



(10) **DE 10 2016 214 357 B4** 2018.08.23

(12)

## Patentschrift

(21) Aktenzeichen: **10 2016 214 357.3**  
 (22) Anmeldetag: **03.08.2016**  
 (43) Offenlegungstag: **08.02.2018**  
 (45) Veröffentlichungstag  
 der Patenterteilung: **23.08.2018**

(51) Int Cl.: **F16H 61/12 (2010.01)**  
**F16H 61/688 (2006.01)**  
**F16H 61/02 (2006.01)**  
**F16H 61/30 (2006.01)**  
**F15B 1/027 (2006.01)**

Innerhalb von neun Monaten nach Veröffentlichung der Patenterteilung kann nach § 59 Patentgesetz gegen das Patent Einspruch erhoben werden. Der Einspruch ist schriftlich zu erklären und zu begründen. Innerhalb der Einspruchsfrist ist eine Einspruchsgebühr in Höhe von 200 Euro zu entrichten (§ 6 Patentkostengesetz in Verbindung mit der Anlage zu § 2 Abs. 1 Patentkostengesetz).

(73) Patentinhaber:  
**AUDI AG, 85045 Ingolstadt, DE**

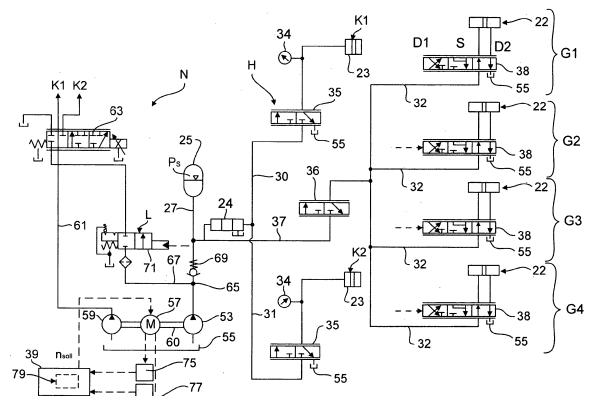
(72) Erfinder:  
**Weinhardt, Mathias, 85051 Ingolstadt, DE**

(56) Ermittelter Stand der Technik:

DE	10 2011 100 799	A1
DE	10 2013 003 894	A1
DE	10 2014 003 083	A1
JP	2010- 84 870	A

(54) Bezeichnung: **Hydrauliksystem für ein Automatikgetriebe eines Kraftfahrzeugs**

(57) Hauptanspruch: Hydrauliksystem für ein Automatikgetriebe, insbesondere Doppelkupplungsgetriebe, eines Kraftfahrzeugs, mit einem Hochdruckkreislauf (H), in dem ein Druckspeicher (25), zumindest eine Kupplung (K1, K2) sowie Gangsteller (G1 bis G4) und eine von einer elektronischen Steuereinheit (39) ansteuerbare Hydraulikpumpe (53) angeordnet sind, mittels der in einem Ladebetrieb der Speicherdruck ( $p_S$ ) im Hochdruckkreislauf (H) erhöhbar ist, wobei in einem Kupplungspfad (30, 31) zwischen dem Druckspeicher (25) und einem Kupplungs-Hydraulikzylinder (23) der Kupplung (K1, K2) ein von der Steuereinheit (39) ansteuerbares Kupplungsventil (35) angeordnet ist, mit dem ein am Kupplungs-Hydraulikzylinder (23) anliegender Hydraulikdruck einstellbar ist, und wobei stromauf des Kupplungsventils (35) ein von der Steuereinheit (39) ansteuerbares Sicherheitsventil (24) angeordnet ist, das in einer Schließstellung den Kupplungspfad (30, 31) vom Druckspeicher (25) druckentkoppelt und in einer Durchflussstellung den Kupplungspfad (30, 31) mit dem Speicherdruck ( $p_S$ ) beaufschlagt, dadurch gekennzeichnet, dass die Steuereinheit (39) ein Diagnosemodul (79) aufweist, mit dem eine Sicherheitsventil-Diagnose durchführbar ist, bei der das Sicherheitsventil (24) zu einem Diagnose-Startzeitpunkt ( $t_{start}$ ) von der Durchflussstellung (D) in die Schließstellung (S) geschaltet wird, und zwar unter Ist-Druckabnahme ( $\Delta p_{ist}$ ) stromab des Sicherheitsventils (24), und dass eine Auswerteeinheit (111) vorgesehen ist, ...



## Beschreibung

**[0001]** Die Erfindung betrifft ein Hydrauliksystem für ein Automatikgetriebe, insbesondere Doppelkupplungsgetriebe, eines Kraftfahrzeugs nach dem Patentanspruch 1.

**[0002]** Bei einem Doppelkupplungsgetriebe ist mittels zweier Teilgetriebe ein vollautomatischer Gangwechsel ohne Zugkraftunterbrechung ermöglicht. Die Übertragung des Moments erfolgt über eine von zwei Kupplungen, die die zwei Teilgetriebe mit dem Antrieb verbindet. Die Kupplungen sowie die Gangsteller zum Einlegen der Gänge werden über Hydraulikzylinder betätigt, die hydraulisch über ein Hydrauliksystem ansteuerbar sind.

**[0003]** Aus der DE 10 2014 003 083 A1 ist ein Hydrauliksystem bekannt, das einen Druckspeicher zur Bereitstellung eines Speicherdruckes im Hydrauliksystem aufweist. In einem, vom Druckspeicher zum Kupplungs-Hydraulikzylinder führenden Kupplungspfad ist ein von einer elektronischen Steuereinheit ansteuerbares Kupplungsventil angeordnet, mit dem der am Kupplungs-Hydraulikzylinder anliegende Hydraulikdruck einstellbar ist. Der Steuereinheit ist bevorzugt ein Drucksensor zugeordnet (DE 10 2013 003 894 A1), mit dem der am Kupplungs-Hydraulikzylinder anliegende Hydraulikdruck erfassbar ist. Zudem weist das Hydrauliksystem eine Lade-Hydraulikpumpe auf, die in einem Ladevorgang Hydraulikflüssigkeit in das Hydrauliksystem fördert, um den Speicherdruck zu erhöhen.

**[0004]** Wie oben erwähnt, ist im Kupplungspfad ein von der elektronischen Steuereinheit ansteuerbares Kupplungsventil angeordnet, mit dem ein am Kupplungs-Hydraulikzylinder anliegender Hydraulikdruck einstellbar ist. Das Kupplungsventil ist zwischen einer Schließstellung und einer Durchflussstellung verstellbar. Bei einer Fehlfunktion des Kupplungsventils besteht die Gefahr, dass das Kupplungsventil nicht mehr in seine Schließstellung bringbar ist, so dass dauerhaft ein hoher Hydraulikdruck am Kupplungs-Hydraulikzylinder anliegt. Für einen solchen Fehlerfall ist aus Redundanzgründen ein zusätzliches, von der Steuereinheit ansteuerbares Sicherheitsventil bereitzustellen. Das Sicherheitsventil kann stromauf des Kupplungsventils vorgesehen sein und in seiner Schließstellung den Kupplungspfad vom Druckspeicher druckentkoppeln. In der Durchