossen, sodass die Einlaufstrecke und damit die Fluidleitung 44 relativ kurz ausbildbar ist. Insbesondere glättet der Strömungsgleichrichter 45 die Strömung des Fluids. Ferner ist an dem Sicherungsring 6 eine Fluidleitung 46 angeschlossen, die als Auslaufstrecke oder als Anschluss für eine als Auslaufstrecke dienende Fluidleitung dient. Der Strömungsgleichrichter 45 ist in einem Gehäuse 82 angeordnet, welches aus Fig. 1 ersichtlich ist. An dem Gehäuse 82 sind zwei Prüfanschlüsse 88 und 89 vorgesehen, an welche ein Differenzdrucksensor anschließbar ist, mittels welchem die Differenz aus den Drücken des strömenden Fluids vor und hinter dem Strömungsgleichrichter 45 messbar ist. Somit ist eine Verschmutzung des Strömungsgleichrichters 45 erfassbar.

Aus Fig. 7 ist eine schematische Draufsicht auf den Strömungsgleichrichter 45 in axialer Richtung 9 ersichtlich, der mehrere durchgehende Strömungspfade 74 umfasst, die sich in axialer Richtung 9 erstrecken. Der Strömungsgleichrichter 45 besteht aus einem metallischen Band 75, welches in Richtung seiner Längserstreckung 76 wellenförmig ausgebildet und zu einer Spirale 83 aufgewickelt ist. Durch die Wellenform ist das Band 75 abwechselnd mit Erhebungen 77 und Vertiefungen 78 versehen, welche die parallel zur Mittelachse 84 der Spirale 83 verlaufenden, durchgehenden Strömungspfade 74 bilden. Die Mittelachse 84 der Spirale 83 verläuft dabei in axialer Richtung 9. Zwischen den Wicklungen des Bands 75 ist ein metallisches Zwischenband 79 vorgesehen, welches zusammen mit dem Band 75 zu der Spirale 83 aufgewickelt ist.

Die Strömungspfade 74 verlaufen somit zwischen dem wellenförmigen Band 75 und dem Zwischenband 79. Das Zwischenband 79 weist keinen wellenförmigen Verlauf auf und ist insbesondere flach ausgebildet.

Ein Teil einer Abwicklung der Spirale 83 ist schematischer Darstellung in Fig. 8 gezeigt, wobei zur Herstellung des Strömungsgleichrichters 45 das Band 75 und das Zwischenband 79 übereinander gelegt und zusammen zu der Spirale 83 aufgewickelt werden, was in Fig. 8 durch den Pfeil 80 angedeutet ist. Die Wicklungen des Zwischenbands 79 liegen nach dem Aufwickeln zwischen den Wicklungen des wellenförmigen Bands 75. Die Spirale 83 wird vorzugsweise von einem Haltering 81 zusammengehalten.

Aus Fig. 9 ist eine schematische Ansicht einer Druckluftanlage 50 ersichtlich, die einen Gasmotor 51, einen von diesem, insbesondere direkt oder unter Zwischenschaltung eines Getriebes, angetriebenen Druckluftkompressor 52, eine Druckluftversorgungsleitung 53 mit Druckluftverbrauchern 54 und eine Heizkreislaufanordnung 55 mit Wärmeverbrauchern 56 aufweist, wobei die Druckluftversorgungsleitung 53 unter Zwischenschaltung der erfindungsgemäßen Vorrichtung 1 mit dem Druckluftausgang 57 des Druckluftkompressors 52 verbunden ist. Dabei ist die Vorrichtung 1 mit dem Strömungsgleichrichter 45 an den Druckluftausgang 57 und mit der Fluidleitung 46 an die Druckluftversorgungsleitung 53 angeschlossen. Der Gasmotor 51 wird über eine Gasleitung 58 mit brennbarem Gas versorgt, in die ein mit der Auswerte- und Steuereinheit 49 elektrisch verbundener Gaszähler 59 geschaltet ist, mittels welchem die dem Gasmotor 51

zugeführte Gasmenge (beispielsweise Gasvolumen) ermittelbar ist. Die Auswerte- und Steuereinheit 49 kann dabei örtlich getrennt von dem Absperrhahn 2 der Vorrichtung 1 vorgesehen sein. Die Abgasleitung des Gasmotors 51 ist mit dem Bezugszeichen 68 gekennzeichnet.

Die Heizkreislaufanordnung 55 umfasst einen mit dem Gasmotor 51 und vorzugsweise auch mit der Abgasleitung 68 und/oder mit dem Kompressor 52 thermisch gekoppelten ersten Heizkreislauf 60, in den ein Wärmetauscher 61 geschaltet ist, wobei in dem ersten Heizkreislauf 60 ein erstes Wärmeübertragungsfluid zirkuliert. Über den Wärmetauscher 61 ist der erste Heizkreislauf 60 thermisch mit einem zweiten Heizkreislauf 62 gekoppelt, in den die Wärmeverbraucher 56 geschaltet sind, wobei in dem zweiten Heizkreislauf 62 ein zweites Wärmeübertragungsfluid zirkuliert. Das erste Wärmeübertragungsfluid wird durch die Abwärme des Gasmotors 51 erwärmt und gibt über den Wärmetauscher 61 Wärme an das zweite Wärmeübertragungsfluid ab, mittels welchem den Wärmeverbrauchern 56 Wärme zuführbar ist. Ferner sind zwei mit der Auswerte- und Steuereinheit 49 elektrisch verbundene Temperatursensoren 63 und 64 vorgesehen, mittels welchen die Temperaturen des zweiten Wärmeübertragungsfluids beim Ausströmen aus und beim Einströmen in den Wärmetauscher 61 messbar sind.

Die Auswerte- und Steuereinheit 49 ermittelt auf Basis der von dem Gaszähler 59 gelieferten Signale und der von dem Differenzdrucksensor 39 und/oder von dem kalorimetrischen Durchflusssensor gelieferten Signale in einem vorgegebenen Zeitintervall den Istwert des Wirkungsgrads der

Druckluftanlage (IST-Druckluftwirkungsgrad) als Mittelwert. Durch Division des IST-Druckluftwirkungsgrads durch einen Primärenergiefaktor wird mittels der Auswerte- und Steuereinheit 49 bevorzugt ein normierter IST-Druckluftwirkungsgrad gebildet. Der Primärenergiefaktor ist insbesondere für eine Form der dem Motor 52 zugeführten Endenergie, hier Gas, und für ein Land oder eine Region vorgegeben. Mit der Zeit kann sich der Primärenergiefaktor ändern.

Mittels der Auswerte- und Steuereinheit 49 wird der, insbesondere normierte, IST-Druckluftwirkungsgrad durch einen vorgegebenen, insbesondere normierten, SOLL-Druckluftwirkungsgrad dividiert, wodurch sich eine Drucklufteffizienz ergibt.

Liegt der Wert der Drucklufteffizienz unter einem ersten Drucklufteffizienz-Grenzwert aber über einem zweiten Drucklufteffizienz-Grenzwert, so wird mittels der Auswerte- und Steuereinheit 49 ein erstes Warnsignal abgegeben, welches z.B. ein optisches Warnsignal in gelber Farbe ist.

Liegt der Wert der Drucklufteffizienz hingegen unter beiden Drucklufteffizienz-Grenzwerten, so wird mittels der Auswerte- und Steuereinheit 49 ein zweites Warnsignal abgegeben, welches z.B. ein optisches Warnsignal in roter Farbe ist. Ferner wird mittels der Auswerte- und Steuereinheit 49 der Antrieb 38 derart angesteuert, dass die Absperrkugel 12 den Durchfluss durch die Öffnungen 7 und 8 sperrt. Dadurch wird die Druckluftversorgungsleitung 53 vom Druckluftkompressor 52 getrennt. Zusätzlich wird mittels der Auswerte- und

Steuereinheit 49 an eine übergeordnete Steuerung 65 ein Bereitschaftssignal abgegeben, welches den nicht betriebsbereiten Zustand der Druckluftanlage 1 signalisiert. Insbesondere wird auch der Gasmotor 51 abgeschaltet, was z.B. mittels der Auswerte- und Steuereinheit 49 oder mittels der übergeordneten Steuerung 65 erfolgen kann.

Ferner wird mittels der Auswerte- und Steuereinheit 49 auf Basis der von den Temperatursensoren 63 und 64 gelieferten Signale die in einem vorgegebenen Zeitintervall tatsächlich, insbesondere von den Wärmeverbrauchern 56, genutzte Abwärme der Druckluftanlage ermittelt und durch die in diesem Zeitintervall eingesetzte Primärenergiemenge dividiert. Das Ergebnis wird dann über ein vorgegebenes Zeitintervall gemittelt. Daraus ergibt sich der, insbesondere normierte, IST-Wärmewirkungsgrad, der mittels der Auswerte- und Steuereinheit 49 durch einen vorgegebenen, insbesondere normierten, SOLL-Wärmewirkungsgrad dividiert wird. Das Ergebnis wird mittels der Auswerte- und Steuereinheit 49 über einen vorgegebenen Zeitraum gemittelt, woraus sich die, insbesondere normierte, Wärmeeffizienz ergibt. Die oben genannte Primärenergiemenge lässt sich z.B. durch Multiplikation des Primärenergiefaktors mit der dem Gasmotor 51 in dem zugehörigen Zeitintervall zugeführten Energiemenge (in Form von Gas) bestimmen, die mittels des Gaszählers 59 erfassbar ist.

Liegt der Wert der Wärmeeffizienz unter einem ersten Wärmeeffizienz-Grenzwert aber über einem zweiten Wärmeeffizienz-Grenzwert, so wird mittels der Auswerte- und Steuereinheit 49 das erste Warnsignal abgegeben.

Liegt der Wert der Wärmeeffizienz hingegen unter beiden Wärmeeffizienz-Grenzwerten, so wird mittels der Auswerte- und Steuereinheit 49 das zweite Warnsignal abgegeben. Ferner wird mittels der Auswerte- und Steuereinheit 49 der Antrieb 38 derart angesteuert, dass die Absperrkugel 12 den Durchfluss durch die Öffnungen 7 und 8 sperrt. Dadurch wird die Druckluftversorgungsleitung 53 vom Druckluftkompressor 52 getrennt. Zusätzlich wird mittels der Auswerte- und Steuereinheit 49 an die übergeordnete Steuerung 65 das den nicht betriebsbereiten Zustand der Druckluftanlage 1 signalisierende Bereitschaftssignal abgegeben. Insbesondere wird auch der Gasmotor 51 abgeschaltet, was z.B. mittels der Auswerte- und Steuereinheit 49 oder mittels der übergeordneten Steuerung 65 erfolgen kann.

Ergänzend kann in den zweiten Heizkreislauf 62 ein Wärmetauscher 66 geschaltet sein, der mit einem Brenner 67 gekoppelt ist, der insbesondere ein Gasbrenner ist. Bei großem Wärmebedarf kann somit der Brenner 67 eingeschaltet und das zweite Wärmeübertragungsfluid zusätzlich erwärmt werden. Die Abgasleitung des Brenners 67 ist mit dem Bezugszeichen 69 gekennzeichnet und kann thermisch mit dem ersten oder dem zweiten Heizkreislauf gekoppelt sein.

Ferner kann ergänzend eine Druckluftrückführung 70 vorgesehen sein, mittels welcher von den Druckluftverbrauchern 54 abgegebene Druckluft wieder dem Druckluftkompressor 52 zuführbar ist. In die Druckluftrückführung 70 ist ein Durchflusssensor 71 geschaltet, der mit der Auswerte- und Steuereinheit 49 verbunden ist. Durch die

Druckluftrückführung 70 kann die Druckluffteffizienz gesteigert werden.

Zusätzlich ist es mittels der Auswerte- und Steuereinheit 49 möglich, die nach Umrüstung einer herkömmlichen Druckluftanlage in eine Druckluftanlage 1 nach Fig. 9 eingesparte Kohlendioxid-Emission (CO₂-Emission) zu ermitteln. Dafür wird vor der Umrüstung der Wirkungsgrad der herkömmlichen Druckluftanlage als Referenzwirkungsgrad, insbesondere als normierter Referenzwirkungsgrad, bestimmt. Nach Umrüstung der Druckluftanlage wird mittels der Auswerte- und Steuereinheit 49 in einem vorgegebenen Zeitintervall die Differenz aus dem, insbesondere normierten, IST-Druckluftwirkungsgrad und dem, insbesondere normierten, Referenzwirkungsgrad ermittelt und diese Differenz mit der in diesem Zeitintervall dem Motor zugeführten Primärenergiemenge multipliziert. Das Ergebnis liefert die in dem Zeitintervall eingesparte Primärenergiemenge. Die eingesparte Primärenergie kann nun mittels der Auswerte- und Steuereinheit 49 mit einem vorgegebenen CO₂-Emissionsfaktor multipliziert werden, woraus sich die eingesparte CO₂-Emission in dem vorgegebenen Zeitintervall ergibt.

Ergänzend ist es mittels der Auswerte- und Steuereinheit 49 möglich, einen die Leckage der Druckluftanlage 1 charakterisierenden Wert (Leckagewert) zu ermitteln. Liegt für die Dauer eines vorgegebenen Zeitintervalls ein Grundlastzustand der Druckluftanlage vor, lässt sich durch Auswertung von während dieser Dauer durchgeführten Durchflussmessungen der Leckagewert mittels der Auswerte- und Steuereinheit 49 bestimmen.

Gemäß einer Abwandlung des Druckluftkreislaufes 50 wird der Gasmotor 51 durch einen Elektromotor und der Gaszähler 59 durch einen Stromzähler ersetzt.

Bezugszeichenliste

- 1 Vorrichtung zur Differenzdruckmessung
- 2 Absperrhahn
- 3 Gehäuse
- 4 erster Gehäuseteil
- 5 zweiter Gehäuseteil / Sicherungsring
- 6 dritter Gehäuseteil / Sicherungsring
- 7 Gehäuseöffnung
- 8 Gehäuseöffnung
- 9 axiale Richtung
- 10 Gleitring
- 11 Gleitring
- 12 Absperrkugel
- 13 Drehachse
- 14 Dichtungsring
- 15 Dichtungsring
- 16 Dichtungsring
- 17 Dichtungsring
- 18 Ringraum
- 19 Dichtungsring
- 20 Eingriffsausnehmung in Absperrkugel
- 21 Betätigungselement
- 22 Durchflusskanal
- 23 Querschnittsverengung des Durchflusskanals
- 24 Wandung der Absperrkugel
- 25 Druckentnahmeloeh in Absperrkugel
- 26 Freiraum
- 27 Wandung des zweiten Gehäuseteils
- 28 Druckentnahmeloeh im zweiten Gehäuseteil
- 29 Innenraum

- 30 Bohrung
- 31 Bohrung
- 32 Wandung des ersten Gehäuseteils
- 33 Messöffnung
- 34 Messöffnung
- 35 Strömungsrichtung des Fluids
- 36 Sensoraufnahmeloch in Absperrkugel
- 37 kalorimetrischer Durchflusssensor
- 38 Antrieb
- 39 Differenzdrucksensor
- 40 erster Messeingang
- 41 Absperrhahn
- 42 zweiter Messeingang
- 43 Absperrhahn
- 44 Fluidleitung
- 45 Strömungsgleichrichter
- 46 Fluidleitung
- 47 Verschluss
- 48 Düse / Drossel
- 49 Auswerte- und/oder Steuereinheit
- 50 Druckluftanlage
- 51 Gasmotor
- 52 Druckluftkompressor
- 53 Druckluftversorgungsleitung
- 54 Druckluftverbraucher
- 55 Heizkreislaufanordnung
- 56 Wärmeverbraucher
- 57 Druckluftausgang des Druckluftkompressors
- 58 Gasleitung
- 59 Gaszähler
- 60 erster Heizkreislauf

- 61 Wärmetauscher
- 62 zweiter Heizkreislauf
- 63 Temperatursensor
- 64 Temperatursensor
- 65 übergeordnete Steuerung
- 66 Wärmetauscher
- 67 Brenner
- 68 Abgasleitung des Kompressors
- 69 Abgasleitung des Brenners
- 70 Druckluftrückführung
- 71 Durchflusssensor
- 72 Prüfanschluss
- 73 Prüfanschluss
- 74 Strömungspfad des Strömungsgleichrichters
- 75 wellenförmiges Band des Strömungsgleichrichters
- 76 Längserstreckung des wellenförmigen Bands
- 77 Erhebung
- 78 Vertiefung
- 79 Zwischenband des Strömungsgleichrichters
- 80 Aufwickelrichtung
- 81 Haltering des Strömungsgleichrichters
- 82 Gehäuse des Strömungsgleichrichters
- 83 Spirale
- 84 Mittelachse der Spirale
- 85 Betätigungsausnehmung im ersten Gehäuseteil
- 86 Dichtungsring
- 87 Strömungskanal
- 88 Prüfanschluss
- 89 Prüfanschluss
- 90 Gehäuse

Vorrichtung zur Differenzdruckmessung

Schutzansprüche

1. Vorrichtung zur Differenzdruckmessung in einem strömenden Fluid, mit einem zwei koaxiale Öffnungen (7, 8) und einen Innenraum (29) aufweisenden Gehäuse (3), der durch die oder zumindest eine der Öffnungen (7, 8) zugänglich ist, einer in dem Gehäuse (3) angeordneten und einen Durchflusskanal (22) mit einer Querschnittsverengung (23) aufweisenden Messdüse, einem zwei Messeingänge (40, 42) aufweisenden Differenzdrucksensor (39), mittels welchem eine Differenz zwischen an den Messeingängen (40, 42) anstehenden Drücken messbar ist, wobei ein erster der Messeingänge (40) mit dem Durchflusskanal (22) und ein zweiter der Messeingänge (42) außerhalb der Messdüse mit dem Innenraum (29) in Verbindung steht, gekennzeichnet durch einen die Messdüse umfassenden und in dem Gehäuse (3) um eine Drehachse (13) drehbar gelagerten Absperrkörper (12), der in einer ersten Drehwinkelstellung den Durchflusskanal (22) an die beiden Öffnungen (7, 8) anschließt und in einer zweiten Drehwinkelstellung einen Durchfluss zwischen den beiden Öffnungen (7, 8) sperrt.

2. Vorrichtung nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass die Messdüse eine Venturi-Düse ist.

3. Vorrichtung nach Anspruch 1 oder 2, dadurch gekennzeichnet, dass in der Wandung (24) des Absperrkörpers (12) ein in den Durchflusskanal (22) einmündendes Druckentnahmeloch (25) vorgesehen ist, welches zumindest in der ersten Drehwinkelstellung mit einem zwischen dem Absperrkörper (12) und dem Gehäuse (3) vorgesehenen Freiraum (26) in Verbindung steht, an den der erste Messeingang (40) angeschlossen ist.

4. Vorrichtung nach Anspruch 3, dadurch gekennzeichnet, dass der Absperrkörper (12) zwischen zwei in dem Gehäuse (3) angeordneten Gleitringen (10, 11) sitzt und gleitfähig an diesen anliegt, wobei der Freiraum (26) zwischen den Gleitringen (10, 11) vorgesehen ist.

5. Vorrichtung nach einem der vorangehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass das Gehäuse (3) einen den Absperrkörper (12) aufnehmenden ersten Gehäuseteil (4) und einen den Absperrkörper (12) in dem ersten Gehäuseteil (4) sichernden zweiten Gehäuseteil (5) aufweist, der zumindest teilweise in dem ersten Gehäuseteil (4) angeordnet ist.

6. Vorrichtung nach Anspruch 5, dadurch gekennzeichnet, dass in der Wandung (27) des zweiten Gehäuseteils (5) ein in den Innenraum (29) einmündendes Druckentnahmeloch (28) vorgesehen ist, welches mit einem zwischen dem ersten Gehäuseteil (4) und dem zweiten Gehäuseteil (5) vorgesehenen Ringraum (18) in Verbindung steht, an den der zweite Messeingang (42) angeschlossen ist.

7. Vorrichtung nach einem der vorangehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass in der Wandung (24) des Absperrkörpers (12) ein in den Durchflusskanal (22) einmündendes Sensoraufnahmeloch (36) vorgesehen ist, durch welches hindurch sich ein kalorimetrischer Durchflusssensor (37) in den Durchflusskanal (22) hinein erstreckt.

8. Vorrichtung nach einem der vorangehenden Ansprüche, gekennzeichnet durch einen Strömungsgleichrichter (45), der unter Zwischenschaltung einer als Einlaufstrecke dienenden Fluidleitung (44) an eine der Öffnungen (7) angeschlossenen ist, wobei der zweite Messeingang (42) zwischen dieser Öffnung (7) und dem Absperrkörper (12) mit dem Innenraum (29) in Verbindung steht.

9. Vorrichtung nach einem der vorangehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass durch das Gehäuse (3) ein die Öffnungen (7, 8) und den Innenraum (29) umfassender Strömungskanal (87) hindurch verläuft, in dem der Absperrkörper (12) angeordnet ist, dessen Durchflusskanal (22) in der ersten Drehwinkelstellung in den Strömungskanal (87) geschaltet ist und in der zweiten Drehwinkelstellung quer zum Strömungskanal (87) verläuft, sodass dieser in der zweiten Drehwinkelstellung durch die Wandung (24) des Absperrkörpers (12) gesperrt ist.

10. Vorrichtung nach einem der vorangehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass der Absperrkörper (12) eine Kugel umfasst oder bildet, durch welche sich der Durchflusskanal (22) hindurch erstreckt.

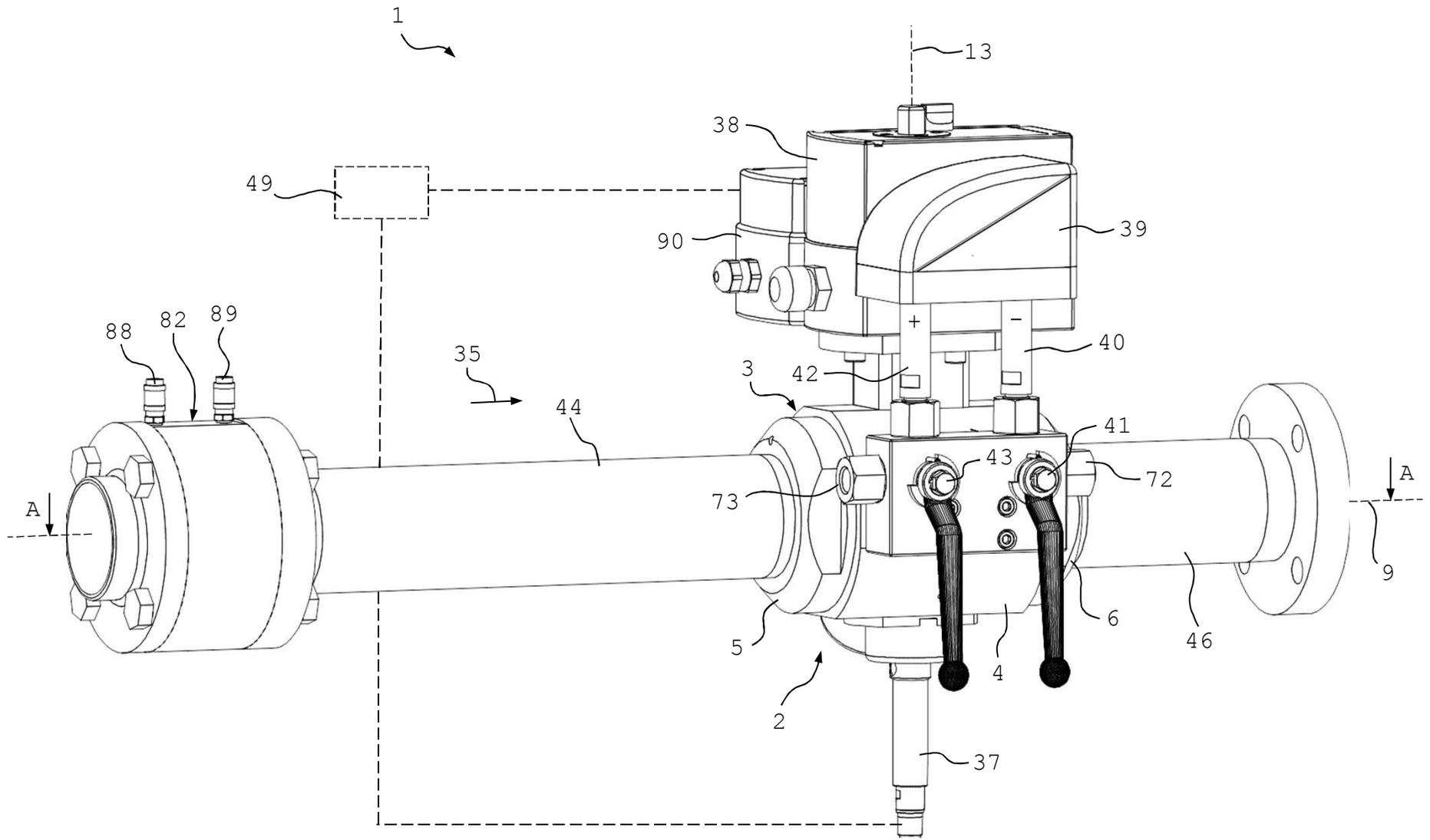


Fig. 1

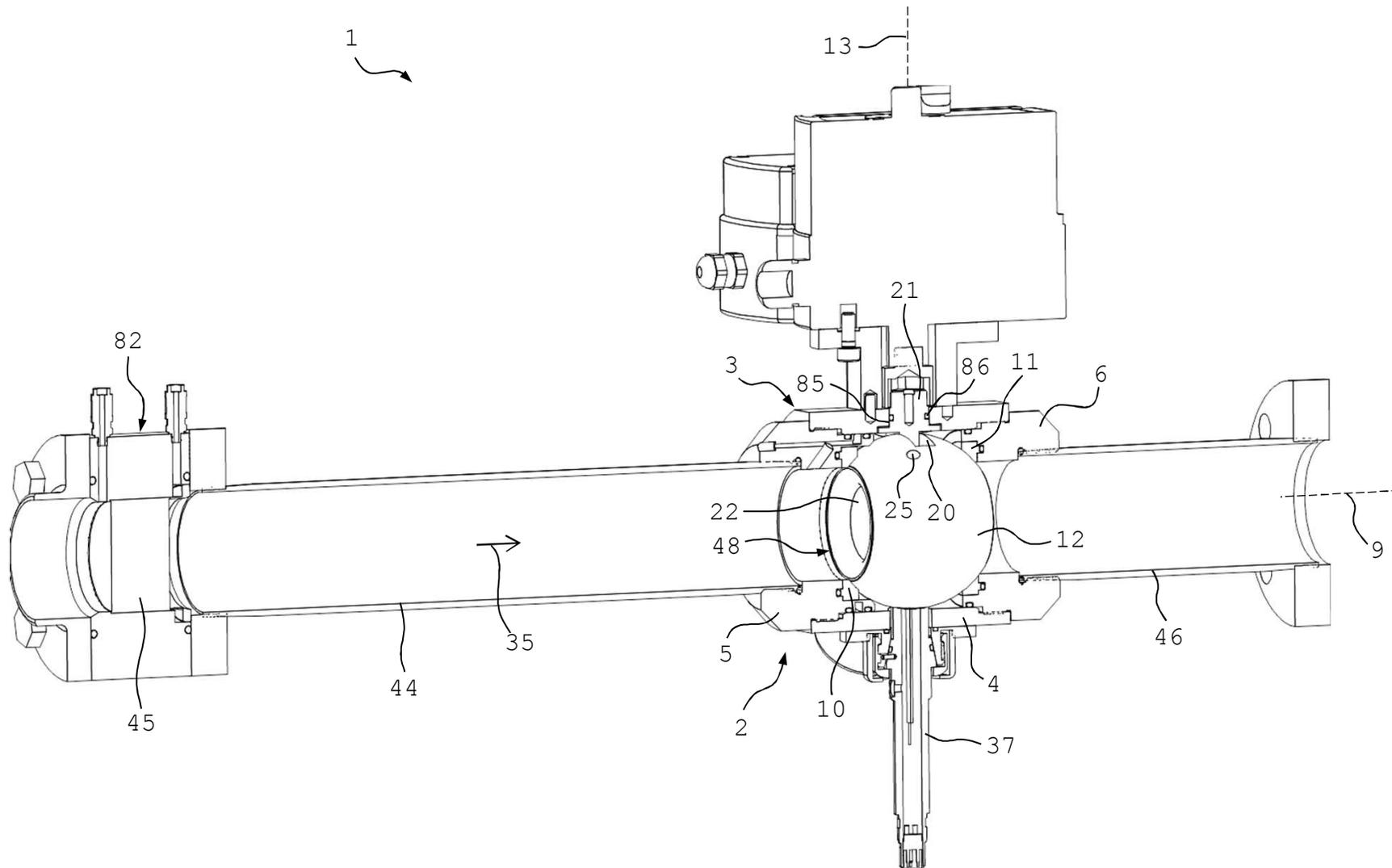


Fig. 2

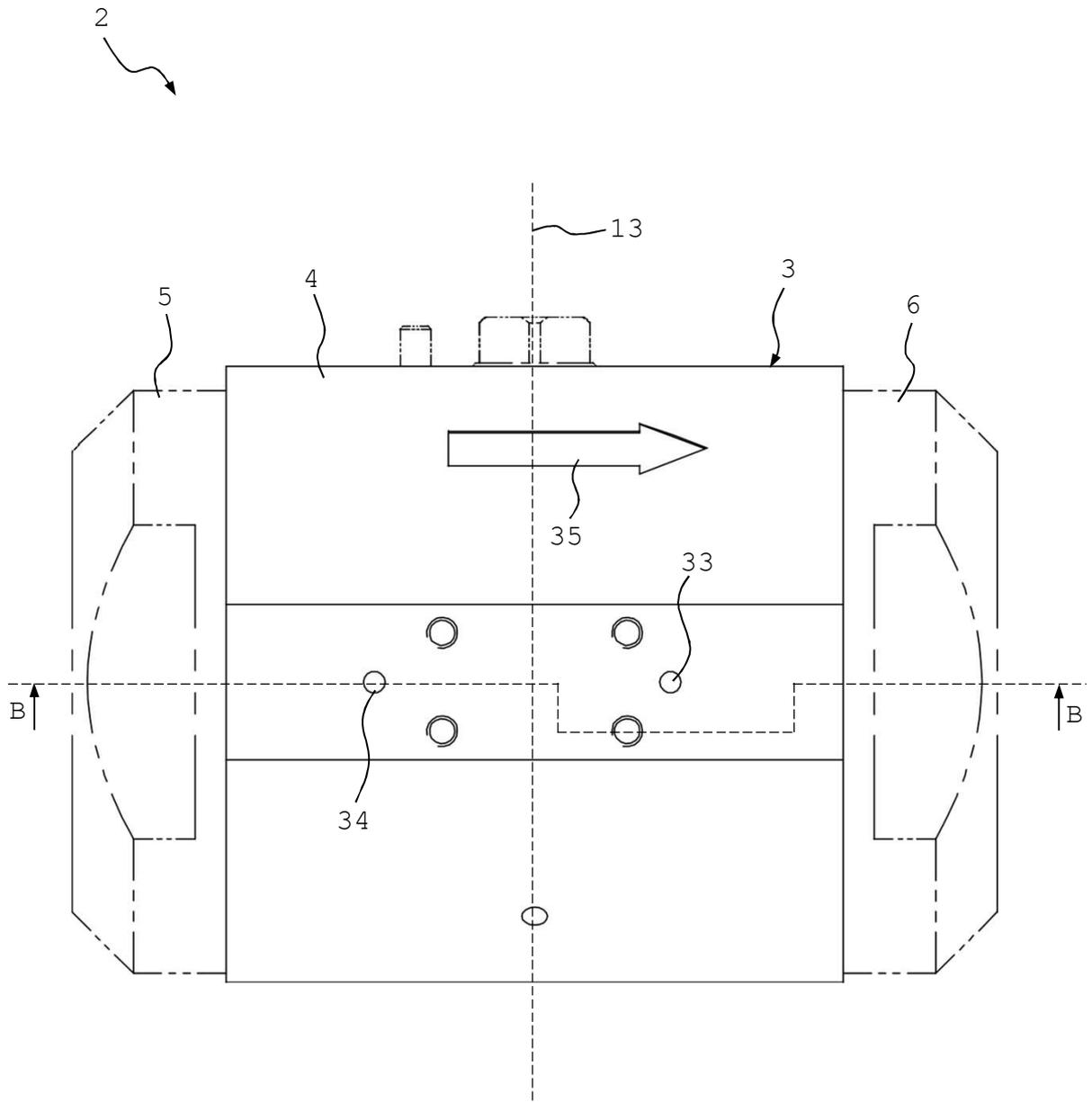


Fig. 3

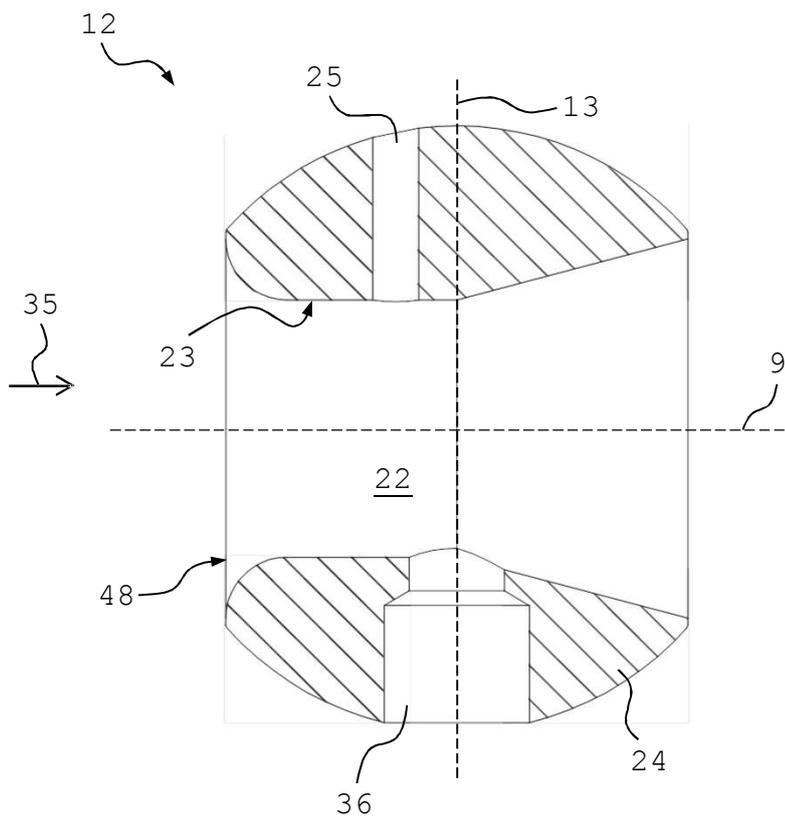


Fig. 5

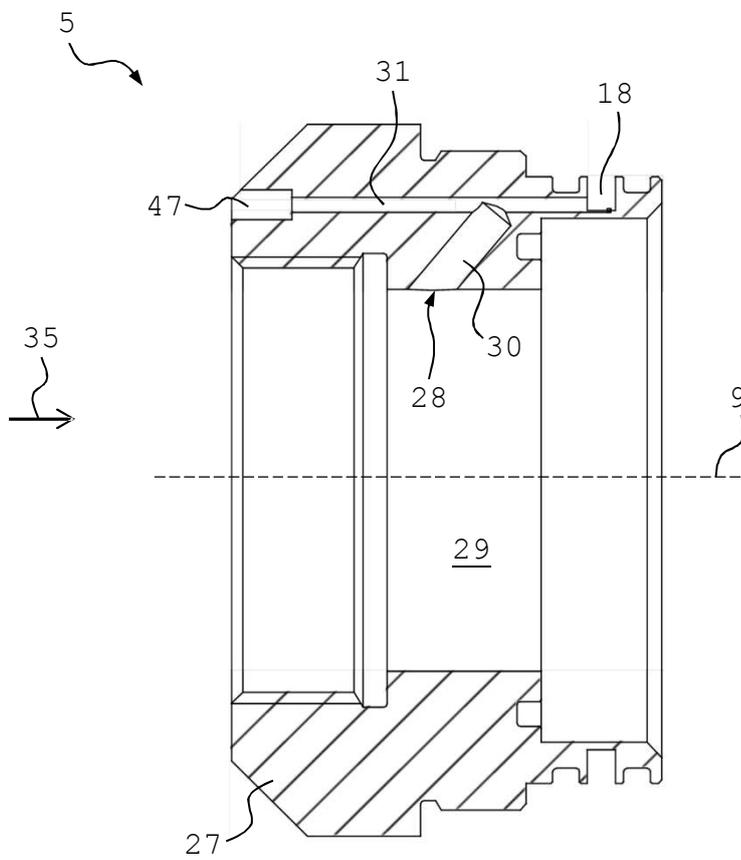


Fig. 6

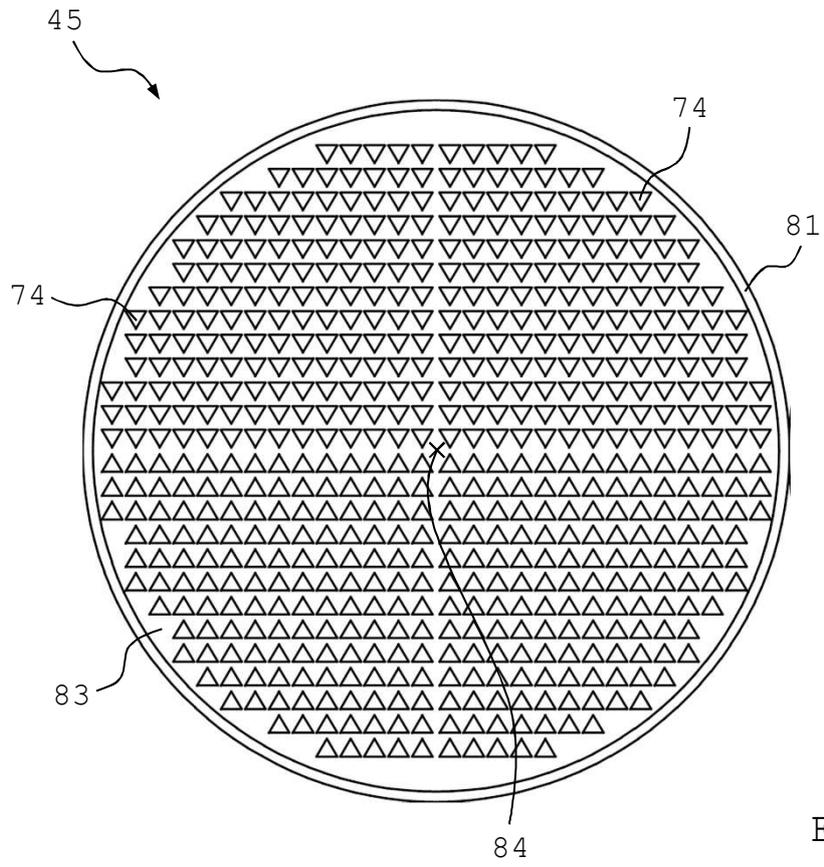


Fig. 7

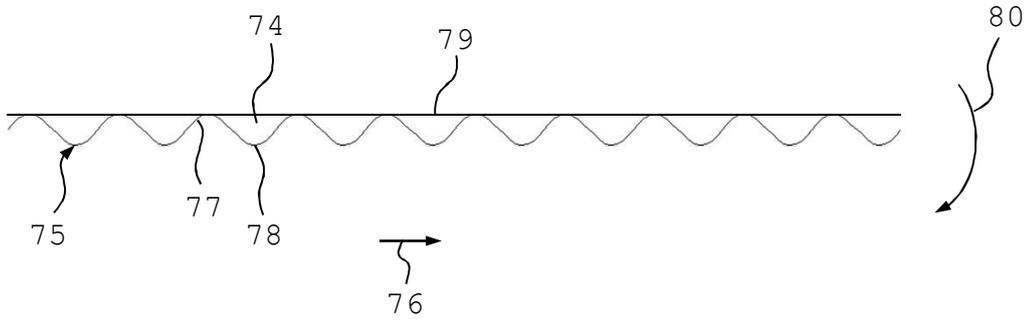


Fig. 8

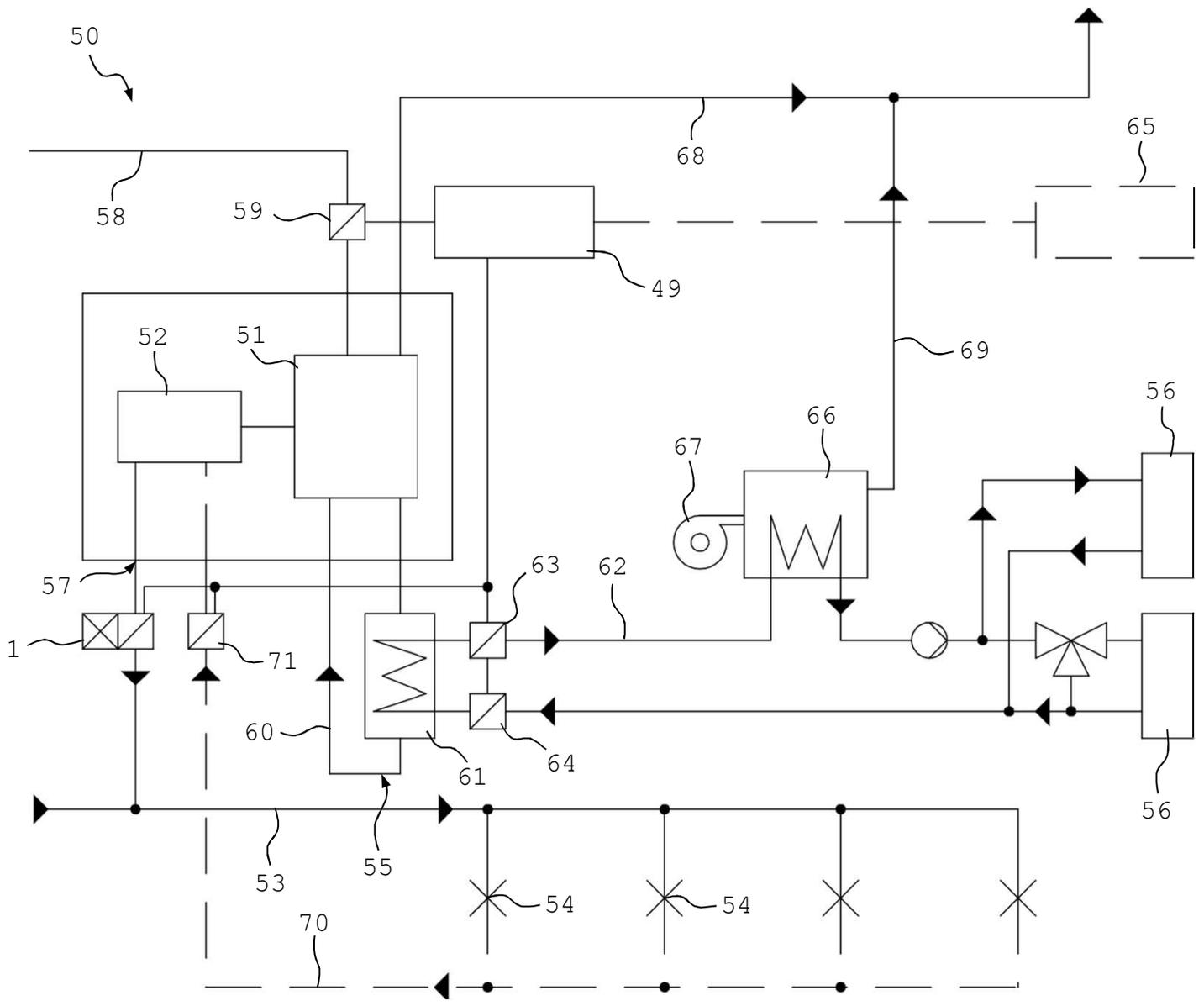


Fig. 9

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

(19) Weltorganisation für geistiges
Eigentum

Internationales Büro

(43) Internationales
Veröffentlichungsdatum
26. Juli 2012 (26.07.2012)



(10) Internationale Veröffentlichungsnummer
WO 2012/098084 A1

- (51) Internationale Patentklassifikation:
G01F 15/18 (2006.01) *F16L 55/46* (2006.01)
G01N 27/28 (2006.01) *F16L 41/00* (2006.01)
F16L 41/16 (2006.01)
- (72) Erfinder; und
(75) Erfinder/Anmelder (nur für US): **POSTBERG, Hans-Jürgen** [DE/DE]; Kurstraße 2 / III, 61231 Bad Nauheim (DE).
- (21) Internationales Aktenzeichen: PCT/EP2012/050585 (74) Anwalt: **BOSSMEYER, Jörg, Peter**; Wassermannstraße 25, 49074 Osnabrück (DE).
- (22) Internationales Anmeldedatum:
16. Januar 2012 (16.01.2012) (81) Bestimmungsstaaten (soweit nicht anders angegeben, für jede verfügbare nationale Schutzrechtsart): AE, AG, AL, AM, AO, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BH, BR, BW, BY, BZ, CA, CH, CL, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DK, DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IS, JP, KE, KG, KM, KN, KP, KR, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LT, LU, LY, MA, MD, ME, MG, MK, MN, MW, MX, MY, MZ, NA, NG, NI, NO, NZ, OM, PE, PG, PH, PL, PT, QA, RO, RS, RU, RW, SC, SD, SE, SG, SK, SL, SM, ST, SV, SY, TH, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, ZA, ZM, ZW.
- (25) Einreichungssprache: Deutsch
- (26) Veröffentlichungssprache: Deutsch
- (30) Angaben zur Priorität:
20 2011 000 102.4
17. Januar 2011 (17.01.2011) DE
- (71) Anmelder (für alle Bestimmungsstaaten mit Ausnahme von US): **POSTBERG + CO. DRUCKLUFT-CONTROLLING GMBH** [DE/DE]; Emilienstraße 37, 34121 Kassel (DE).

[Fortsetzung auf der nächsten Seite]

(54) Title: DEVICE FOR INTRODUCING AN OBJECT INTO A PIPE

(54) Bezeichnung : VORRICHTUNG ZUM EINFÜHREN EINES GEGENSTANDS IN EINE ROHRLEITUNG

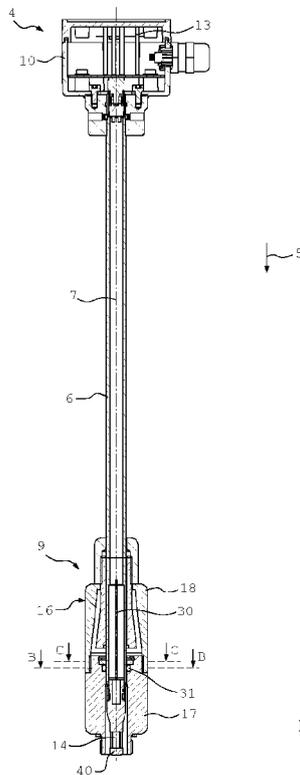


Fig. 3

(57) Abstract: The invention relates to a device for introducing an object into a pipe, comprising a guide (3) that is securely fixed to the pipe (2) or is formed by the latter and a positioning unit (4) that is movably guided on the pipe (2) in an introduction direction (5) by means of the guide (3) and that carries the object (14) or forms said object. The object can be introduced into the pipe (2) by moving the positioning device (4) in the introduction direction (5), said positioning device (4) being connected to the pipe (2) with the interconnection of a linear one-way clutch (9) which adopts a blocked state when the positioning device (4) is moved against the introduction direction (5).

(57) Zusammenfassung: Vorrichtung zum Einführen eines Gegenstands in eine Rohrleitung, mit einer mit der Rohrleitung (2) fest verbundenen oder durch diese gebildeten Führung (3), einer mittels der Führung (3) in einer Einführrichtung (5) verschiebbar an der Rohrleitung (2) geführten und den Gegenstand (14) tragenden oder bildenden Positioniereinrichtung (4), der durch Verschieben der Positioniereinrichtung (4) in Einführrichtung (5) in die Rohrleitung (2) einführbar ist, wobei die Positioniereinrichtung (4) mit der Rohrleitung (2) unter Zwischenschaltung eines linearen Freilaufs (9) verbunden ist, der bei Verschieben der Positioniereinrichtung (4) entgegen der Einführrichtung (5) seinen Sperrzustand annimmt.



WO 2012/098084 A1



(84) Bestimmungsstaaten (soweit nicht anders angegeben, für jede verfügbare regionale Schutzrechtsart): ARIPO (BW, GH, GM, KE, LR, LS, MW, MZ, NA, RW, SD, SL, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), eurasisches (AM, AZ, BY, KG, KZ, MD, RU, TJ, TM), europäisches (AL, AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HR, HU, IE, IS, IT, LT, LU, LV, MC, MK, MT, NL, NO, PL, PT, RO, RS, SE, SI, SK, SM, TR), OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, ML, MR, NE, SN, TD, TG).

Erklärungen gemäß Regel 4.17:

- hinsichtlich der Identität des Erfinders (Regel 4.17 Ziffer i)

- hinsichtlich der Berechtigung des Anmelders, ein Patent zu beantragen und zu erhalten (Regel 4.17 Ziffer ii)
- Erfindererklärung (Regel 4.17 Ziffer iv)

Veröffentlicht:

- mit internationalem Recherchenbericht (Artikel 21 Absatz 3)
- vor Ablauf der für Änderungen der Ansprüche geltenden Frist; Veröffentlichung wird wiederholt, falls Änderungen eingehen (Regel 48 Absatz 2 Buchstabe h)

Vorrichtung zum Einführen eines Gegenstands in eine
Rohrleitung

Beschreibung

Die Erfindung betrifft eine Vorrichtung zum Einführen eines Gegenstands in eine Rohrleitung, mit einer mit der Rohrleitung fest verbundenen oder durch diese gebildeten Führung und einer mittels der Führung in einer Einführrichtung verschiebbar an der Rohrleitung geführten und den Gegenstand tragenden oder bildenden Positioniereinrichtung, der durch Verschieben der Positioniereinrichtung in Einführrichtung in die Rohrleitung einführbar ist.

Wird von einer Bedienperson der Gegenstand durch Verschieben der Positioniereinrichtung in Einführrichtung in die Rohrleitung eingeführt, wenn in dieser ein unter Druck stehendes Fluid, wie z.B. Druckluft, eingebracht ist, so darf die Bedienperson die Positioniereinrichtung nicht loslassen, da andernfalls die Positioniereinrichtung aufgrund des Drucks entgegen der Einführrichtung zurückgeschoben würde. Die Bedienperson muss daher die Positioniereinrichtung solange gegen den von dem Fluid ausgeübten Druck festhalten, bis sie in der gewünschten Position an der Rohrleitung befestigt worden ist. Diese Tätigkeit ist für die Bedienperson mühsam

und erschwert das Einbringen des Gegenstands in die Rohrleitung.

Ausgehend hiervon liegt der Erfindung die Aufgabe zugrunde, bei einer Vorrichtung der eingangs genannten Art das Einführen des Gegenstands in die Rohrleitung zu erleichtern, in die ein unter Druck stehendes Fluid eingebracht ist.

Diese Aufgabe wird erfindungsgemäß mit einer Vorrichtung nach Anspruch 1 gelöst. Bevorzugte Weiterbildungen der Erfindung sind in den Unteransprüchen gegeben.

Die erfindungsgemäße Vorrichtung zum Einführen eines Gegenstands in eine Rohrleitung umfasst eine mit der Rohrleitung fest verbundene oder durch diese gebildete Führung und eine mittels der Führung in einer Einführrichtung verschiebbar an der Rohrleitung geführte und den Gegenstand tragende oder bildende Positioniereinrichtung, der durch Verschieben der Positioniereinrichtung in Einführrichtung in die Rohrleitung einführbar ist, wobei die Positioniereinrichtung mit der Rohrleitung unter Zwischenschaltung eines linearen Freilaufs verbunden ist, der bei Verschieben der Positioniereinrichtung entgegen der Einführrichtung seinen Sperrzustand annimmt.

Durch den linearen Freilauf ist ein Verschieben der Positioniereinrichtung in die der Einführrichtung entgegengesetzte Richtung blockiert oder blockierbar. Somit darf eine Bedienungsperson die Positioniereinrichtung beim Einführen des Gegenstands in die Rohrleitung loslassen, ohne dass die Gefahr besteht, dass die Positioniereinrichtung

aufgrund des Drucks entgegen der Einführrichtung zurückgeschoben wird. Der lineare Freilauf bildet somit eine Rückschlagsicherung für die Positioniereinrichtung. Bei Verschieben der Positioniereinrichtung in Einführrichtung nimmt der Freilauf hingegen insbesondere seinen Freilaufzustand an. Somit wird ein Verschieben der Positioniereinrichtung in Einführrichtung von dem Freilauf zugelassen.

Gemäß einer Weiterbildung der Erfindung umfasst der Freilauf eine betätigbare Freigabeeinrichtung, mittels welcher der Sperrzustand deaktivierbar ist. Insbesondere ist es möglich, durch eine Betätigung der Freigabeeinrichtung die Positioniereinrichtung entgegen der Einführrichtung zu verschieben. Somit kann der Gegenstand aus der Rohrleitung herausgeführt werden, beispielsweise zum Zwecke der Reparatur, der Wartung oder des Austauschs.

Gemäß einer Ausgestaltung der Erfindung umfasst die Führung und/oder der Freilauf eine Feststelleinrichtung, mittels welcher die Positioniereinrichtung an der Rohrleitung fixierbar ist. Somit ist es möglich, den Gegenstand in einer gewünschten Position in der Rohrleitung zu fixieren, ohne dass ein weiteres Einschieben des Gegenstands in die Rohrleitung möglich ist. Die Feststelleinrichtung ist vorzugsweise lösbar, sodass der Gegenstand im gelösten Zustand der Feststelleinrichtung in Einführrichtung verschiebbar ist. Bevorzugt ist oder wird die Feststelleinrichtung im betätigten Zustand der Freigabeeinrichtung gelöst, sodass der Gegenstand aus der Rohrleitung herausgeführt werden kann. Vorteilhaft sind die

Freigabeeinrichtung und die Feststelleinrichtung derart miteinander gekoppelt, dass die Feststelleinrichtung im betätigten Zustand der Freigabeeinrichtung gelöst ist.

Der Freilauf kann im Sperrzustand formschlüssig mit der Positioniereinrichtung in Eingriff stehen. In diesem Fall ist der Freilauf z.B. in Form eines Klinkenfreilaufs ausgebildet. Vorzugsweise ist der Freilauf aber als Klemmfreilauf ausgebildet, sodass eine stufenlose Positionierung der Positioniereinrichtung möglich ist. Insbesondere umfasst der Freilauf einen Klemmmechanismus, der vorzugsweise durch Verschieben der Positioniereinrichtung betätigt wird oder werden kann.

Der Freilauf ist insbesondere fest mit der Führung und/oder mit der Rohrleitung verbunden. Ferner kann der Freilauf getrennt von der Führung vorgesehen sein. Gemäß einer Alternative umfasst die Führung den Freilauf und/oder der Freilauf und die Führung sind kombiniert miteinander ausgebildet, sodass insbesondere ein kompakterer Aufbau der erfindungsgemäßen Vorrichtung erzielbar ist. Ferner ist es möglich, dass der Freilauf die Führung bildet.

Gemäß einer Ausgestaltung der Erfindung umfasst die Positioniereinrichtung eine in die Rohrleitung in Einführrichtung einschiebbare Aufnahme, an deren der Rohrleitung zugewandtem Endbereich der Gegenstand angeordnet ist. Insbesondere ist die Aufnahme länglich, bevorzugt in Einführrichtung länglich ausgebildet. Vorzugsweise umfasst die Aufnahme ein Rohr oder ist als Rohr ausgebildet, sodass insbesondere an den Gegenstand angeschlossene elektrische

Leitungen durch den Innenraum des Rohrs hindurchgeführt werden können. Somit ist es vermeidbar, derartige Leitungen am Außenumfang der Aufnahme zu verlegen, was zu Dichtigkeitsproblemen führen könnte. Bevorzugt ist die Positioniereinrichtung mittels der Aufnahme an oder in der Führung in Einführrichtung verschiebbar geführt, wobei die Aufnahme vorteilhaft gegenüber der Führung abgedichtet ist, beispielsweise mittels eines oder wenigstens eines Dichtungsringes.

Gemäß einer Ausgestaltung der Erfindung umfasst die Positioniereinrichtung eine mit dem Freilauf in Wirkverbindung stehende Sicherungskomponente. Die Sicherungskomponente dient insbesondere dazu, die Positioniereinrichtung im Sperrzustand des Freilaufs an dem Freilauf festzuhalten, sodass eine Bewegung der Positioniereinrichtung entgegen der Einführrichtung blockiert ist. Bevorzugt weist die Sicherungskomponente, zumindest im Bereich des Freilaufs, in Längsrichtung einen konstanten oder im Wesentlichen konstanten Außenumfang oder Durchmesser auf. Vorzugsweise weist die Sicherungskomponente, zumindest im Bereich des Freilaufs, eine zylindrische oder im Wesentlichen zylindrische Außenumfangsfläche auf.

Gemäß einer ersten Variante der Erfindung ist die Sicherungskomponente durch die Aufnahme gebildet. Hierdurch ergibt sich ein besonders kompakter Aufbau der erfindungsgemäßen Vorrichtung. Gemäß einer anderen Variante der Erfindung ist die Sicherungskomponente fest mit der Aufnahme verbunden. In diesem Fall ist die Sicherungskomponente insbesondere zusätzlich zu der Aufnahme

vorgesehen und bildet bevorzugt ein separates Bauteil. Somit kann z.B. eine herkömmliche Vorrichtung zum Einführen eines Gegenstands in erfindungsgemäßer Weise nachgerüstet werden. Die Sicherungskomponente ist z.B. durch ein oder wenigstens ein Zugmittel, beispielsweise durch ein oder wenigstens ein Seil, gebildet, welches vorzugsweise fest mit der Aufnahme verbunden ist. Die Ausbildung der Sicherungskomponente als Seil bietet den Vorteil, dass sie bei einem großen Durchmesser der Rohrleitung flexibel an dieser vorbeigeführt werden kann.

Gemäß einer Weiterbildung der Erfindung umfasst der Freilauf ein Gehäuse, durch welches sich die Sicherungskomponente in einer Längsrichtung hindurch erstreckt. Insbesondere ist in dem Gehäuse eine oder wenigstens eine in Längsrichtung schräg oder gekrümmt verlaufende Klemmfläche vorgesehen, wobei zwischen der Klemmfläche und der Sicherungskomponente wenigstens ein bewegbares Klemmelement angeordnet ist, welches sowohl an der Sicherungskomponente als auch an der Klemmfläche anliegt. Hierdurch ist eine Realisierungsmöglichkeit des linearen Freilaufs als Klemmfreilauf geschaffen. Insbesondere ist die Sicherungskomponente in Längsrichtung relativ zu dem Gehäuse verschiebbar, wohingegen eine Verschiebung der Sicherungskomponente in einer der Längsrichtung entgegengesetzten Richtung durch ein Zusammenwirken des Klemmelements mit der Sicherungskomponente und der Klemmfläche blockiert oder blockierbar ist. Der Abstand zwischen der Klemmfläche und der Sicherungskomponente nimmt insbesondere in Längsrichtung zu. Gemäß einer Weiterbildung der Erfindung ist die Klemmfläche durch eine in Längsrichtung

konische Innenumfangsfläche des Gehäuses gebildet. Bevorzugt verjüngt sich die Klemmfläche in einer der Längsrichtung entgegengesetzten Richtung. Die Längsrichtung verläuft vorteilhaft in Einführrichtung und/oder fällt mit dieser zusammen.

Bevorzugt ist in dem Gehäuse eine verschiebbare Hülse angeordnet, in welcher das Klemmelement gelagert ist und durch welche sich die Sicherungskomponente in Längsrichtung hindurch erstreckt. Die Hülse ist insbesondere in Längsrichtung und/oder entgegen der Längsrichtung relativ zu dem Gehäuse verschiebbar. Bevorzugt ist ferner die Sicherungskomponente relativ zu der Hülse in Längsrichtung verschiebbar. Vorteilhaft ist in der Wandung der Hülse ein oder wenigstens ein sich quer oder schräg zur Längsrichtung erstreckendes Durchgangsloch vorgesehen, in welchem das Klemmelement einliegt. Bevorzugt folgt die Außenumfangsfläche der Hülse zumindest bereichsweise dem Verlauf der Klemmfläche. Bei einer Verschiebung der Sicherungskomponente relativ zu dem Gehäuse entgegen der Längsrichtung nimmt die Sicherungskomponente aufgrund von Reibung insbesondere die Hülse zusammen mit dem Klemmelement mit, bis dieses zwischen der Sicherungskomponente und der Klemmfläche eingeklemmt wird und dadurch ein weiteres Verschieben der Sicherungskomponente entgegen der Längsrichtung reibschlüssig verhindert. Dieser Zustand entspricht dem Sperrzustand des Freilaufs. Bei einer Verschiebung der Sicherungskomponente relativ zu dem Gehäuse in Längsrichtung nimmt die Sicherungskomponente aufgrund von Reibung insbesondere die Hülse und das Klemmelement mit, bis sich dieses quer oder schräg zur Längsrichtung bewegen kann und/oder bis das Klemmelement nicht mehr zwischen der

Sicherungskomponente und der Klemmfläche eingeklemmt ist. Hierdurch wird die Sicherungskomponente freigegeben, sodass diese relativ zu dem Gehäuse in Längsrichtung verschoben werden kann. Dieser Zustand entspricht dem Freilaufzustand des Freilaufs.

Gemäß einer Weiterbildung der Erfindung ist die Hülse mittels einer Feder vorgespannt, sodass das Klemmelement sowohl gegen die Sicherungskomponente als auch gegen die Klemmfläche gedrückt wird. Bevorzugt ist die Hülse mittels der Feder axial und/oder in einer der Längsrichtung entgegengesetzten Richtung vorgespannt. Hierdurch kann sichergestellt werden, dass der Freilauf mittels der Sicherungskomponente stets von dem Freilaufzustand in den Sperrzustand umgeschaltet werden kann. Dies gilt insbesondere unabhängig von der Lage der Positioniereinrichtung zu der Rohrleitung. Der Freilauf bietet somit inhärente Sicherheit. Liegt das Klemmelement nicht an der Sicherungskomponente an, besteht die Gefahr, dass der Sperrzustand nicht sicher erreicht werden kann.

Gemäß einer Ausgestaltung der Erfindung sind in der Hülse ein oder mehrere, vorzugsweise drei, Klemmelemente gelagert, die jeweils sowohl an der Sicherungskomponente als auch an der Klemmfläche anliegen. Somit ist neben einer gleichmäßigen Klemmung im Sperrzustand auch eine gute Führung der Sicherungskomponente im Freilauf erzielbar. Ist jedes der Klemmelemente ferner als Kugel ausgebildet, wird durch die Klemmelemente ein Kugellager geschaffen, mittels welchem die Sicherungskomponente in dem Freilauf, vorzugsweise drehbar, gelagert ist.

Ist die Sicherungskomponente durch die Aufnahme gebildet, kann ein innerer Bereich des Freilaufs noch unter Druck stehen, wenn die Aufnahme aus dem Freilauf herausgeführt werden soll. Bevorzugt umfasst der Freilauf daher ein Entlüftungsventil, mittels welchem der innere Bereich entlüftet werden kann. Das Entlüftungsventil ist insbesondere an dem Gehäuse des Freilaufs befestigt. Vorzugsweise umfasst das Entlüftungsventil ein Betätigungselement, mittels welchem eine gasdurchlässige Verbindung von dem inneren Bereich zu der Umgebung oder zu einer Entlüftungskammer hin freigebbar ist, sodass der innere Bereich entlüftet werden kann. Im nicht betätigten Zustand des Betätigungselements ist das Entlüftungsventil hingegen bevorzugt gasundurchlässig. Gemäß einer Weiterbildung der Erfindung umfasst das Entlüftungsventil ferner eine Druckanzeige, mittels welcher angezeigt werden kann, ob der innere Bereich unter Druck steht. Die Druckanzeige kann durch das Betätigungselement gebildet sein.

Der Gegenstand ist oder wird bevorzugt in der Mitte der Rohrleitung positioniert. Der Ausdruck „Mitte“ bezieht sich insbesondere auf den Querschnitt der Rohrleitung. Somit können durch die Innenwandung der Rohrleitung hervorgerufene Störeinflüsse auf die Messung reduziert werden. Dies ist insbesondere dann wünschenswert, wenn die Rohrleitung einen relativ kleinen Innendurchmesser, beispielsweise eine Nennweite von 40 mm bis 100 mm, aufweist.

Gemäß einer Weiterbildung der Erfindung ist an der Aufnahme ein Justierelement verschiebbar geführt, an dem ein Endanschlag vorgesehen ist, der durch Verschieben des

Justierelements relativ zu der Aufnahme mit einer Gegenfläche der Aufnahme zur Anlage gebracht werden kann, wobei das Justierelement mit der Rohrleitung unter Zwischenschaltung eines zusätzlichen linearen Freilaufs verbunden ist. Vorzugsweise ist das Justierelement in Einführrichtung verschiebbar an der Aufnahme geführt und kann durch Verschieben in Einführrichtung relativ zu der Aufnahme mit seinem Endanschlag mit der Gegenfläche zur Anlage gebracht werden. Insbesondere nimmt der zusätzliche Freilauf bei Verschieben des Justierelements entgegen der Einführrichtung seinen Sperrzustand an. Die Freiläufe sind vorzugsweise gleichartig aufgebaut. Der zusätzliche lineare Freilauf weist insbesondere eine betätigbare Freigabeeinrichtung auf, mittels welcher der Sperrzustand des zusätzlichen Freilaufs deaktivierbar ist. Gemäß dieser Weiterbildung der Erfindung ist es möglich, den Gegenstand selbst dann in einer gewünschten Position in der Rohrleitung zu positionieren, wenn der Innendurchmesser und/oder die Wandstärke der Rohrleitung unbekannt sind. Dazu wird in einem ersten Schritt die Aufnahme in Einführrichtung derart weit in die Rohrleitung eingeschoben, bis der Gegenstand mit seinem der Rohrleitung zugewandtem Endbereich oder die Aufnahme mit ihrem der Rohrleitung zugewandtem Endbereich an der Innenwandung der Rohrleitung anliegt. Danach wird in einem zweiten Schritt der Sperrzustand des (ersten) Freilaufs deaktiviert und die Aufnahme entgegen der Einführrichtung verschoben, bis der Endanschlag an der Gegenfläche der Aufnahme anliegt. Ein weiteres Verschieben der Aufnahme entgegen der Einführrichtung wird nun blockiert, da der zusätzliche Freilauf seinen Sperrzustand annimmt. Wird der Weg, um den die Aufnahme im ersten Schritt verschoben wird,

gemessen, und wird ferner der Außendurchmesser der Rohrleitung gemessen, so lässt sich aus den gemessenen Größen der Innendurchmesser der Rohrleitung bestimmen. Da der Gegenstand mit seinem rohrleitungsseitigen Endbereich an der Innenwandung der Rohrleitung anliegt oder die Aufnahme mit ihrem rohrleitungsseitigen Endbereich an der Innenwandung der Rohrleitung anliegt und die Position des Gegenstands relativ zu diesem Endbereich bekannt ist, lässt sich auch der Abstand zwischen dem Gegenstand und der gewünschten Position bestimmen. Bevorzugt wird das Justierelement zwischen dem ersten Schritt und dem zweiten Schritt relativ zu der Aufnahme derart weit verschoben, dass der Endanschlag zu der Gegenfläche den zuvor bestimmten Abstand aufweist, sodass der Gegenstand im zweiten Schritt in die gewünschte Position überführt wird. Die gewünschte Position ist vorzugsweise die Mitte der Rohrleitung. Das Justierelement ist z.B. durch ein Zugmittel, beispielsweise durch ein Seil, gebildet. Die Ausbildung des Justierelements als Seil bietet den Vorteil, dass es bei einem großen Durchmesser der Rohrleitung flexibel an dieser vorbeigeführt werden kann.

In die Rohrleitung ist insbesondere ein unter Druck stehendes Fluid eingebracht. Bei dem unter Druck stehenden Fluid handelt es sich z.B. um Druckluft oder um ein anderes unter Druck stehendes Fluid. Der Druck liegt beispielsweise zwischen 6 bis 8 bar, kann aber auch bis zu 16 bar oder mehr betragen. Gemäß einer Ausgestaltung der Erfindung strömt das Fluid in der Rohrleitung.

Der Gegenstand ist vorzugsweise ein körperlicher Gegenstand. Beispielsweise ist der Gegenstand ein elektrisches Bauelement.

Gemäß einer Ausgestaltung der Erfindung ist oder umfasst der Gegenstand einen oder wenigstens einen Messwertgeber. Insbesondere ist oder umfasst die Positioniereinrichtung eine oder wenigstens eine Messeinrichtung. In diesem Fall kann die Aufnahme auch als Sensoraufnahme bezeichnet werden. Mittels des Gegenstands oder des Messwertgebers ist bevorzugt eine oder wenigstens eine physikalische Eigenschaft des in die Rohrleitung eingebrachten Fluids messbar. Bevorzugt ist mittels des Gegenstands oder des Messwertgebers ein oder wenigstens ein diese Eigenschaft charakterisierendes Signal abgebbar, welches vorteilhaft ein elektrisches Signal ist. Die physikalische Eigenschaft des Fluids umfasst z.B. den Druck und/oder die Temperatur und/oder die Feuchtigkeit und/oder die Strömungsgeschwindigkeit und/oder die Strömungsrichtung des Fluids, insbesondere am Ort des Gegenstands oder des Messwertgebers. Der Messwertgeber umfasst bevorzugt wenigstens einen Drucksensor und/oder wenigstens einen Strömungssensor und/oder wenigstens einen Temperatursensor und/oder wenigstens einen Feuchtigkeitssensor und/oder wenigstens einen Strömungsrichtungssensor und/oder andere Sensoren. Der Messwertgeber und/oder die Sensoren sind vorteilhaft jeweils als Stabsensor ausgebildet.

Ergänzend oder alternativ ist oder umfasst der Gegenstand insbesondere einen oder wenigstens einen Probenentnehmer, mittels welchem eine oder wenigstens eine Probe des in die

Rohrleitung eingebrachten Fluids entnehmbar ist. Die Positioniereinrichtung ist oder umfasst in diesem Fall vorzugsweise eine oder wenigstens eine Proben-Entnahmeeinrichtung. Der Probenentnehmer ist z.B. durch einen verschließbaren Behälter gebildet.

Die Positioniereinrichtung, insbesondere die Aufnahme, ist vorzugsweise mittels wenigstens einer Dichtung gegenüber der Führung und/oder dem Freilauf abgedichtet. Somit kann ein Austreten des Fluids an der Schnittstelle zwischen der Aufnahme und der Führung und/oder dem Freilauf verhindert werden. Die Dichtung bildet bevorzugt einen Dichtungsring, der insbesondere in einem an der Führung und/oder dem Freilauf vorgesehenen Bett einliegt und dichtend an der Außenumfangsfläche der Aufnahme anliegt.

Die Aufnahme kann eine kreisförmige Außenumfangskontur aufweisen. Gemäß einer Weiterbildung der Erfindung weist die Aufnahme eine von der Kreisform abweichende Außenumfangskontur auf, die mit einer von der Kreisform abweichenden Innenumfangskontur der Führung und/oder des Freilaufs als Verdrehsicherung zusammenwirkt. Insbesondere folgt dabei die von der Kreisform abweichende Innenumfangskontur der Führung und/oder des Freilaufs der von der Kreisform abweichenden Außenumfangskontur der Aufnahme. Ferner folgt der Dichtungsring bevorzugt der von der Kreisform abweichenden Außenumfangskontur der Aufnahme. Der Dichtungsring besteht insbesondere aus einem flexiblen Material. Vorzugsweise ist auch das Bett des Dichtungsringes mit einer von der Kreisform abweichenden Innenumfangskontur versehen, die der von der Kreisform abweichenden

Außenumfangskontur der Aufnahme folgt. Somit kann trotz der von der Kreisform abweichenden Konturen eine ausreichende Dichtigkeit mittels des Dichtungsringes erzielt werden. Die von der Kreisform abweichenden Konturen basieren vorzugsweise jeweils auf einer Kreisform, die mit einer Abflachung versehen ist.

Gemäß einer Weiterbildung der Erfindung umfasst die Führung ein Absperrventil. Somit ist es möglich, im demontierten Zustand der Positioniereinrichtung ein Austreten des Fluids durch die Führung zu vermeiden.

Die Führung kann durch die Rohrleitung gebildet oder an dieser befestigt sein. Insbesondere ist die Führung an der Rohrleitung angeflanscht. Alternativ kann die Führung aber auch mittels einer Schelle an der Rohrleitung befestigt sein.

Die Positioniereinrichtung erstreckt sich bevorzugt durch die Wandung der Rohrleitung hindurch. Dafür ist in der Wandung der Rohrleitung insbesondere ein Loch vorgesehen, durch welches sich die Positioniereinrichtung hindurch erstreckt. Vorzugsweise ist die Positioniereinrichtung sowohl innerhalb als auch außerhalb der Rohrleitung angeordnet.

Ist die erfindungsgemäße Vorrichtung nachträglich an einer bereits in Betrieb genommenen Rohrleitung zu installieren, besteht ein Problem darin, das Loch in die Wandung der Rohrleitung einzubringen, wenn in diese das unter Druck stehende Fluid eingebracht ist. Gemäß einem ersten Lösungsansatz wird die Rohrleitung vor dem Einbringen des Lochs in die Rohrleitungswandung abgeschaltet. Dies kann aber

zu einem wirtschaftlichen Nachteil für den Betreiber der Rohrleitung führen, da diese für die Dauer der Installation nicht nutzbar ist. Aus diesem Grund besteht der Bedarf, das Loch auch dann in die Wandung der Rohrleitung einbringen zu können, wenn in diese ein unter Druck stehendes Fluid eingebracht ist.

Gemäß einem zweiten Lösungsansatz wird die das Absperrventil umfassende Führung fest, insbesondere starr, mit der Rohrleitung verbunden, beispielsweise mittels der Schelle. Anschließend wird in die Führung ein Bohrer eingeführt, der insbesondere gegenüber der Führung angedichtet ist. Bei geöffnetem Absperrventil wird nun mittels des Bohrers das Loch in die Rohrleitungswandung eingebracht. Der Bohrer und/oder eine diesen haltende Bohrmaschine ist dabei an der Führung und/oder der Rohrleitung gesichert, sodass der Bohrer nach dem Durchdringen der Rohrleitungswandung durch das unter Druck stehende Fluid nicht vollständig aus der Führung herausgedrückt werden kann. Nachdem der Bohrer die Rohrleitungswandung durchdrungen hat, wird er teilweise aus der Führung herausgeführt, sodass das Absperrventil geschlossen werden kann. Der Bohrer sitzt dabei aber noch in der Führung und ist vorzugsweise auch noch gegenüber dieser abgedichtet. Das Absperrventil wird nun geschlossen, wonach der Bohrer und/oder die Bohrmaschine von der Führung und/oder der Rohrleitung gelöst und der Bohrer vollständig aus der Führung herausgeführt wird. Somit ist das Einbringen des Lochs in die Wandung der Rohrleitung auch dann möglich, wenn in diese ein unter Druck stehendes Fluid eingebracht ist.

Gemäß einer Ausgestaltung umfasst die Führung ein mit der Rohrleitung fest, vorzugsweise starr, verbundenes Führungsrohr, in welchem das Absperrventil angeordnet ist. Insbesondere mündet das Führungsrohr in die Rohrleitung ein. Die Positioniereinrichtung und/oder die Aufnahme ist bevorzugt in dem Führungsrohr in Einführrichtung verschiebbar geführt. Vorzugsweise erstreckt sich die Positioniereinrichtung und/oder die Aufnahme durch das Führungsrohr hindurch, insbesondere im geöffneten Zustand des Absperrventils. Zum Sperren des Absperrventils wird die Positioniereinrichtung und/oder die Aufnahme bevorzugt teilweise aus dem Führungsrohr herausgeführt, insbesondere entgegen der Einführrichtung, bis das Absperrventil betätigbar ist. Das Absperrventil kann nun in seinen gesperrten Zustand überführt werden.

Gemäß einer anderen Ausgestaltung umfasst die Führung ein mit der Rohrleitung fest, insbesondere starr, verbundenes erstes Gelenkteil und ein an diesem schwenkbar gelagertes zweites Gelenkteil, welches zusammen mit dem ersten Gelenkteil das Absperrventil bildet. Das Absperrventil ist durch Schwenken des zweiten Gelenkteils betätigbar und bildet insbesondere ein Schwenklager. Die Gelenkteile umfassen jeweils ein Durchführungsloch, wobei die Durchführungs Löcher in einem geöffneten Zustand des Absperrventils miteinander fluchten und bevorzugt strömungsleitend miteinander verbunden sind. Jedes der Durchführungs Löcher erstreckt sich vorteilhaft durch das jeweilige Gelenkteil hindurch. Insbesondere mündet das Durchführungsloch des ersten Gelenkteils in die Rohrleitung ein. Ausgehend vom geöffneten Zustand kann das Absperrventil durch Schwenken des zweiten Gelenkteils in den

gesperrten Zustand überführt werden, in dem die Durchführungs Löcher nicht miteinander fluchten und bevorzugt auch keine strömungsleitende Verbindung miteinander aufweisen. Durch Schwenken des zweiten Gelenkteils in die entgegengesetzte Richtung kann das Absperrventil ausgehend vom gesperrten Zustand wieder in den geöffneten Zustand überführt werden. Im gesperrten Zustand des Absperrventils sind die Durchführungs Löcher insbesondere gegeneinander abgedichtet, vorzugsweise durch die Gelenkteile und/oder durch eine Dichtung. Bevorzugt umfasst das erste Gelenkteil einen Dichtungsring, der um das Durchführungsloch des ersten Gelenkteils herum verläuft und an dem zweiten Gelenkteil anliegt. Vorteilhaft bildet der Dichtungsring die vorgenannte Dichtung. Insbesondere liegt der Dichtungsring sowohl im geöffneten Zustand als auch im gesperrten Zustand des Absperrventils dichtend an beiden Gelenkteilen an. Gemäß dieser Ausgestaltung ist die Führung in Einführrichtung besonders kompakt ausbildbar. Insbesondere baut die Führung in Einführrichtung besonders kurz, sodass auch die Positioniereinrichtung und/oder die Aufnahme in Einführrichtung besonders kurz ausgebildet werden kann. Der Freilauf ist bevorzugt fest, insbesondere starr, mit dem zweiten Gelenkteil verbunden. Vorzugsweise ist der Freilauf mit dem zweiten Gelenkteil verschraubt.

Die Positioniereinrichtung und/oder die Aufnahme ist bevorzugt in dem Durchführungsloch des zweiten Gelenkteils und/oder in zumindest einem der Durchführungs Löcher und/oder in den Durchführungs Löchern in Einführrichtung verschiebbar geführt. Vorzugsweise erstreckt sich die Positioniereinrichtung und/oder die Aufnahme durch die

Durchführungslöcher hindurch, insbesondere im geöffneten Zustand des Absperrventils. Zum Sperren des Absperrventils wird die Positioniereinrichtung und/oder die Aufnahme bevorzugt aus dem Durchführungsloch des ersten Gelenkteils herausgeführt, insbesondere entgegen der Einführrichtung, bis das zweite Gelenkteil schwenkbar ist.

Vorteilhaft ist das Durchführungsloch des zweiten Gelenkteils im gesperrten Zustand des Absperrventils zu einer Lagerfläche des ersten Gelenkteils hin offen, an welcher das zweite Gelenkteil anliegt. Bevorzugt kann somit eine automatische Entlüftung des zweiten Gelenkteils erfolgen, da die Lagerfläche des ersten Gelenkteils das Durchgangsloch des zweiten Gelenkteils insbesondere nicht gegenüber der Umgebung abdichtet. Somit kann auf ein separates Entlüftungsventil verzichtet werden. Ist der Freilauf mit dem zweiten Gelenkteil verbunden, kann zusammen mit der Entlüftung des zweiten Gelenkteils auch eine Entlüftung des Freilaufs erfolgen.

Die Erfindung wird nachfolgend anhand bevorzugter Ausführungsformen unter Bezugnahme auf die Zeichnung beschrieben. In der Zeichnung zeigen:

Fig. 1 eine perspektivische Darstellung einer Vorrichtung gemäß einer ersten Ausführungsform der Erfindung,

Fig. 2 eine perspektivische Darstellung einer Messeinrichtung und eines Freilaufs gemäß der ersten Ausführungsform,

- Fig. 3 einen Längsschnitt durch die Messeinrichtung und durch den Freilauf gemäß der ersten Ausführungsform entlang der aus Fig. 2 ersichtlichen Schnittlinie A-A,
- Fig. 4 einen Längsschnitt durch den Freilauf gemäß der ersten Ausführungsform,
- Fig. 5 einen Querschnitt durch den Freilauf gemäß der ersten Ausführungsform entlang der aus Fig. 3 ersichtlichen Schnittlinie B-B,
- Fig. 6 einen Querschnitt durch den Freilauf gemäß der ersten Ausführungsform entlang der aus Fig. 3 ersichtlichen Schnittlinie C-C,
- Fig. 7 eine perspektivische Darstellung einer Vorrichtung gemäß einer zweiten Ausführungsform der Erfindung,
- Fig. 8 eine perspektivische Darstellung einer Vorrichtung gemäß einer dritten Ausführungsform der Erfindung,
- Fig. 9 einen Längsschnitt durch die Vorrichtung gemäß der dritten Ausführungsform,
- Fig. 10 einen Querschnitt durch den Freilauf entlang der aus Fig. 3 ersichtlichen Schnittlinie B-B gemäß einer Abwandlung der ersten Ausführungsform,

- Fig. 11 einen Querschnitt durch den Freilauf entlang der aus Fig. 3 ersichtlichen Schnittlinie C-C gemäß der Abwandlung der ersten Ausführungsform und
- Fig. 12 einen Längsschnitt durch die Messeinrichtung und durch den Freilauf gemäß einer Weiterbildung der ersten Ausführungsform entlang der aus Fig. 2 ersichtlichen Schnittlinie A-A,
- Fig. 13 eine Seitenansicht einer Vorrichtung gemäß einer vierten Ausführungsform der Erfindung in einem ungeschwenkten Zustand,
- Fig. 14 eine Schnittansicht der Vorrichtung gemäß der vierten Ausführungsform entlang der aus Fig. 13 ersichtlichen Schnittlinie D-D und
- Fig. 15 eine Seitenansicht der Vorrichtung gemäß der vierten Ausführungsform in einem geschwenkten Zustand.

Aus den Fig. 1 bis 6 sind unterschiedliche Darstellungen und Teildarstellungen einer Vorrichtung 1 gemäß einer ersten Ausführungsform der Erfindung ersichtlich, wobei an einer Rohrleitung 2 eine Führung 3 angeflanscht ist, in der eine Positioniereinrichtung in Form einer Messeinrichtung 4 in einer Einführrichtung 5 verschiebbar geführt ist. Die Messeinrichtung 4 umfasst eine rohrförmige Aufnahme 6, die auch als Sensoraufnahme bezeichnet wird und deren in Einführrichtung 5 verlaufende Mittellängsachse mit dem

Bezugszeichen 7 gekennzeichnet ist. Die Führung 3 umfasst ein Absperrventil 8 und einen linearen Freilauf 9, der ein Verschieben der Sensoraufnahme 6 in Einführrichtung 5 zulässt und ein Verschieben der Sensoraufnahme 6 in die entgegengesetzte Richtung blockiert. An ihrem der Rohrleitung 2 abgewandten Ende ist an der Sensoraufnahme 6 ein Gehäuse 10 mit zwei Griffen 11 und 12 befestigt, welches eine Messelektronik 13 umfasst, die mit einem Gegenstand in Form eines Messwertgebers 14 (siehe Fig. 3) elektrisch verbunden ist, der an dem der Rohrleitung 2 zugewandten Endbereich 40 der Sensoraufnahme 6 befestigt ist. In den Innenraum 15 der Rohrleitung 2 ist ein unter Druck stehendes Fluid, vorzugsweise Druckluft eingebracht, welches bei geöffnetem Absperrventil 8 die Messeinrichtung 4 entgegen der Einführrichtung 5 drückt. Ergreift eine Bedienperson die Griffe 11 und 12 und verschiebt die Messeinrichtung 4 in Einführrichtung 5, so wird Arbeit gegen den Druck des Fluids geleistet. Lässt die Bedienperson die Messeinrichtung 4 los, so verhindert der Freilauf 9, dass die Messeinrichtung 4 aufgrund des Drucks des Fluids entgegen der Einführrichtung 5 verschoben wird. Der zur Anflanschung der Führung 3 dienende Flansch 53 ist an der Rohrleitung 2 befestigt, vorzugsweise angeschweißt, sodass die erste Ausführungsform insbesondere für relativ hohe Drücke (z.B. 40 bar) geeignet ist.

Das Absperrventil 8 dient dazu, die Messeinrichtung 4 von der Rohrleitung 2 abnehmen bzw. demontieren zu können. Im abgenommenen oder demontierten Zustand der Messeinrichtung 4 ist oder wird das Absperrventil 8 geschlossen, sodass das Fluid nicht durch die Führung 3 hindurch aus der Rohrleitung 2 ausströmen kann. Ist die Messeinrichtung 4 hingegen

montiert, ist das Absperrventil 8 geöffnet. Ferner ist an dem Absperrventil 8 ein Messstutzen 46 vorgesehen, an den ein Messinstrument anschließbar ist, mittels welchem eine Eigenschaft des Fluids messbar ist. Ein derartiges Absperrventil ist z.B. aus der US 5 560 392 bekannt. Beispielsweise kann mittels des Messinstruments der Druck oder die Feuchtigkeit des Fluids gemessen werden. Gemäß Fig. 1 ist der Messstutzen 46 mit einem Blindverschluss 47 dicht verschlossen.

Fig. 2 zeigt eine perspektivische Darstellung der Messeinrichtung 4 und des Freilaufs 9, wobei am unteren Ende der Sensoraufnahme 6 der Endbereich 40 ersichtlich ist. Damit der Messwertgeber 14 in einer definierten Position innerhalb der Rohrleitung 2 positioniert werden kann, ist an der Sensoraufnahme 6 eine Längenskala 33 vorgesehen, mittels welcher der Weg bestimmt werden kann, um welchen die Sensoraufnahme 6 relativ zu dem Freilauf 9 und/oder der Rohrleitung 2 in Einführrichtung 5 verschoben ist.

Fig. 3 zeigt eine Schnittansicht durch die Messeinrichtung 4 und durch den Freilauf 9 entlang der Mittellängsachse 7, wobei in der Sensoraufnahme 6 verlaufende elektrische Leitungen 30 angedeutet sind, mittels welchen der Messwertgeber 14 mit der Messelektronik 13 verbunden ist. Ferner ist ein Dichtungsring 31 dargestellt, der in einem in dem Freilauf 9 vorgesehenen Bett 32 (siehe Fig. 4) einliegt und die Sensoraufnahme 6 gegenüber dem Freilauf 9 abdichtet. Dabei wird der Dichtungsring 31 mittels einer Scheibe 48 (siehe Fig. 4) in Einführrichtung 5 gegen den Boden des Betts 32 gedrückt. Sowohl der Außenumfang der Sensoraufnahme 6 als

auch der Innenumfang eines sich durch den Freilauf 9 hindurch erstreckenden Durchgangslochs 19 (siehe Fig. 4), durch welches sich die Sensoraufnahme 6 hindurch erstreckt, sind jeweils mit einer Abflachung 43, 44 versehen (siehe Fig. 5), sodass die Sensoraufnahme 6 gegenüber einer Verdrehung relativ zu dem Freilauf 9 um die Längsmittelachse 7 formschlüssig an dem Freilauf 9 gesichert ist. Ferner weist das Bett 32 des Dichtungsringes 31 eine Abflachung 45 auf (siehe Fig. 5), sodass sich der Dichtungsring 31 dichtend an den Außenumfang der Sensoraufnahme 6 sowie an den Innenumfang des Bettes 32 anschmiegt.

Gemäß einer Abwandlung der ersten Ausführungsform sind der Außenumfang der Sensoraufnahme 6 sowie der Innenumfang des Durchgangslochs 19 jeweils kreisförmig ausgebildet. In diesem Fall entfällt die Abflachung des Bettes 32, sodass dieses ringförmig ausgebildet ist. Ferner ist das Durchgangsloch durch die Scheibe 48 kreisförmig. Die Abwandlung der ersten Ausführungsform erlaubt eine Drehung der Sensoraufnahme 6 um die Mittellängsachse 7 relativ zu dem Freilauf 9. Abgesehen von diesen Unterschieden ist die Abwandlung der ersten Ausführungsform insbesondere identisch zu der ersten Ausführungsform aufgebaut, sodass zur weiteren Beschreibung der Abwandlung der ersten Ausführungsform auf die Beschreibung der ersten Ausführungsform verwiesen wird. Querschnitte der Abwandlung der ersten Ausführungsform sind in den Fig. 10 und 11 dargestellt, wobei Fig. 10 einen Querschnitt durch den Freilauf 9 entlang der aus Fig. 3 ersichtlichen Schnittlinie B-B und Fig. 11 einen Querschnitt durch den Freilauf 9 entlang der aus Fig. 3 ersichtlichen Schnittlinie C-C zeigt.

Aus Fig. 4 ist eine andere Schnittansicht des Freilaufs 9 entlang der Mittellängsachse 7 ersichtlich, wobei der Freilauf 9 gegenüber Fig. 3 um die Mittellängsachse 7 insbesondere gedreht ist. Der Freilauf 9 umfasst ein Gehäuse 16, welches ein mit dem Absperrventil 8 fest verbundenes erstes Gehäuseteil 17 und ein zweites Gehäuseteil 18 aufweist, welches mit dem ersten Gehäuseteil 17 verschraubt ist. Alternativ können die beiden Gehäuseteile 17 und 18 z.B. aber auch über einen Bajonettverschluss miteinander verbunden sein. Das erste Gehäuseteil 17 besteht vorzugsweise aus Edelstahl, da es mit dem Fluid in Kontakt treten kann. Das zweite Gehäuseteil 18 besteht bevorzugt aus Messing. Durch das Gehäuse 16 erstreckt sich in Richtung der Mittellängsachse 7 das Durchgangsloch 19 hindurch, in welchem die Sensoraufnahme 6 einliegt. Das zweite Gehäuseteil 18 umfasst eine konische Innenumfangsfläche 20, die einen Innenraum 21 des Gehäuses 16 begrenzt und eine Klemmfläche bildet. In dem Innenraum 21 ist eine Hülse 22 in Einführrichtung 5 verschiebbar angeordnet, wobei durch die Hülse 22 die Sensoraufnahme 6 hindurchgeführt ist. In der Wandung der Hülse 22 ist ein Durchgangsloch 23 eingebracht, welches quer zur Mittellängsachse 7 verläuft. Ferner liegt in dem Durchgangsloch 23 ein als Kugel ausgebildetes Klemmelement 24 ein, welches quer zur Mittellängsachse 7 relativ zu der Hülse 22 bewegbar ist. Zwischen einem durch das erste Gehäuseteil 17 gebildeten Gehäuseboden 25 und einer dem Gehäuseboden 25 zugewandten Stirnseite der Hülse 22 ist eine Feder 26 angeordnet, welche die Hülse 22 in eine der Einführrichtung 5 entgegengesetzte Richtung drückt. Das Klemmelement 24 liegt somit sowohl an der Sensoraufnahme 6

als auch an der Klemmfläche 20 an. Bevorzugt sind mehrere, insbesondere drei, quer zur Mittellängsachse 7 verlaufende Durchgangslöcher in der Wandung der Hülse 22 vorgesehen, in denen jeweils ein Klemmelement 24 einliegt, welches quer zur Mittellängsachse 7 relativ zu der Hülse 22 bewegbar ist. Sind die Klemmelemente jeweils als Kugel ausgebildet, so bilden diese bevorzugt einen Kugelkranz, mittels welchem eine Kugellagerung der Sensoraufnahme 6 in dem Freilauf 9 erfolgt. Dies ermöglicht bei der Abwandlung der ersten Ausführungsform ein leichtgängiges Drehen der Sensoraufnahme 6, sodass der Messwertgeber 14 auf einfache Weise ausgerichtet werden kann.

Wird die Sensoraufnahme 6 in Einführrichtung 5 verschoben, nimmt sie aufgrund von Reibung das Klemmelement 24 sowie die Hülse 22 mit, sodass das Klemmelement 24 zu einem größeren Durchmesser der Innenumfangsfläche 20 hin verschoben wird. Dadurch ist das Klemmelement 24 quer zur Längsmittelachse 7 bewegbar, sodass die Sensoraufnahme 6 relativ zu dem Freilauf 9 in Einführrichtung 5 verschoben werden kann. Wird die Sensoraufnahme 6 hingegen in eine der Einführrichtung 5 entgegengesetzte Richtung verschoben, so nimmt die Sensoraufnahme 6 aufgrund von Reibung das Klemmelement 24 und die Hülse 22 mit, sodass das Klemmelement 24 zu einem kleineren Durchmesser der Klemmfläche 20 hin verschoben wird. Das Klemmelement 24 legt somit die Sensoraufnahme 6 reibschlüssig an der Klemmfläche 20 fest, sodass ein Verschieben der Sensoraufnahme 6 in die der Einführrichtung 5 entgegengesetzte Richtung blockiert ist.

Mit ihrem dem Gehäuseboden 25 abgewandten Endbereich 27 erstreckt sich die Hülse 22 aus dem Gehäuse 16 heraus, wobei

der Endbereich 27 mit einem Gewinde 28 versehen ist, auf welches eine Mutter 29 aufgeschraubt ist. Gemäß Fig. 4 ist die Mutter 29 an dem Gehäuse 16 abgestützt und hält die Hülse 22 in einer Position, in der die Sensoraufnahme 6 mittels des Klemmelements 24 an der Klemmfläche 20 reibschlüssig gesichert ist. In diesem Zustand ist der Freilauf 9 inaktiv. Die Mutter 29 bildet somit eine Feststelleinrichtung, mittels welcher die Sensoraufnahme 6 an dem Freilauf 9 fixierbar ist. Wird die Mutter 29 gelöst, lässt sich die Hülse 22 in Einführrichtung 5 verschieben, sodass der Freilauf 9 betriebsbereit ist. Ferner lässt sich im gelösten oder teilgelösten Zustand der Mutter 29 die Hülse 22 mittels des Endbereichs 27 in Einführrichtung 5 verschieben, sodass der Endbereich 27 eine Freigabeeinrichtung bildet, mittels welcher der Sperrzustand des Freilaufs 9 deaktivierbar ist, sodass im deaktivierten Zustand des Freilaufs 9 die Sensoraufnahme 6 in Gegenrichtung der Einführrichtung 5 verschoben werden kann. Das Verschieben des Endbereichs 27 in Einführrichtung 5 kann aber auch mittels der Mutter 29 erfolgen, wenn diese nicht vollständig auf den Endbereich 27 aufgeschraubt ist. Die Feder 26 sorgt dafür, dass die Hülse 22 entgegen der Einführrichtung 5 verschoben und der Freilauf 9 somit automatisch in seinen Betriebszustand zurückgestellt wird, wenn die Hülse 22 nicht mehr über ihren Endbereich 27 in Einführrichtung 5 gedrückt wird.

Ein Querschnitt durch den Freilauf 9 entlang der Schnittlinie B-B gemäß Fig. 3 ist aus Fig. 5 ersichtlich, welche den Verlauf des Dichtungsringes 31 verdeutlicht. Für die Abwandlung der ersten Ausführungsform ist der entsprechende Querschnitt aus Fig. 10 ersichtlich.

Ferner zeigt Fig. 6 einen Querschnitt durch den Freilauf 9 entlang der Schnittlinie C-C gemäß Fig. 3, wonach in dem Gehäuse 16 eine Ringnut 52 und eine zu dieser hin offene, radiale Nut 49 vorgesehen ist, in welche die in der Ringnut 52 einliegende Scheibe 48 mit einer an ihrem Außenumfang vorgesehenen Nase 50 eingreift. Die Scheibe 48, welche insbesondere dazu dient, den Dichtungsring 31 in Einführriechung 5 gleichmäßig mit Druck zu beaufschlagen, ist somit gegenüber einer Verdrehung relativ zu dem Gehäuse 16 gesichert. Für die Abwandlung der ersten Ausführungsform ist der entsprechende Querschnitt aus Fig. 11 ersichtlich. Die Scheibe 48 ist mittels eines Sicherungsrings 51 (siehe Fig. 4) axial an dem Gehäuse 16 gesichert.

Gemäß einer Variante kann ein in dem ersten Gehäuseteil 17 angeordneter Gehäuseeinsatz 68 (siehe Fig. 14) vorgesehen sein, der das Bett 32 und den Dichtungsring 31 umfasst. Somit ist es möglich, durch Wechseln des Gehäuseeinsatzes den Freilauf 9 mit Sensoraufnahmen 6 unterschiedlichen Außendurchmessers einzusetzen, ohne das ganze Gehäuseteil 17 wechseln zu müssen. Der Gehäuseeinsatz 68 ist vorzugsweise ringförmig ausgebildet und bezüglich der Längsmittelachse 7 insbesondere drehstarr mit dem ersten Gehäuseteil 17 verbunden. Vorteilhaft ist zum Ausbilden dieser drehstarreren Verbindung wenigstens ein von außen zugängliches Sicherungsmittel, wie z.B. eine Schraube 69 (siehe Fig. 14), in das Gehäuse 16 eingebracht und/oder eingeschraubt, wobei der Gehäuseeinsatz 68 mit dem Sicherungsmittel in dem ersten Gehäuseteil 17 fixiert, insbesondere durch von dem Sicherungsmittel auf den Gehäuseeinsatz 68 ausgeübten Druck

geklemmt wird. Somit ist es möglich, durch Lösen des Sicherungsmittels den Gehäuseeinsatz 68 mittels der Sensoraufnahme 6 relativ zu dem Gehäuse 16 um die Längsmittelachse 7 zu drehen, wenn die Sensoraufnahme 6 mit der Abflachung 43 versehen ist. Die Abflachung 44 des Durchgangslochs 19 ist dann bevorzugt nur in dem Gehäuseeinsatz 68 und/oder in dem Teil des Durchgangslochs 19 vorgesehen, der durch den Gehäuseeinsatz 68 hindurch verläuft. Vorteilhaft ist der Gehäuseeinsatz 68 axial mit einem Sicherungsring 51 in dem Gehäuseteil 17 fixiert. Die Scheibe 48 kann vorgesehen sein oder entfallen. Beispielsweise bildet die Scheibe 48 einen integrativen Bestandteil des Gehäuseeinsatzes 68. In diesem Fall ist die Scheibe 48 vorzugsweise starr mit dem Gehäuseeinsatz verbunden und/oder einstückig mit diesem ausgebildet. Insbesondere entfällt aber die Nase 50, sodass eine Verdrehung des Gehäuseeinsatzes 68 nicht behindert wird.

Aus Fig. 7 ist eine Vorrichtung 1 gemäß einer zweiten Ausführungsform der Erfindung ersichtlich, wobei zu der ersten Ausführungsform ähnliche oder identische Merkmale mit denselben Bezugszeichen wie bei der ersten Ausführungsform bezeichnet sind. Die zweite Ausführungsform unterscheidet sich von der ersten Ausführungsform lediglich dadurch, dass die Führung 3 mittels einer Schelle 34 an der Rohrleitung 2 befestigt ist. Der zur Anflanschung der Führung 3 dienende Flansch 53 ist an der Schelle 34 befestigt, vorzugsweise angeschweißt, sodass die zweite Ausführungsform insbesondere für relativ niedrige Drücke (z.B. 16 bar) geeignet ist. Zur weiteren Beschreibung der zweiten Ausführungsform wird auf die Beschreibung der ersten Ausführungsform verwiesen.

Aus Fig. 8 ist eine perspektivische Ansicht einer Vorrichtung 1 gemäß einer dritten Ausführungsform der Erfindung ersichtlich, wobei zu den vorhergehenden Ausführungsformen ähnliche oder identische Merkmale mit denselben Bezugszeichen wie bei den vorgehenden Ausführungsformen bezeichnet sind. Ferner zeigt Fig. 9 einen Schnitt der Vorrichtung 1 gemäß der dritten Ausführungsform entlang der aus Fig. 8 ersichtlichen Mittellängsachse 7. Gemäß der dritten Ausführungsform ist an der Sensoraufnahme 6 ein Seil 35 befestigt, welches durch einen Freilauf 9 hindurchgeführt ist, der mittels einer Halterung 36 an der Führung 3 befestigt und neben dieser angeordnet ist. Anders als bei den vorhergehenden Ausführungsformen bildet der Freilauf 9 gemäß der dritten Ausführungsform somit keinen Teil der Führung 3 für die Sensoraufnahme 6. Wird die Messeinrichtung 4 in Einführrichtung 5 verschoben, so läuft auch das Seil 35 durch den Freilauf 9 in Einführrichtung 5 hindurch, sodass der Freilauf 9 seinen Freilaufzustand einnimmt. Wird die Sensoraufnahme 6 hingegen in eine der Einführrichtung 5 entgegengesetzte Richtung bewegt, nimmt der Freilauf 9 seinen Sperrzustand an und blockiert das Seil 35, welches somit die Sensoraufnahme 6 an der Halterung 36 sichert. Ein weiteres Verschieben der Messeinrichtung 4 entgegen der Einführrichtung 5 ist somit nicht mehr möglich.

Ferner ist an der Halterung 36 ein zusätzlicher Freilauf 37 befestigt, der analog zum Freilauf 9 ausgebildet ist. Durch den Freilauf 37 ist ein Justierelement in Form eines Seils 38 hindurchgeführt, welches in und entgegen der Einführrichtung 5 verschiebbar an der Sensoraufnahme 6 geführt ist und an

einem Ende einen Endanschlag 39 aufweist, der mit einer Gegenfläche 41 der Sensoraufnahme 6 zur Anlage gebracht werden kann. Das Seil 38, die Gegenfläche 41 und der Freilauf 37 bilden eine Justiereinrichtung, mittels welcher der Messwertgeber 14 vorzugsweise mittig in der Rohrleitung 2 positioniert werden kann. Dazu wird die Sensoraufnahme 6 so weit in die Rohrleitung 2 eingeschoben, bis ihr der Rohrleitung 2 zugewandter Endbereich 40 an der Innenwandung 42 der Rohrleitung 2 anliegt. Durch Messen des Außendurchmessers der Rohrleitung 2 und durch Ablesen der Längenskala 33 kann nun der Innendurchmesser der Rohrleitung 2 berechnet werden. Das Seil 38 wird dann in Einführrichtung 5 oder in die entgegengesetzte Richtung relativ zu dem Freilauf 37 verschoben, bis der Abstand zwischen dem Endanschlag 39 und der Gegenfläche 41 der Sensoraufnahme 6 der Hälfte des berechneten Innendurchmessers abzüglich des Abstands zwischen dem Messwertgeber 14 und dem stirnseitigen Ende des Endbereichs 40 entspricht. Ist dafür das Seil 38 entgegen der Einführrichtung 5 zu verschieben, wird der Freilauf 37 mittels seiner Freigabeeinrichtung freigegeben. Anschließend ist der Freilauf 37 aber wieder in seinen Betriebszustand zu überführen. Danach wird der Freilauf 9 mittels seiner Freigabeeinrichtung freigegeben, sodass die Messeinrichtung 4 entgegen der Einführrichtung 5 verschoben werden kann, bis der Endanschlag 39 an der Gegenfläche 41 anliegt. Der Freilauf 37 blockiert nun ein weiteres Verschieben der Sensoraufnahme 6 entgegen der Einführrichtung 5. Somit ist der Messwertgeber 14 in der Mitte der Rohrleitung 2 positioniert, ohne dass die Gefahr besteht, dass die Messeinrichtung 4 aufgrund des in der Rohrleitung herrschenden Drucks zu weit aus der Rohrleitung 2

hinausgedrückt wird. Zur weiteren Beschreibung der dritten Ausführungsform wird die Beschreibung der vorhergehenden Ausführungsformen verwiesen.

Erstreckt sich die Aufnahme 6 durch den Freilauf 9 hindurch, wie z.B. bei der ersten Ausführungsform, kann der Innenraum 54 der Führung 3 zwischen dem Absperrventil 8 und dem Dichtungsring 31 auch dann noch unter Druck stehen, wenn das Absperrventil 8 geschlossen ist. Dieser Druck kann beim Herausführen der Sensoraufnahme 6 aus dem Freilauf 9 störend wirken, sodass gemäß einer Weiterbildung der ersten Ausführungsform die Führung 3 ein Entlüftungsventil 55 aufweist, mittels welchem der Innenraum 54 entlüftet werden kann. Dies ist aus Fig. 12 ersichtlich, die einen Längsschnitt durch die Messeinrichtung 4 und durch den Freilauf 9 gemäß der Weiterbildung der ersten Ausführungsform entlang der aus Fig. 2 ersichtlichen Schnittlinie A-A zeigt. Das Entlüftungsventil 55 umfasst ein Betätigungselement 56 in Form eines Stifts, mittels welchem das Entlüftungsventil 55 betätigbar ist. Wird das Betätigungselement 56 in das Entlüftungsventil 55 hineingedrückt, gibt dieses eine gasdurchlässige Verbindung von dem Innenraum 54 zu der Umgebung hin frei, sodass der Innenraum 54 entlüftet wird. Im nicht betätigten Zustand des Betätigungselements 56 ist das Entlüftungsventil 55 gasundurchlässig. Das Betätigungselement 56 bildet ferner eine Druckanzeige. Steht der Innenraum 54 unter Druck, so ragt das Betätigungselement 56 aus dem Entlüftungsventil 55 heraus. Ist der Innenraum 54 hingegen druckfrei, ragt das Betätigungselement 56 nicht aus dem Entlüftungsventil 55 heraus. Das Entlüftungsventil 55 ist an dem Gehäuse 16 des Freilaufs 9 befestigt. Abgesehen von

diesen Unterschieden ist die Weiterbildung der ersten Ausführungsform insbesondere identisch zu der ersten Ausführungsform aufgebaut, sodass zur weiteren Beschreibung der Weiterbildung der ersten Ausführungsform auf die Beschreibung der ersten Ausführungsform verwiesen wird. Das Entlüftungsventil 55 kann bei allen Ausführungsformen vorgesehen werden, bei denen sich die Aufnahme 6 durch den Freilauf 9 hindurch erstreckt.

Aus den Fig. 13 bis 15 ist in unterschiedlichen Darstellungen eine Vorrichtung gemäß einer vierten Ausführungsform der Erfindung ersichtlich, wobei zu den vorhergehenden Ausführungsformen ähnliche oder identische Merkmale mit denselben Bezugszeichen wie bei den vorhergehenden Ausführungsformen bezeichnet sind. Die vierte Ausführungsform basiert auf der ersten oder auf der zweiten Ausführungsform, wobei im Unterschied zu diesen Ausführungsformen die Führung 3 ein Schwenklager umfasst. Die Führung 3 weist dazu ein erstes Gelenkteil 57 und ein in diesem um eine Schwenkachse 64 schwenkbar gelagertes zweites Gelenkteil 58 auf, welches zusammen mit dem ersten Gelenkteil 57 das ein Absperrventil 8 bildende Schwenkalger bildet. Die Gelenkteile 57 und 58 umfassen jeweils ein Durchführungsloch 59 bzw. 60, wobei die Durchführungs Löcher 59 und 60 in einem ungeschwenkten Zustand des Schwenklagers miteinander fluchten, der einem geöffneten Zustand des Absperrventils 8 entspricht. Das erste Gelenkteil 57 ist mit seinem unteren Ende insbesondere an dem aus Fig. 1 oder aus Fig. 7 ersichtlichen Flansch 53 befestigt, auf dessen Darstellung hier verzichtet wurde. Ferner ist das Durchführungsloch 59 insbesondere strömungsleitend mit dem

Innenraum 15 der Rohrleitung 2 verbunden, die hier ebenfalls nicht dargestellt ist.

Die Sensoraufnahme 6 liegt in dem Durchführungsloch 60 ein und ist in diesem in Einführrichtung 5 verschiebbar geführt, sodass die Sensoraufnahme 6 zusammen mit dem Messwertgeber 14 durch das Durchführungsloch 59 hindurch in den Innenraum 15 der Rohrleitung 2 einführbar ist. Ferner erstreckt sich die Sensoraufnahme 6 durch den Freilauf 9 hindurch, der mit dem zweiten Gelenkteil 58 fest verbunden ist. Das Durchgangsloch 19 des Freilaufs 9 fluchtet dabei mit dem Durchführungsloch 60. Das erste Gelenkteil 57 umfasst einen das Durchführungsloch 59 umringenden Dichtungsring 61, der die beiden Gelenkteile 57 und 58 gegeneinander abdichtet. Im dem aus den Fig. 13 und Fig. 14 ersichtlichen, geöffneten Zustand des Absperrventils 8 umringt der Dichtungsring 61 auch das Durchführungsloch 60.

Das zweite Gelenkteil 58 greift mit zwei einander gegenüberliegenden und sich in Richtung der Schwenkachse 64 erstreckenden Lagerzapfen 62 in Lagerausnehmungen 63 des ersten Gelenkteils 57 ein und ist in diesen gleitfähig gelagert. Ferner liegt das erste Gelenkteil 57 mit einer Lagerfläche 65 gleitfähig an einer Lagerfläche 66 des zweiten Gelenkteils 58 an. Wird das zweite Gelenkteil 58 um die Schwenkachse 64 relativ zu dem ersten Gelenkteil 57 geschwenkt, überdeckt die Lagerfläche 66 das Durchführungsloch 59. Die Lagerfläche 66 steht dabei mit dem Dichtungsring 61 in Kontakt, der das Durchführungsloch 59 gegen die Lagerfläche 66 abdichtet, sodass das Absperrventil 8 seinen gesperrten Zustand annimmt, der aus Fig. 15

ersichtlich ist. Aus Sicherheitsgründen umfasst das Absperrventil 8 ferner ein Verriegelungselement 67, mittels welchem die beiden Gelenkteile 57 und 58 sowohl im geöffneten Zustand als auch im gesperrten Zustand des Absperrventils 8 miteinander verriegelbar sind. Zur weiteren Beschreibung der vierten Ausführungsform wird auf die Beschreibung der vorherigen Ausführungsformen verwiesen.

Bezugszeichenliste

- 1 Vorrichtung
- 2 Rohrleitung
- 3 Führung
- 4 Messeinrichtung / Positioniereinrichtung
- 5 Einführrichtung
- 6 Sensoraufnahme / Aufnahme
- 7 Mittellängsachse der Sensoraufnahme
- 8 Absperrventil
- 9 linearer Freilauf
- 10 Gehäuse für Messelektronik
- 11 Griff
- 12 Griff
- 13 Messelektronik
- 14 Messwertgeber / Gegenstand
- 15 Innenraum der Rohrleitung
- 16 Gehäuse des Freilaufs
- 17 erstes Gehäuseteil
- 18 zweites Gehäuseteil
- 19 Durchgangsloch im Gehäuse
- 20 Klemmfläche
- 21 Innenraum des Gehäuses
- 22 Hülse im Gehäuse
- 23 Durchgangsloch in Wandung der Hülse
- 24 Klemmelement / Kugel
- 25 Gehäuseboden
- 26 Feder
- 27 Endbereich der Hülse / Freigabeeinrichtung

- 28 Gewinde
- 29 Mutter / Festelleinrichtung
- 30 elektrische Leitung
- 31 Dichtungsring
- 32 Bett für Dichtungsring
- 33 Längenskala an Sensoraufnahme
- 34 Schelle
- 35 Seil
- 36 Halterung
- 37 zusätzlicher Freilauf
- 38 Seil / Justierelement
- 39 Endanschlag des Seils
- 40 Endbereich der Sensoraufnahme
- 41 Gegenfläche der Sensoraufnahme
- 42 Innenwandung der Rohrleitung
- 43 Abflachung
- 44 Abflachung
- 45 Abflachung
- 46 Messstutzen
- 47 Blindverschluss
- 48 Scheibe
- 49 Nut
- 50 Nase der Scheibe
- 51 Sicherungsring
- 52 Ringnut
- 53 Flansch
- 54 Innenraum der Führung
- 55 Entlüftungsventil
- 56 Betätigungselement des Entlüftungsventils
- 57 erstes Gelenkteil
- 58 zweites Gelenkteil

- 59 Durchführungsloch im ersten Gelenkteil
- 60 Durchführungsloch im zweiten Gelenkteil
- 61 Dichtungsring
- 62 Lagerzapfen
- 63 Lagerausnehmung
- 64 Schwenkachse
- 65 Lagerfläche des ersten Gelenkteils
- 66 Lagerfläche des zweiten Gelenkteils
- 67 Verriegelungselement
- 68 Gehäuseeinsatz
- 69 Sicherungsmittel / Schraube

Vorrichtung zum Einführen eines Gegenstands in eine
Rohrleitung

Patentansprüche

1. Vorrichtung zum Einführen eines Gegenstands in eine Rohrleitung, mit
 - einer mit der Rohrleitung (2) fest verbundenen oder durch diese gebildeten Führung (3),
 - einer mittels der Führung (3) in einer Einführrichtung (5) verschiebbar an der Rohrleitung (2) geführten und den Gegenstand (14) tragenden oder bildenden Positioniereinrichtung (4), der durch Verschieben der Positioniereinrichtung (4) in Einführrichtung (5) in die Rohrleitung (2) einführbar ist, dadurch gekennzeichnet, dass
 - die Positioniereinrichtung (4) mit der Rohrleitung (2) unter Zwischenschaltung eines linearen Freilaufs (9) verbunden ist, der bei Verschieben der Positioniereinrichtung (4) entgegen der Einführrichtung (5) seinen Sperrzustand annimmt.

2. Vorrichtung nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass der Freilauf (9) bei Verschieben der Positioniereinrichtung (4) in Einführrichtung (5) seinen Freilaufzustand annimmt.

3. Vorrichtung nach Anspruch 1 oder 2, dadurch gekennzeichnet, dass der Freilauf (9) eine betätigbare Freigabeeinrichtung (27) umfasst, mittels welcher der Sperrzustand deaktivierbar ist.

4. Vorrichtung nach einem der vorangehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass der Freilauf (9) einen Klemmfreilauf bildet und einen durch Verschieben der Positioniereinrichtung (4) betätigbaren Klemmmechanismus umfasst.

5. Vorrichtung nach einem der vorangehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass die Positioniereinrichtung (4) eine in die Rohrleitung (2) in Einführrichtung (5) einschiebbare Aufnahme (6) umfasst, an deren der Rohrleitung (2) zugewandtem Endbereich (40) der Gegenstand (14) angeordnet ist.

6. Vorrichtung nach einem der vorangehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass die Positioniereinrichtung (4) eine mit dem Freilauf (9) in Wirkverbindung stehende Sicherungskomponente umfasst.

7. Vorrichtung nach den Ansprüchen 5 und 6, dadurch gekennzeichnet, dass die Sicherungskomponente durch die Aufnahme (6) gebildet oder fest mit der Aufnahme (6) verbunden ist.

8. Vorrichtung nach Anspruch 6 oder 7, dadurch gekennzeichnet, dass

die Sicherungskomponente durch wenigstens ein Seil (35) gebildet ist.

9. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 6 bis 8, dadurch gekennzeichnet, dass

- der Freilauf (9) ein Gehäuse (16) umfasst, durch welches sich die Sicherungskomponente in Einführrichtung (5) hindurch erstreckt,
- in dem Gehäuse (16) eine in Einführrichtung (5) schräg oder gekrümmt verlaufende Klemmfläche (20) vorgesehen ist,
- zwischen der Sicherungskomponente und der Klemmfläche (20) wenigstens ein bewegbares Klemmelement (24) angeordnet ist, welches sowohl an der Sicherungskomponente als auch an der Klemmfläche (20) anliegt.

10. Vorrichtung nach Anspruch 9, dadurch gekennzeichnet, dass

die Klemmfläche (20) durch eine in Einführrichtung (5) konische Innenumfangsfläche des Gehäuses (16) gebildet ist.

11. Vorrichtung nach Anspruch 9 oder 10, dadurch gekennzeichnet, dass

in dem Gehäuse (16) eine verschiebbare Hülse (22) angeordnet ist, durch welche sich die Sicherungskomponente hindurch erstreckt und in welcher das Klemmelement (24) gelagert ist.

12. Vorrichtung nach Anspruch 11, dadurch gekennzeichnet, dass

in der Wandung der Hülse (22) wenigstens ein sich quer oder schräg zur Einführrichtung (5) erstreckendes Durchgangsloch

(23) vorgesehen ist, in welchem das Klemmelement (24) einliegt.

13. Vorrichtung nach Anspruch 11 oder 12, dadurch gekennzeichnet, dass die Hülse (22) mittels einer Feder (26) vorgespannt ist, sodass das Klemmelement (24) sowohl gegen die Sicherungskomponente als auch gegen die Klemmfläche (20) gedrückt wird.

14. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 5 bis 13, gekennzeichnet durch

- ein an der Aufnahme (6) verschiebbar geführtes Justierelement (38), an dem ein Endanschlag (39) vorgesehen ist, der durch Verschieben des Justierelements relativ zu der Aufnahme (6) mit einer Gegenfläche (41) der Aufnahme (6) zur Anlage gebracht werden kann, wobei das Justierelement (38) mit der Rohrleitung (2) unter Zwischenschaltung eines zusätzlichen linearen Freilaufs (37) verbunden ist.

15. Vorrichtung nach einem der vorangehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass sich die Positioniereinrichtung (4) durch die Wandung der Rohrleitung (2) hindurch erstreckt.

16. Vorrichtung nach einem der vorangehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass in die Rohrleitung (2) Druckluft oder ein anderes unter Druck stehendes Fluid eingebracht ist.

17. Vorrichtung nach Anspruch 16,

dadurch gekennzeichnet, dass
der Gegenstand (14) wenigstens einen Messwertgeber umfasst,
mittels welchem wenigstens eine physikalische Eigenschaft der
Druckluft oder des Fluids messbar ist.

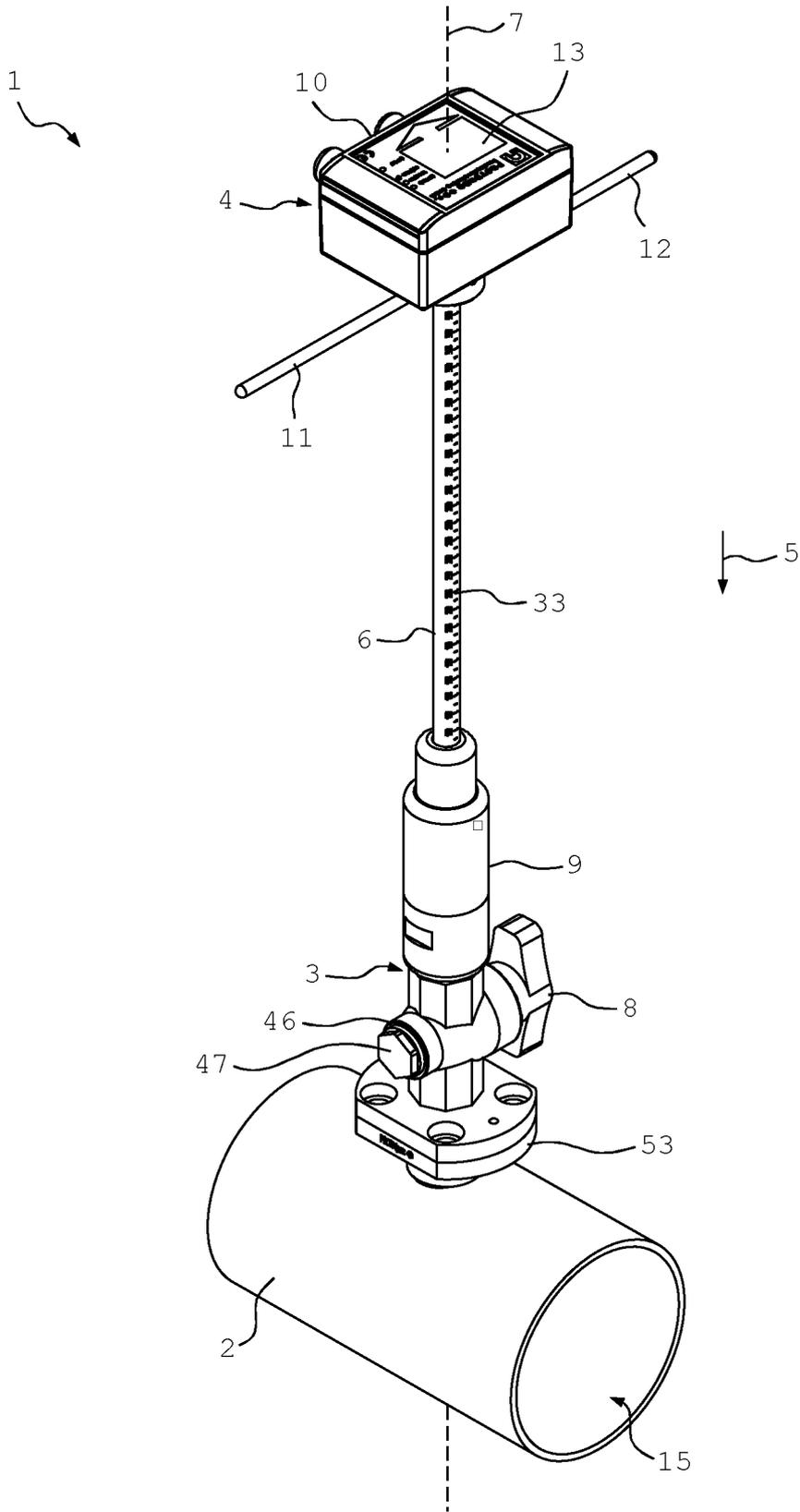


Fig. 1

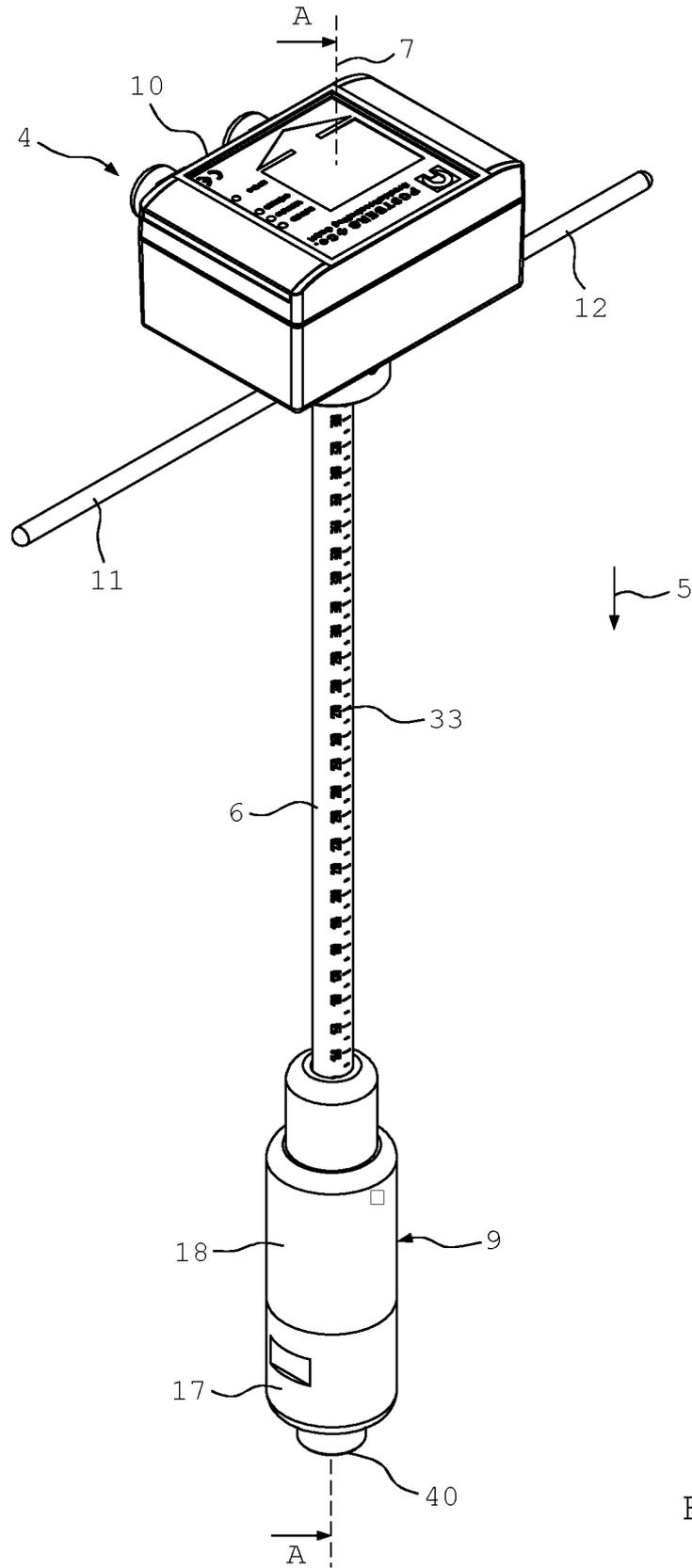


Fig. 2

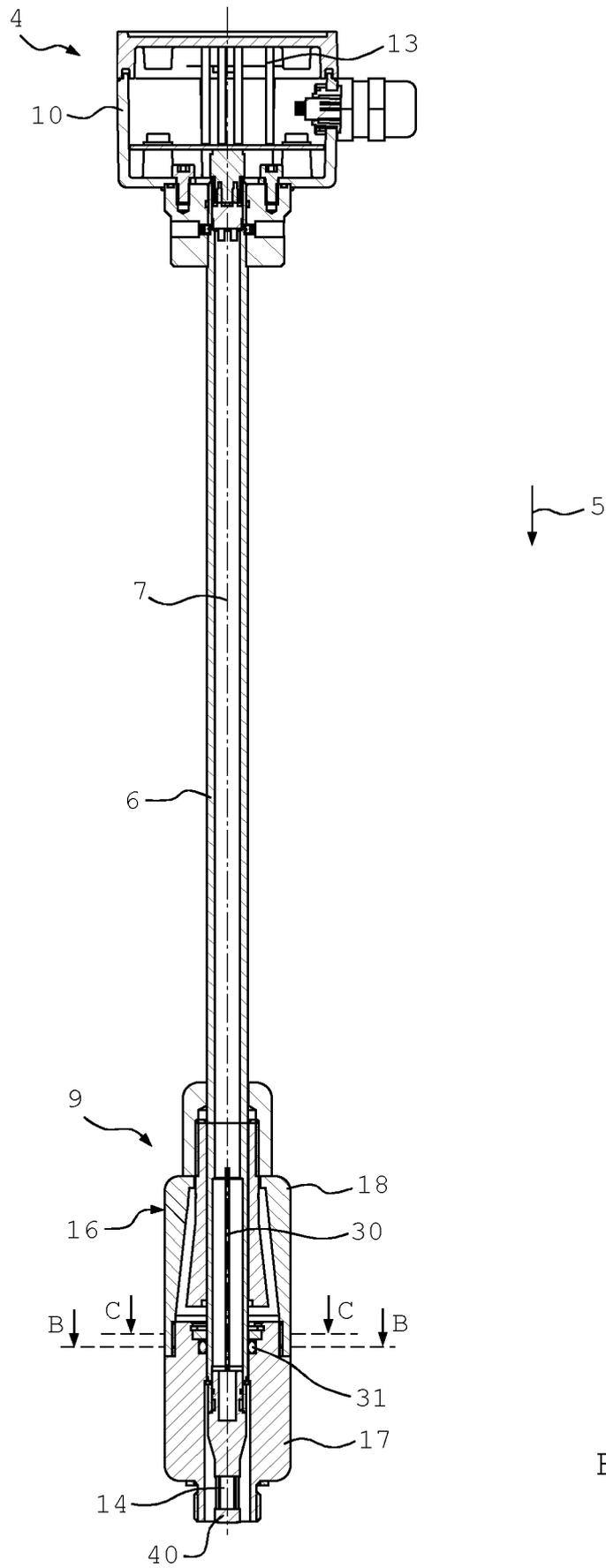


Fig. 3

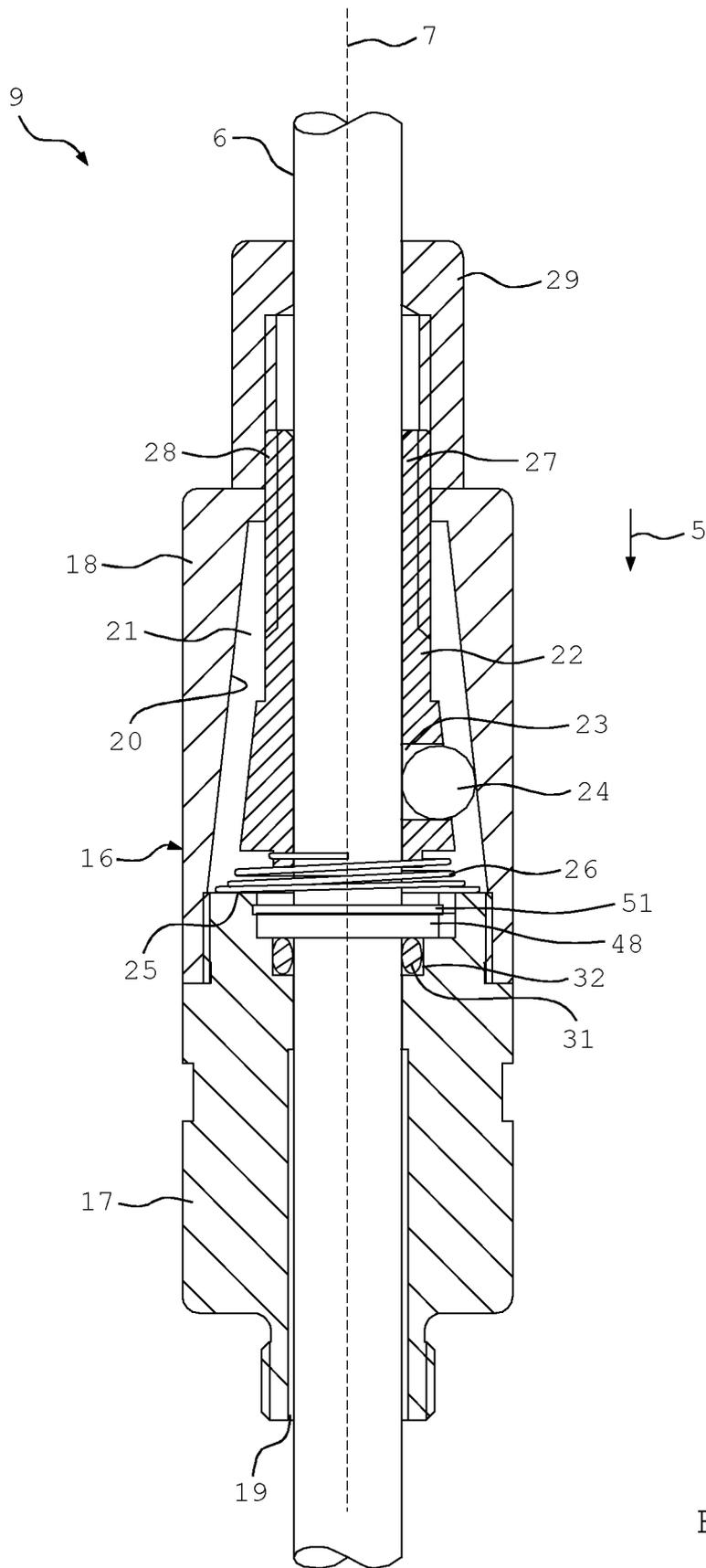


Fig. 4

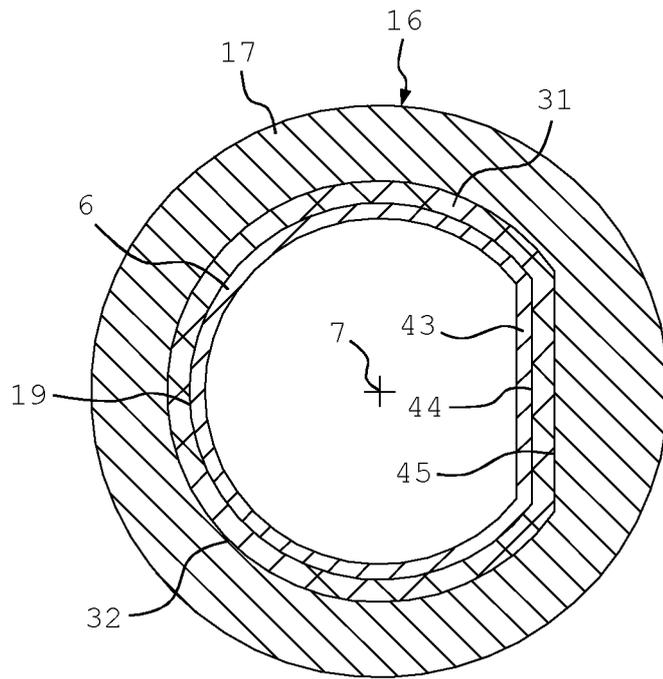


Fig. 5

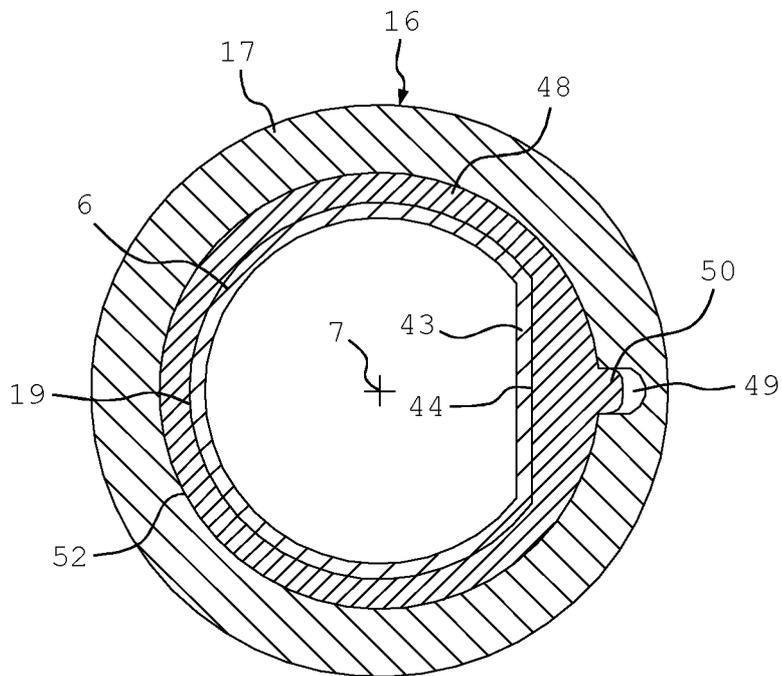


Fig. 6

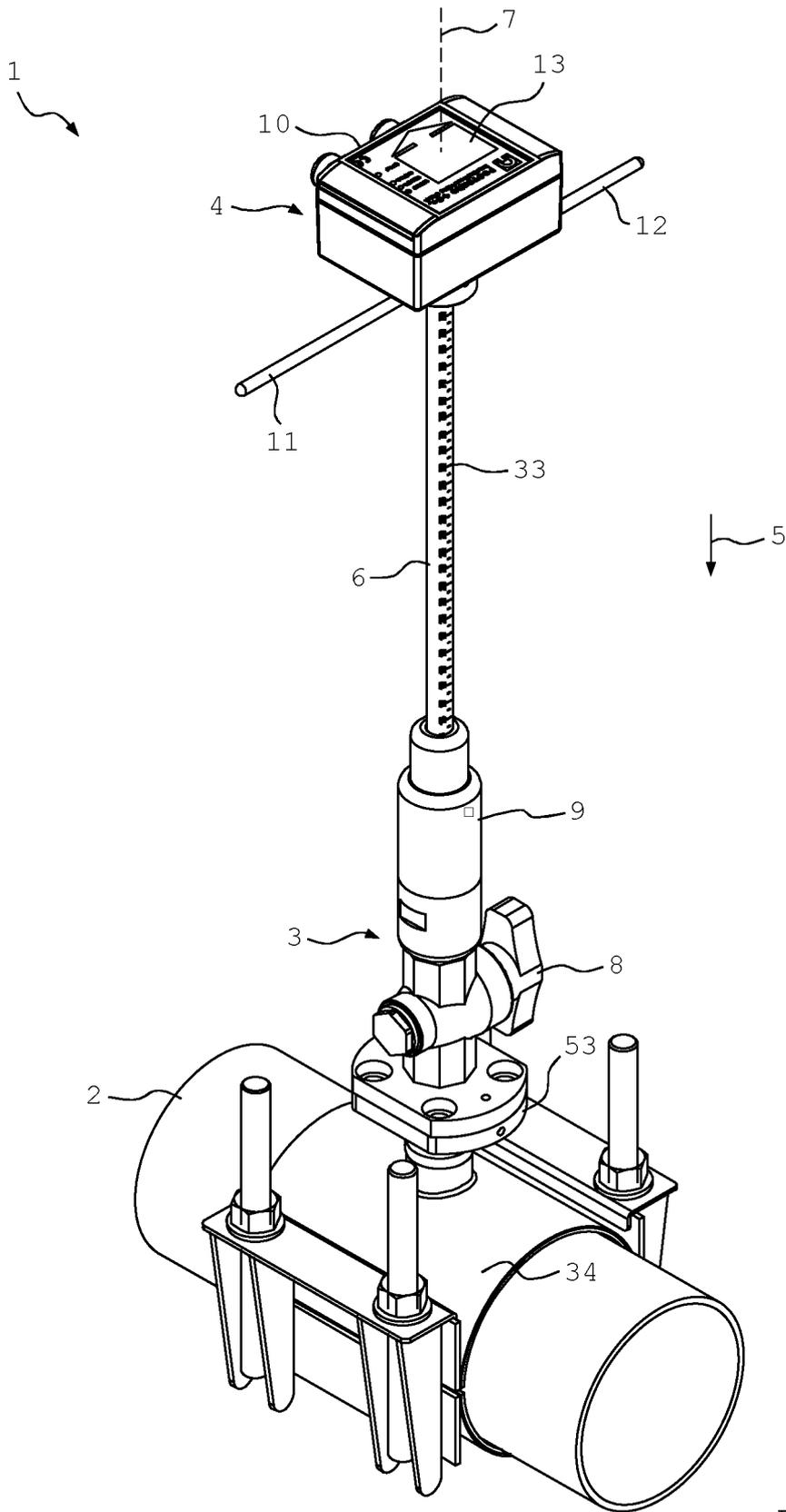


Fig. 7

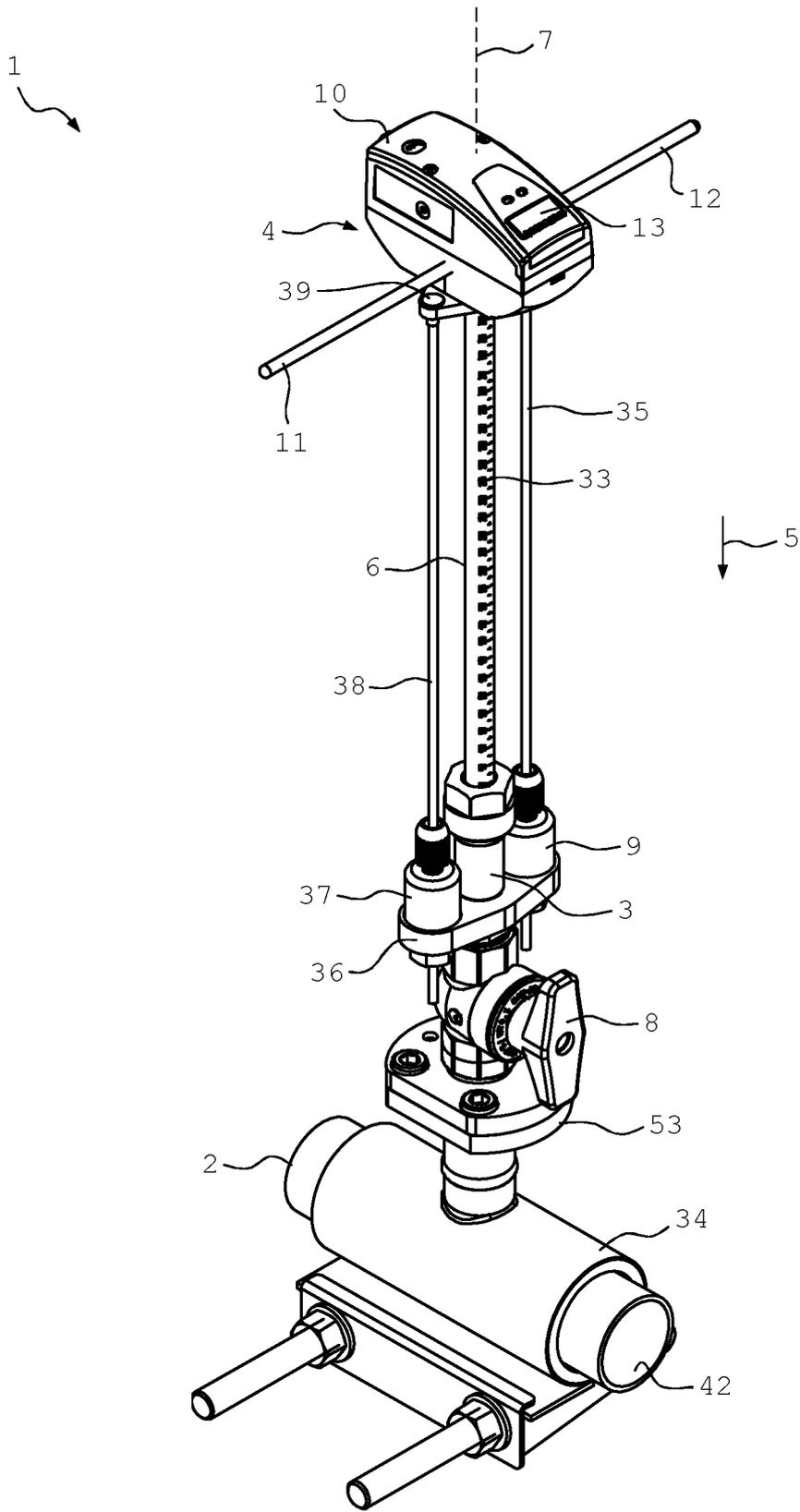


Fig. 8

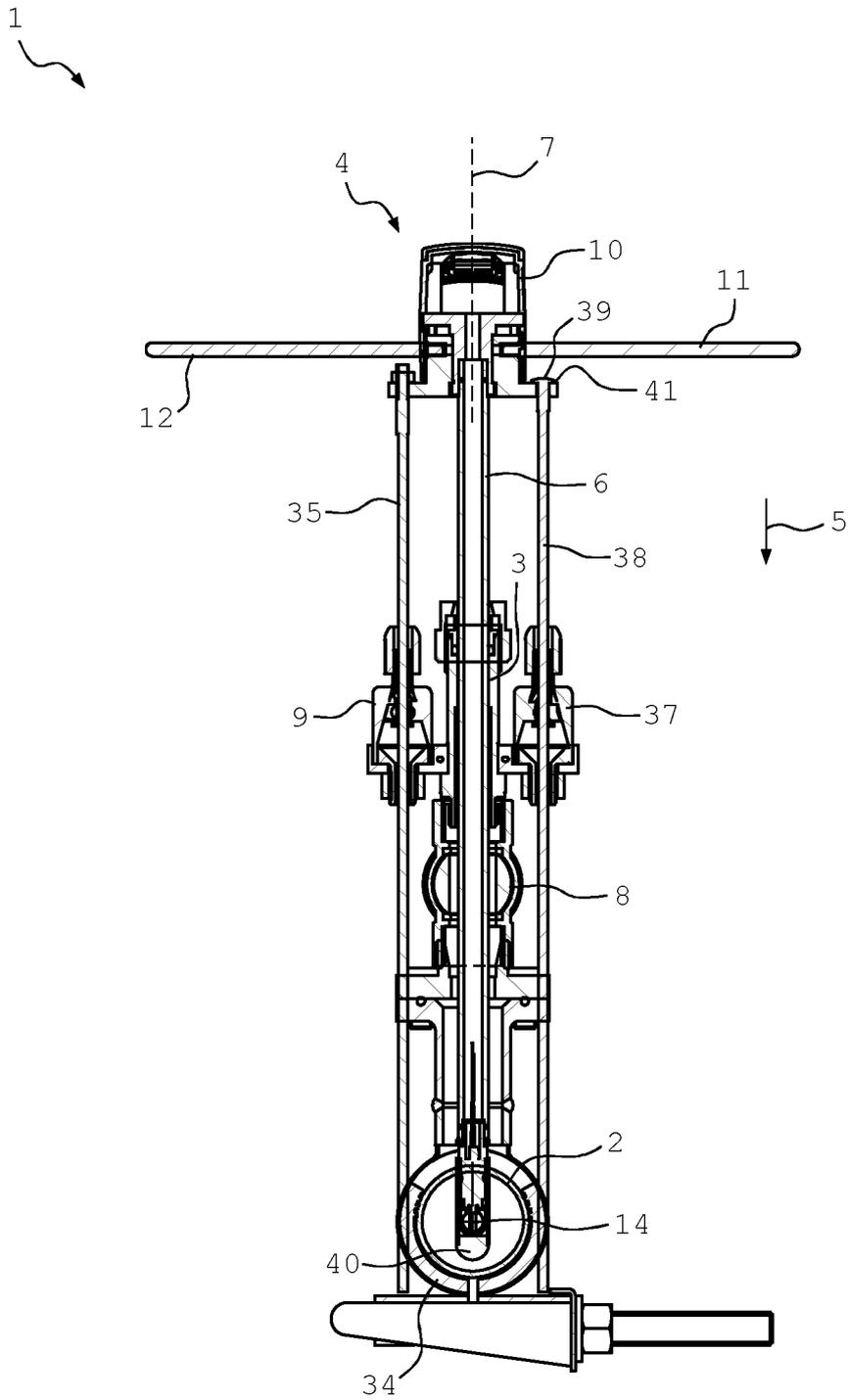


Fig. 9

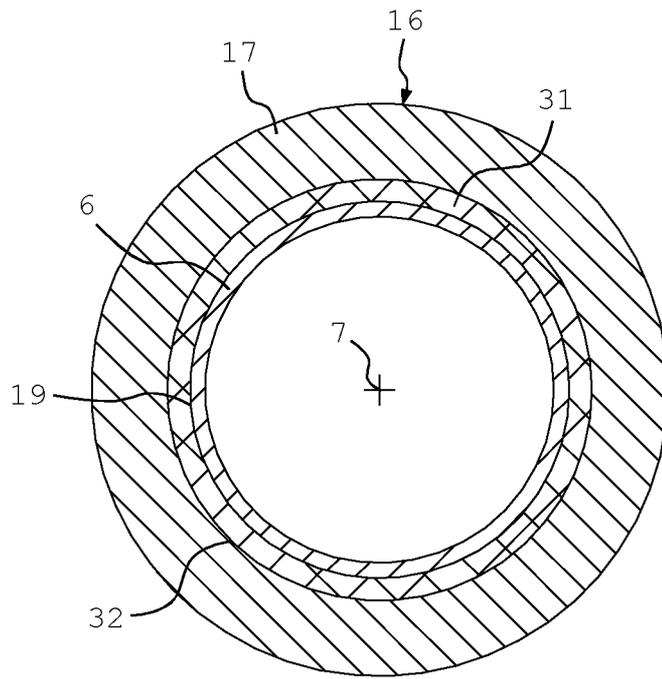


Fig. 10

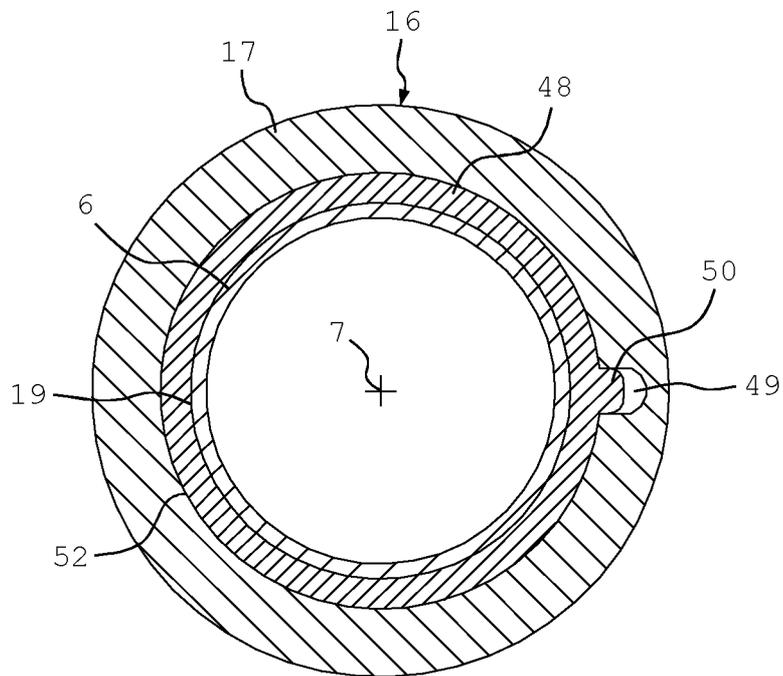


Fig. 11

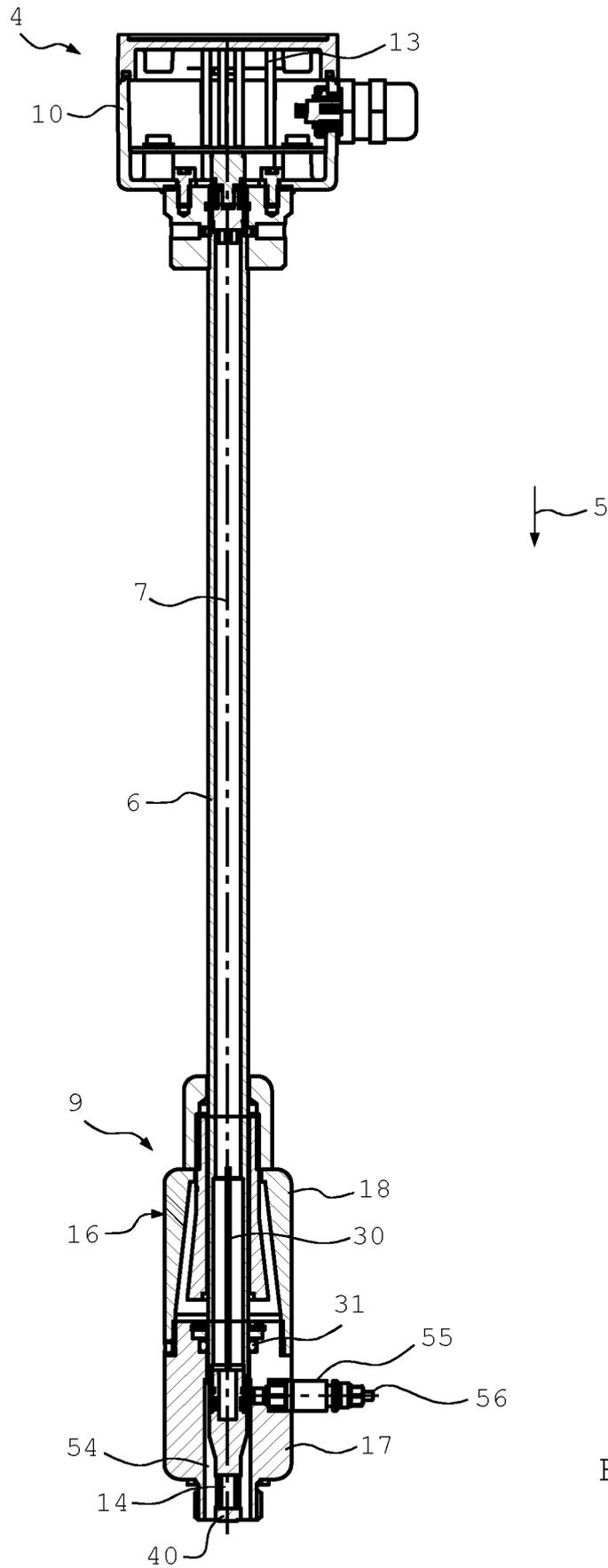


Fig. 12

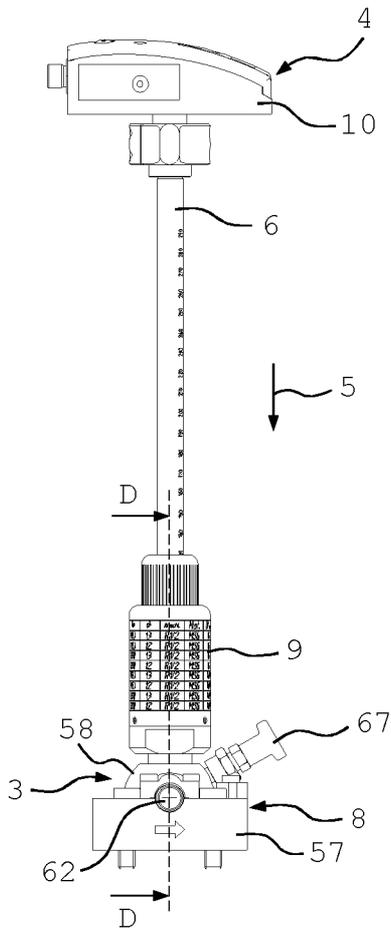


Fig. 13

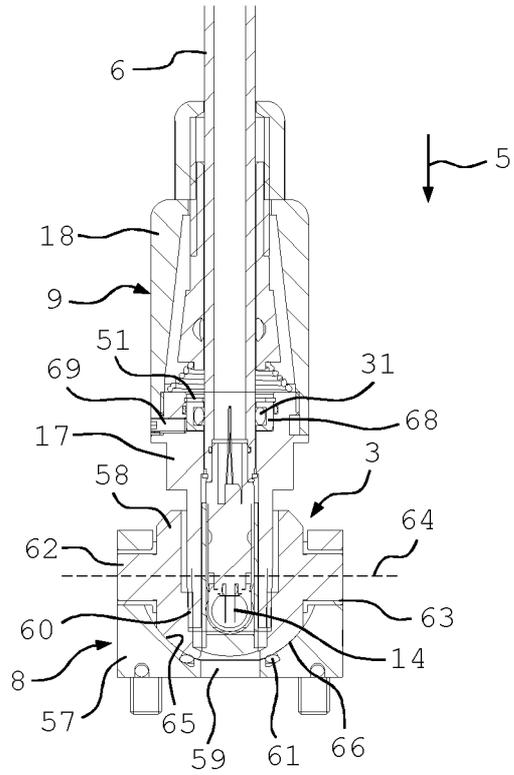


Fig. 14

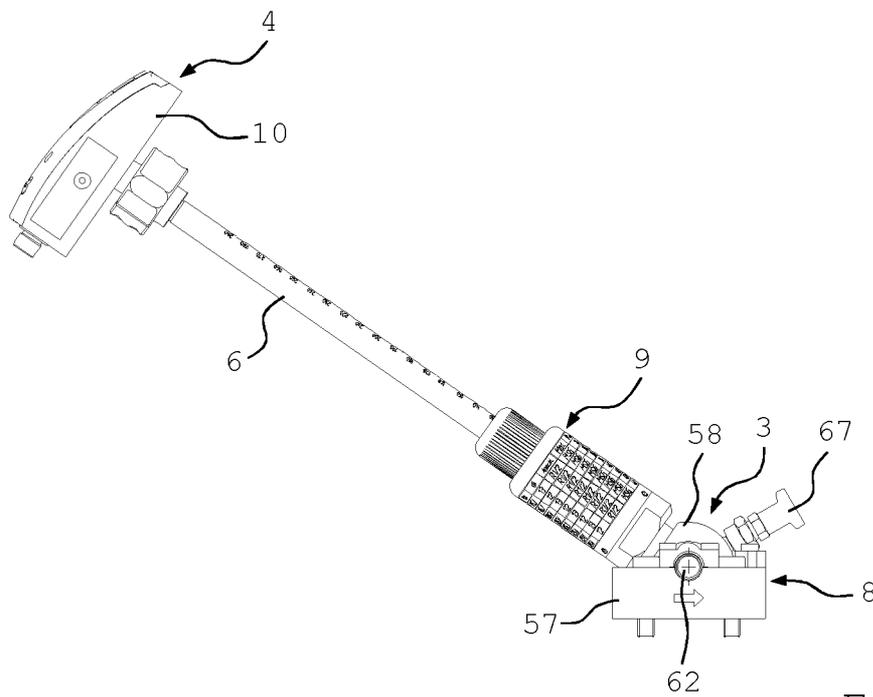


Fig. 15

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No PCT/EP2012/050585

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER INV. G01F15/18 G01N27/28 F16L41/16 F16L55/46 F16L41/00 ADD.		
According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC		
B. FIELDS SEARCHED		
Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols) G01F F16K F16D F16B G01K G01N F16L G01D		
Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched		
Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practicable, search terms used) EPO-Internal, WPI Data		
C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT		
Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
X	EP 0 882 896 A1 (METTLER TOLEDO GMBH [CH]) 9 December 1998 (1998-12-09)	1
Y	the whole document -----	1-17
Y	DE 26 53 012 A1 (NUSSBAUM KG 0) 24 May 1978 (1978-05-24)	1-17
A	US 4 177 676 A (WELKER ROBERT H [US]) 11 December 1979 (1979-12-11)	1-17
	the whole document -----	
<input type="checkbox"/> Further documents are listed in the continuation of Box C. <input checked="" type="checkbox"/> See patent family annex.		
* Special categories of cited documents :		
"A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance	"T" later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention	
"E" earlier application or patent but published on or after the international filing date	"X" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone	
"L" document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)	"Y" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art	
"O" document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means	"&" document member of the same patent family	
"P" document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed		
Date of the actual completion of the international search	Date of mailing of the international search report	
23 May 2012	08/06/2012	
Name and mailing address of the ISA/ European Patent Office, P.B. 5818 Patentlaan 2 NL - 2280 HV Rijswijk Tel. (+31-70) 340-2040, Fax: (+31-70) 340-3016	Authorized officer Fenzl, Birgit	

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

Information on patent family members

International application No

PCT/EP2012/050585

Patent document cited in search report	Publication date	Patent family member(s)	Publication date
EP 0882896	A1	09-12-1998	DE 29720248 U1 12-02-1998
			DE 59808124 D1 05-06-2003
			EP 0882896 A1 09-12-1998

DE 2653012	A1	24-05-1978	NONE

US 4177676	A	11-12-1979	NONE

INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT

Internationales Aktenzeichen

PCT/EP2012/050585

A. KLASSIFIZIERUNG DES ANMELDUNGSGEGENSTANDES
 INV. G01F15/18 G01N27/28 F16L41/16 F16L55/46 F16L41/00
 ADD.

Nach der Internationalen Patentklassifikation (IPC) oder nach der nationalen Klassifikation und der IPC

B. RECHERCHIERTE GEBIETE

Recherchiertes Mindestprüfstoff (Klassifikationssystem und Klassifikationssymbole)
 G01F F16K F16D F16B G01K G01N F16L G01D

Recherchierte, aber nicht zum Mindestprüfstoff gehörende Veröffentlichungen, soweit diese unter die recherchierten Gebiete fallen

Während der internationalen Recherche konsultierte elektronische Datenbank (Name der Datenbank und evtl. verwendete Suchbegriffe)

EPO-Internal, WPI Data

C. ALS WESENTLICH ANGESEHENE UNTERLAGEN

Kategorie*	Bezeichnung der Veröffentlichung, soweit erforderlich unter Angabe der in Betracht kommenden Teile	Betr. Anspruch Nr.
X	EP 0 882 896 A1 (METTLER TOLEDO GMBH [CH]) 9. Dezember 1998 (1998-12-09)	1
Y	das ganze Dokument -----	1-17
Y	DE 26 53 012 A1 (NUSSBAUM KG 0) 24. Mai 1978 (1978-05-24)	1-17
A	US 4 177 676 A (WELKER ROBERT H [US]) 11. Dezember 1979 (1979-12-11)	1-17
	das ganze Dokument -----	

Weitere Veröffentlichungen sind der Fortsetzung von Feld C zu entnehmen

Siehe Anhang Patentfamilie

* Besondere Kategorien von angegebenen Veröffentlichungen :

- "A" Veröffentlichung, die den allgemeinen Stand der Technik definiert, aber nicht als besonders bedeutsam anzusehen ist
- "E" frühere Anmeldung oder Patent, die bzw. das jedoch erst am oder nach dem internationalen Anmeldedatum veröffentlicht worden ist
- "L" Veröffentlichung, die geeignet ist, einen Prioritätsanspruch zweifelhaft erscheinen zu lassen, oder durch die das Veröffentlichungsdatum einer anderen im Recherchenbericht genannten Veröffentlichung belegt werden soll oder die aus einem anderen besonderen Grund angegeben ist (wie ausgeführt)
- "O" Veröffentlichung, die sich auf eine mündliche Offenbarung, eine Benutzung, eine Ausstellung oder andere Maßnahmen bezieht
- "P" Veröffentlichung, die vor dem internationalen Anmeldedatum, aber nach dem beanspruchten Prioritätsdatum veröffentlicht worden ist

- "T" Spätere Veröffentlichung, die nach dem internationalen Anmeldedatum oder dem Prioritätsdatum veröffentlicht worden ist und mit der Anmeldung nicht kollidiert, sondern nur zum Verständnis des der Erfindung zugrundeliegenden Prinzips oder der ihr zugrundeliegenden Theorie angegeben ist
- "X" Veröffentlichung von besonderer Bedeutung; die beanspruchte Erfindung kann allein aufgrund dieser Veröffentlichung nicht als neu oder auf erfinderischer Tätigkeit beruhend betrachtet werden
- "Y" Veröffentlichung von besonderer Bedeutung; die beanspruchte Erfindung kann nicht als auf erfinderischer Tätigkeit beruhend betrachtet werden, wenn die Veröffentlichung mit einer oder mehreren Veröffentlichungen dieser Kategorie in Verbindung gebracht wird und diese Verbindung für einen Fachmann naheliegend ist
- "&" Veröffentlichung, die Mitglied derselben Patentfamilie ist

Datum des Abschlusses der internationalen Recherche

23. Mai 2012

Absenddatum des internationalen Recherchenberichts

08/06/2012

Name und Postanschrift der Internationalen Recherchenbehörde
 Europäisches Patentamt, P.B. 5818 Patentlaan 2
 NL - 2280 HV Rijswijk
 Tel. (+31-70) 340-2040,
 Fax: (+31-70) 340-3016

Bevollmächtigter Bediensteter

Fenzl, Birgit

INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT

Angaben zu Veröffentlichungen, die zur selben Patentfamilie gehören

Internationales Aktenzeichen

PCT/EP2012/050585

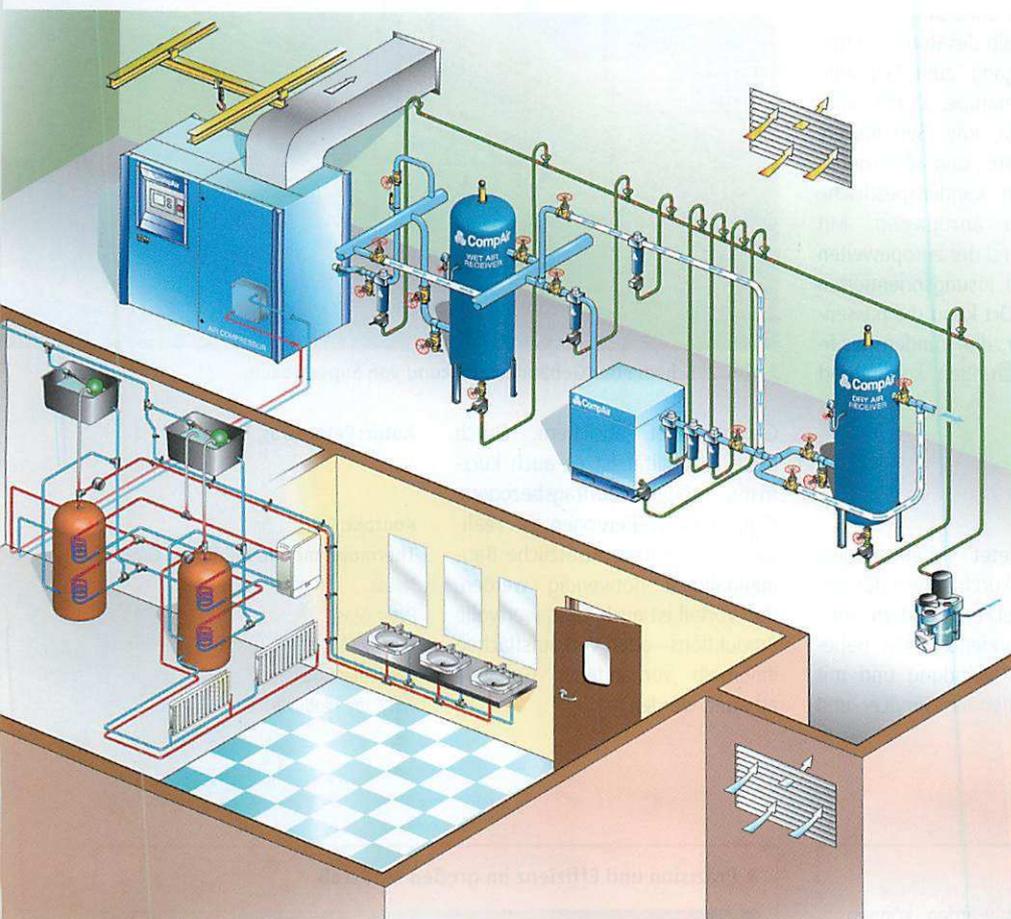
Im Recherchenbericht angeführtes Patentdokument	Datum der Veröffentlichung	Mitglied(er) der Patentfamilie	Datum der Veröffentlichung
EP 0882896	A1	09-12-1998	DE 29720248 U1 12-02-1998
			DE 59808124 D1 05-06-2003
			EP 0882896 A1 09-12-1998

DE 2653012	A1	24-05-1978	KEINE

US 4177676	A	11-12-1979	KEINE

Druckluft: Edelennergie mit Potential

Bericht vom Praxisseminar in Kastellaun



■ Abb. 1: Zukunftsweisend für sparsamen Ressourcengebrauch bietet eine optimierte Druckluftherzeugung und -verteilung wertvolle Ansätze, die sich in kurzer Zeit rechnen.



■ Dr. Jürgen Kreuzig, LVT

Einsparpotentiale in der Größenordnung von 38 % bei den Druckluftkosten sind ein lohnendes Ziel für Produktionsverantwortliche. Im Detail entfallen davon 20 % auf Verteilung und Nutzung, 6 % auf den Kompressor, 5 % auf die Gesamtanlage, 4 % auf Wärmerückgewinnung. Weitere 2 % bzw. 1 % Einsparpotentiale ergeben sich bei der Steuerung und der Aufbereitung der Druckluft. Typische Amortisationszeiten bei der Optimierung von Druckluftherzeugung und -verteilung liegen zwischen sechs und 24 Monaten.



■ Abb. 2: Compair-Kompressor der DH-Serie.

„Druckluft ist eine Edelennergie mit großem Potential!“. Mit dieser Aussage startete der Referent Dipl. Ing. Peter Otto, Geschäftsführer der Firma Postberg + Co. Druckluft-Controlling, das Druckluftseminar. Es fand vom 10.–11. Mai unter dem Titel „Energie- und Kosteneinsparung in der Druckluftherzeugung und im Druckluftnetz“ statt. Rund 25 Teilnehmer folgten der Einladung des Veranstalters Compair ins Burgstadt Hotel nach Kastellaun. Der Gesamtvertriebsleiter stationäre Druckluftsysteme bei Compair Dirk Tenbrink begrüßte die Angereisten. Anschließend übernahm der Referent die Moderation für die Vorstellung der einzelnen Teilnehmer. Verbunden mit der Vorstellung war die Gelegenheit eigene Fragen aus der betrieblichen Praxis einzubringen. Einzelne Aspekte betrafen Qualität und Erzeugung der Druckluft, aber viele Teilnehmer interessierten sich auch für typische Fragen der Verteilung, betreffs des Druckluftnetzes mit seiner Dimensionierung und seiner Neigung zu „Wildwuchs“ und Leckage.

Einzelhauptläufer
aus Bronze
mit 6 Nuten

Kohlenstofffaser-
Dichträder (2)
mit 11 Zähnen

Keine metallische Berührung
und niedriges Pulsniveau führen
zu niedrigen Schwingungs-
und Schallwerten



Potentiale einer Edelennergie

Nach Aussage von Peter Otto entfallen rund 7% des industriellen Energieverbrauchs in Deutschland auf die Druckluftherzeugung. Dabei ist die unsichtbare „Edelennergie“ Druckluft äußerst flexibel einsetzbar, denn ihre Anwendung ist geruchsneutral, ungiftig und ungefährlich. Die kostenintensive Seite rechtfertigt den Begriff „Edelennergie“ aus dem Wirkungsgrad der Druckluftherzeugung: Nur 6,9% der eingesetzten elektrischen Energie werden in Druckluft bzw. mechanische Expansionsarbeit umgesetzt. Die größten Verluste entfallen mit 76,8% auf Kompressions- und Leerlaufverluste. Diese Anteile gehen ebenso wie die Motorverluste (9,9%) als Abwärme an der Druckluftstation verloren. Ein Druckluftmotor benötigt 20 Mal so viel Energie wie ein leistungsgleicher Elektromotor. „Für mich ist Druckluft die teuerste Energie, die Sie im Unternehmen haben.“ sagte der Referent und bezifferte das Rationalisierungspotential allein in Deutschland mit einer Größenordnung von 400 Mio. €. Das größte Einsparpotential im Umgang mit dieser Edelennergie erschließt sich durch die Beseitigung von Leckagen im Druckluftnetz.

Druckluftherzeugung

Der Seminarteil Druckluftherzeugung erläuterte im Einstieg Einheiten und

Begriffe zum Verdichtungsprinzip. Ein Betriebskubikmeter mit 8 Bar Überdruck entspricht 9 Bar Absolutdruck und entstand aus der Verdichtung von 9 m³ Luft von einem Bar. Es folgte eine Darstellung der Kompressorarten und Verdichtungsprinzipien unterschiedlicher Anbieter mit ihren spezifischen Leistungsziffern. Im Detail bieten ölfreie zweistufige Schraubenkompressoren eine effiziente Druckluftherzeugung, geringere Leerlaufverluste als öleingespritzte Kompressoren und eine optimale Nutzung der Abwärme/Trocknung. Demgegenüber überzeugen öl-freie zweistufige Kolbenkompressoren durch einen 5–10% höheren Wirkungsgrad und geringere Wartungskosten. Da ölfreie zweistufige Kolbenkompressoren gut regelbar sind, kommen sie einer Drehzahlregelung sehr nahe – Leerlaufverluste entfallen also bei diesem Kompressor-Prinzip. Eine Alternative in der ölfreien Druckluftherzeugung bietet die DH-Serie von Compair mit einem 10% höheren Wirkungsgrad im Vergleich zu trocken laufenden Schraubenkompressoren. Konstruktiv bietet dieses innovative Kompressoren-Konzept aber entscheidende weitere Pluspunkte für die Betriebskosten (siehe Kasten DH-Serie).

Zu den Themen Energiebedarf und Abwärme-Nutzung von Druckluftstationen wurden Betriebsdaten in Form von Tabellen und Grafiken aus unterschiedlichsten Branchen

■ DH-Serie

Im Detail besteht die Verdichterstufe aus zwei Kohlefaserdichträdern und einem einzigen Hauptrotor. Letzterer ist aus Aluminiumbronze und enthält sechs Nuten. Die Zähne der Dichträder greifen in die Nutenföhrung und bilden zwei Verdichtungsräume über- und unterhalb des Hauptrotors. Kühlung und Schmierung erfolgen durch Wassereinspritzung. Die Dichträder folgen der Drehung des Hauptrotors, reduzieren das Volumen in den Nuten und verdichten so die Luft. Pro Rotordrehung werden zwölf Impulse Luft freigesetzt, verglichen mit sechs Impulsen bei einer herkömmlichen Schraube. Fehlende metallische Beröhrungsflächen und das niedrigere Pulsationsniveau föhren zu niedrigeren Schwingungs- u. Schallwerten. Im Vergleich zu herkömmlichen Schraubenverdichtern ist die Teilezahl in der Verdichterstufe reduziert. So entfällt das Getriebe, die Anzahl der Lagerungen ist um mehr als die Hälfte reduziert und es werden nur zwei Dichtungen benötigt während herkömmliche ölfreie Verdichter mehr als 15 benötigen. Die Konstruktion kommt auch mit verringerten Drehzahlen aus und geringeren Verdichtertemperaturen aus. All das sind Pluspunkte für eine lange Lebensdauer und niedrige Wartungskosten. Diese absolut ölfreie Technologie trägt den Namen PureAir.

gezeigt. Ein entscheidender Faktor für die Energieeffizienz ist der Überdruck im Druckluftnetz. Nach Daten des VDI Druckluftberichtes 1681 steigt der Leistungsmehraufwand im Mittel um 7% für jedes weitere Bar Überdruck. Grafiken

zeigten u.a. einen Jahreskostenvergleich abhängig von den Kompressorarten und branchespezifische Kostenanalysen.

Der weitere Verlauf des Druckluftseminars behandelte die Themenkomplexe Kondensattechnik,

CompAir – Ihr Partner für reine Druckluft.

**Absolut kein Öl.
Absolut kein Risiko.**

CompAir bietet innovative Verdichtungs-technologien und liefert hochwertige ölfreie Druckluft für nahezu alle Anwendungsgebiete.

Minimierte Energiekosten, reduzierte Lebenszykluskosten und einfache Wartung.

PureAir™
Technology by CompAir

CompAir
Part of the Gardner Denver Group

www.compair.de



„Wir sollten in Deutschland mit 6,5 bar Überdruck auskommen. Jeden Anlagenbauer, der in seiner Anlage nicht mit 6,5 bar auskommt, würde ich fragen: Warum?“.

Peter Otto

■ Abb. 3: Referent des Seminars im Auftrag von Compair war Dipl. Ing. Peter Otto. Er absolvierte ein Studium der regenerativen Energien in Kassel und ist Geschäftsführer der Firma Postberg + Co. Druckluft-Controlling.



■ Abb. 4: Reiner Griesang (links) führt die Teilnehmer durch das Werk am Compair-Standort Simmern.

Luftqualität und bedarfsorientierte Druckluftaufbereitung. Insbesondere wurden Kondensataufbereitungsverfahren, Druckluftqualitätsklassen und deren Bedeutung für die praktische Anwendung erläutert.

Druckluftcontrolling

Effizientes Druckluftcontrolling orientiert sich an den aufeinanderfolgenden Schritten messen, analysieren, lokalisieren und beseitigen. 20 % Einsparpotential bei den Druckluftkosten erschließen sich aus der Verteilung und Nutzung der Druckluft.

Eine wesentliche Quelle von Druck- und damit Energieverlusten stellt dabei das Druckluftleitungsnetz dar. Bei Neubauten ist man mit einem neuen Druckluftnetz in einer komfortablen Situation und entscheidet sich bei der Netztopographie z.B. für eine Ringleitung. Oder die Entscheidung fällt im ersten Schritt für eine Stichleitung mit kurzen Wegen, die dann bei einer späteren Produktionserweiterung zu einer Ringleitung ergänzt wird.

Im Laufe der Jahre kommt es zu Netzerweiterungen mit neuen Leitungen und Verbrauchstellen – ein gewisser „Wildwuchs“ stellt sich ein. Damit vermehren sich typische „Druckfresser“ im Leitungsnetz, wie lange Strecken, T-Stücke, Abzweigungen, kleine Innendurchmesser, enge Leitungskrümmen, Verengungen, zusätzliche Armaturen und Anschlüsse. In der Praxis kommt es dann durchaus vor, dass nicht erkannte Druckverluste aus dem Leitungsnetz einer vermeintlich „unzureichenden“ Leistung der Kompressorstation angelastet werden.

Bei Leckagen im Leitungsnetz entstehen im Jahresverlauf sehr schnell Kosten- im fünf- bis sechsstelligen Eurobereich. Als ein Verursacherbeispiel für solche Unkosten nannte Peter Otto aus seiner Praxis einen nicht erkannten offenen Schlauch mit 6 mm Durchmesser am Druckluftnetz. Sensibel für Leckage Verluste sei deshalb auch die Druckluftabnahmestelle selbst: Innerhalb der Werkzeuge entstehen ohne Wartung Undichtigkeiten. Schnellkupplungen und Verschleißteile müssen regelmäßig ersetzt werden und auch falsch dimensionierte Düsen beim Ausblasen sind unwirtschaftlich. Geschlossene Absperrorgane wie Kugelhähne an den Druckluftwerkzeugen bzw. Verbrauchern zahlen sich in jedem Fall aus. Mobile Messungen am Arbeitsplatz zeigen: 90 % der Leckage Verluste sind an den Verbrauchern zu finden.

Dauerhaftes Druckluftcontrolling sichert die erzielten Erfolge durch kontinuierliche Messung. Die Installation von Messstellen für Volumenströmen und die kontinuierliche Erfassung von Messdaten und die daraus abgeleiteten Kennzahlen schaffen dauerhafte Transparenz für das Energiemanagement. Zudem liefert die Datenanalyse des Druckluftcontrollings frühzeitige Hinweise auf notwendige Instandhaltungsmaßnahmen. Mit dem Ziel, unnötig teure Leerlaufzeiten zu vermeiden, behandelte der letzte Teil des Seminars anhand umfangreicher Messdatendiagramme Fragen von Regelung und Steuerung von Kom-

■ Teilnehmerstimmen

Karsten Grimm von der Dortmunder Actienbrauerei antwortete LVT LEBENSMITTEL Industrie auf Nachfrage: „Für mich persönlich war das Seminar sehr aufschlussreich. Vor allem der Punkt „Energieeffizienz“ von Druckluft, beziehungsweise die „Berechnung der Energieeffizienz“ war für mich als Anwender sehr interessant. Überhaupt hat sich mein Blickwinkel auf Druckluft als Energie nach dem Seminar doch sehr sensibilisiert und ich konnte einige Lösungsansätze mit nach Hause nehmen. Positiv muss ich auch noch den Dozenten erwähnen, der zu jeder Frage auch kompetent antworten konnte und keine Werbeveranstaltung betrieb.“

Stefan Graf von Delica war aus der Schweiz angereist und äußerte sich wie folgt: „Da ich mich erst gerade im Studium mit der Thematik beschäftigt habe, war ich zuerst unsicher, ob sich der Aufwand mit der weiten Anfahrt lohnt. Ich wurde aber sehr positiv überrascht und habe noch einiges Neues gelernt und gesehen, denn das Seminar ist top innovativ und auf dem neusten Stand der Technik aufgebaut.“

pressoren. Dieser Teil erörterte die Anpassung von Kompressoren und deren Verbundstationen an eine bedarfsgerechte Druckluftherzeugung. Der Kombination von drehzahleregelten Kompressoren und der Abstimmung der Regelbereiche mit den vorhandenen Standardkompressoren fällt dabei eine Schlüsselposition zu.

Seminartermine im September und November

Als Informationsmaterial standen jedem Teilnehmer die Schulungsunterlagen und umfangreiche Technikdokumentationen als Farbausdruck und auf einem Datenträger zur Verfügung. Die gemeinsamen Mittagessen, Kaffeepausen und eine Abendveranstaltung boten Gelegenheit zum Austausch zwischen Seminarteilnehmern, dem Referenten und Spezialisten vor Ort. Für die Fachfragen der Teilnehmer waren von Veranstalterseite u.a. Kirsten Waldmann, Werner Struck und Dirk Tenbrink vor Ort. Regen Zuspruch verzeichnete auch die Werksbesichtigung bei Compair in Simmern, die Rainer Griesang am 11. Mai durchführte. Weitere Termine des Druckluftseminars 2012 in Kastellaun sind für den 20.–21. September und für den 22.–23. November geplant.

Fazit

Von der in Kastellaun angebotenen komplexen Themenfülle zeigt dieser Artikel einen kleinen Ausschnitt. Für sein Druckluftseminar hat der Veranstalter Compair mit Peter Otto von Postberg + Co. einen kompetenten Referenten eines herstellereigenen Unternehmens gewonnen. Alle technischen Prinzipien wurden herstellerneutral mit ihren individuellen Vor- und Nachteilen dargestellt. Rechenbeispiele zu Parametern aus der Praxis zeigten, dass schon kleine Änderungen oder Erweiterungen schnell Kosten einsparen. Unter den Teilnehmern waren u.a. Druckluftverantwortliche, Betriebsleiter und Instandhalter. Sie brachten ihre eigenen Fragestellungen in das Seminar mit ein und erhielten so wertvolle Hinweise für ihre möglichen Kosteneinsparungen in ihrer täglichen Praxis.

Autor: Dr. Jürgen Kreuzig, LVT

Kontakt:

Compair Drucklufttechnik Gardner Denver Deutschland GmbH

Simmern
Dirk Tenbrink
Tel.: 06761/832349
dirk.tenbrink@compair.com
www.compair.com

Postberg + Co. Druckluftcontrolling GmbH

Kassel
Dipl. Ing. Peter Otto
Tel.: 0561/506309-75
peter.otto@postberg.com
www.postberg.com

■ Kommentar

Im Editorial der VDMA – Publikation „Pumpen und Kompressoren für den Weltmarkt 2012“ schreiben Dr. Sönke Brodersen und Alexander Peters „viel zu selten wird Nachhaltigkeit in einem Atemzug mit dem Maschinen- und Anlagenbau genannt.“ Dem kann man sich nur anschließen und in der Tat erzielen Maschinenbauunternehmen auf diesem Sektor ausgezeichnete Leistungen. Ergänzend zu diesem Aspekt sind es stets die Menschen in der Produktion, die ihre Prozesse und Maschinen kennen, Potentiale erkennen und nutzen (dazu der Artikel von Prof. Andreas Syska in dieser Ausgabe). Manchmal kommen ganze Produktionsstandorte in Sachen Nachhaltigkeit entscheidende Schritte nach vorne (dazu das Beispiel von Nestlé im Artikel von Dirk Volta in dieser Ausgabe). Solche Durchbrüche in Sachen Nachhaltigkeit machen Hoffnung für die Zukunft. Hinter solchen Erfolgen steht interessanterweise immer eine konstruktive Kultur beim Austausch zwischen allen Beteiligten in den Unternehmen über das Wissen um die Maschinen und Prozesse. Veranstaltungen wie das Druckluftseminar in Kastellaun geben hier wertvolle Impulse in die Unternehmen und setzen Akzente. Auch hier überzeugte Peter Otto als Referent: Er integrierte die betrieblichen Fragestellungen aller Teilnehmer von Beginn an und fragte stets nach, ob der jeweilige Punkt in Sinne der Teilnehmer geklärt sei. Es ist ohne Zweifel lohnend, wenn Unternehmen ihre Mitarbeiter in diese Richtungen qualifizieren. JK



Lokale Wirtschaft

Lob von Gauck für Kasseler Ökotechnik

Kassel. Auf Einladung von Bundespräsident Joachim Gauck hatte das Kasseler Unternehmen Postberg & Co. Druckluftcontrolling jetzt die Gelegenheit, seine Produkte bei der 4. Woche der Umwelt im Garten von Schloss Bellevue in Berlin zu präsentieren. Vor

14 000 Besuchern zeigten 200 Unternehmen, Institutionen und Forschungseinrichtungen ausgewählte und zukunftsweisende Umwelttechnologien. Postberg stellte eine Kompressor-Technik vor, die nach Firmenangaben

pro Jahr Einsparungen von bis zu 240 Tonnen Kohlendioxid möglich macht. Hauptanwendungsfelder seien etwa die Nahrungs- und Getränke-, Gummi- und Kunststoffindustrie. Anstelle von Druckluft kann laut Postberg auch erneuerbar erzeugtes Biogas eingesetzt werden, was noch 40 Prozent mehr Einsparpotenzial bringe. (asz)



Präsentation im Garten von Schloss Bellevue: Hans-Jürgen Postberg (links) im Gespräch mit Bundespräsident Joachim Gauck. Foto: nh

Per Fax an +49 (0)561 506 309 -71

ANMELDUNG

zur verbindlichen Teilnahme an dem Druckluffteffizienzseminar:

Ziel: 2 Grad für das Klima

Ernten Sie mit uns die Früchte der Zukunft - Die Druckluffteffizienz

21. - 22. März 2013, zweitägig, 495 € (zzgl. MwSt.)

21. März 2013, eintägig, 295 € (zzgl. MwSt.)

20. - 21. Juni 2013, zweitägig, 495 € (zzgl. MwSt.)

20. Juni 2013, eintägig, 295 € (zzgl. MwSt.)

19. - 20. September 2013, zweitägig, 495 € (zzgl. MwSt.)

19. September 2013, eintägig, 295 € (zzgl. MwSt.)

28. - 29. November 2013, zweitägig, 495 € (zzgl. MwSt.)

28. November 2013, eintägig, 295 € (zzgl. MwSt.)

Ihre Angaben (Name und Firma) werden in der Teilnehmerliste aufgeführt.

Firma _____

Name _____

Funktion _____

Telefon _____

E-Mail _____

Anschrift _____

Datum und Unterschrift

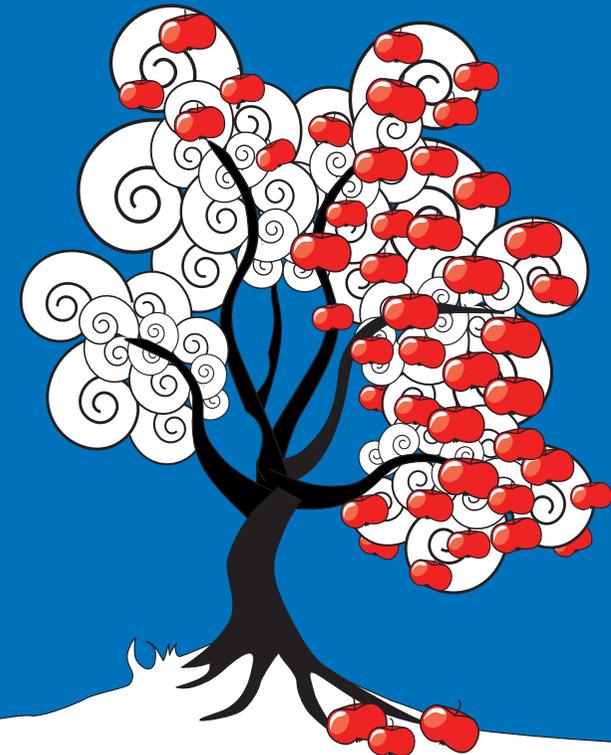
Zahlungs- und Teilnahmebedingungen wie im Faltblatt aufgeführt.

Adresse umseitig.

Druckluffteffizienzseminar

Ziel: 2 Grad für das Klima

Ernten Sie mit uns die Früchte der Zukunft - Die Druckluffteffizienz



ORGANISATION & INFORMATION



POSTBERG+Co.
Druckluftcontrolling GmbH

Postberg+Co. Druckluftcontrolling GmbH

Karolin Winklhöfer

Emilienstr. 37

34121 Kassel

Tel.: +49 (0)561 / 506 309 70

Fax: +49 (0)561 / 506 309 71

kw@postberg.com

21. - 22. März 2013

20. - 21. Juni 2013

18. - 20. September 2013

28. - 29. November 2013

VERANSTALTUNGSINHALT

62% Einsparung bei der industriellen Druckluft- und Wärmeerzeugung

Druckluft ist aufgrund herausragender Vorteile eine der wesentlichen Energieformen in der Industrie. Allerdings ist elektrisch erzeugte Druckluft auch der teuerste industrielle Energieträger. In der konventionellen Wankungskette von Primärenergie in Druckluft wird ein Wirkungsgrad von nur 3 % erreicht. Ein Großteil der Abwärme bleibt oft ungenutzt.

Anstatt Druckluft aus elektrischer Energie zu erzeugen, kann der Kompressor mit Erdgas oder Biomethan angetrieben werden. Hierdurch wird die bei der Wanklung endstehende Abwärme zu fast 100% industriell verfügbar gemacht. In Kombination mit geschlossenen Druckluftkreisläufen wird die verfügbare Nutzenergie am Druckluftverbraucher nahezu verdoppelt.

Mit dem KWK-Druckluft+System werden mehrere Effizienzsprünge miteinander kombiniert. Der Primärenergiebedarf für die Druckluft- und Wärmeerzeugung wird somit nahezu auf ein Drittel reduziert.

Unter dem Strich wird aus Gas Wärme erzeugt – die Druckluft entsteht als „Bonusenergie“ zur Refinanzierung des Systems.

ZIELGRUPPE

In Kooperation mit namhaften Industrieunternehmen aus der Energiewirtschaft und der Firma Hübner GmbH hat Postberg+Co. diesen neuen Weg zur Erzeugung und Nutzung der Druckluft eingeschlagen und für die Praxis anwendbar gemacht.

Dieses neue Druckluftkonzept ist besonders interessant für Anwender aus mittelständischen Unternehmen, wie beispielsweise aus den Branchen Nahrungs-, Getränke-, Gummi- und Kunststoffindustrie, die ganzjährig Wärmebedarf haben.

Aufgrund der für Wärme-Contracting kurzen Amortisationszeit ist der industrielle Betrieb auch ökonomisch sehr attraktiv. Die Inbetriebnahme zahlreicher Anlagen ist das gesetzte Ziel im Rahmen des DBU-Projektes.

Hinsichtlich der Treibhausgas-emissionen können die Anwender eines KWK-Druckluft+Systems 240 Tonnen CO₂ pro Jahr einsparen. Wahlweise kann auch erneuerbar erzeugtes Biogas eingesetzt werden, mit dem sogar noch 40% mehr CO₂ eingespart wird.

1°
Erneuerbare
Energien



1°
Energie-
Effizienz

MESSEN IST WISSEN

Mittels einer, durch die DBU geförderten und rückführbaren Messwertkette des neuentwickelten PB+CO₂@ntrollers werden die tatsächlichen Wirkungsgrade praktisch messbar gemacht. Diese Lösung kombiniert zwei diversitäre Messverfahren in einem System. Durch einen konsistenten Vergleich aller Nutzenergien auf Basis des Primärenergiebedarfs sind unterschiedliche Systeme miteinander vergleichbar. Damit bleibt auch die Energieeffizienz im Betrieb der Anlage nachhaltig kontrollierbar. Die politisch geforderte Energieeffizienz als wichtiger Bestandteil der Europäischen Energiepolitik wird dadurch messbar. Zuschlagsabrechnung nach dem bundesdeutschen KWKG §8 sind damit manipulationssicher möglich.

PROGRAMM

Donnerstag

9.00 Uhr Begrüßung und Kurzvorstellung der Dozenten und der Teilnehmer

9.30 Uhr Was ist Druckluft?
- Grundbegriffe / Physikalische Grundlagen
- Druck / Volumen / Temperatur
- Möglichkeiten der Druckluftherzeugung
- Aufbereitungsalternative

10.30 Uhr Kaffeepause

11.00 Uhr Wie planen Sie eine neue Druckluftstation bzw. wie integriere Sie sinnvoll weitere Anlagen in eine bereits bestehende Station?

12.30 Uhr Mittagspause mit Mittagessen

- 13.30 Uhr Optimierung einer vorhandenen Druckluftstation
- Rohrleitungsdimensionen
 - Leckagevermeidung
 - Druckverluste
 - Moderne Steuerungssysteme
 - Einsparpotentiale mittels Drehzahlregelung
 - Moderne Kompressortechnologie (KWK Druckluft+, E.A.R.S.)
 - Wärmerückgewinnung
 - Kälteerzeugung aus Abwärme

15.00 Uhr Kaffeepause

15.30 Uhr Kennzahlenbildung für DIN ISO 50001 bzw. Controlling

17.15 Uhr Abschlussdiskussion

17.45 Uhr Ende der Veranstaltung

Freitag (optional)

9.00 Uhr Schulung und Praxis
Energiemanagement nach DIN ISO 50001

12.00 Uhr Mittagessen/ Ende der Veranstaltung

TERMINE

21. - 22. März 2013

20. - 21. Juni 2013

18. - 20. September 2013

28. - 29. November 2013

VERANSTALTUNGSORT

Hotel Chassalla
Wilhelmshöher Allee 99
34121 Kassel
www.hotel-chassalla.de

TEILNAHMEBEDINGUNGEN

Bitte melden Sie sich mit dem Antwortabschnitt dieses Faltblattes an und überweisen Sie das Teilnahmeentgelt erst nach Erhalt der Rechnung. Abmeldungen müssen drei Arbeitstage vor der Veranstaltung vorliegen, damit eine Stornierung noch möglich ist. Die maximale Teilnehmerzahl beträgt 25 Personen.

TEILNAHMEENTGELT

Eintägig 295 € (zzgl. MwSt.)

Zweitägig 495 € (zzgl. MwSt.) inkl. Übernachtung

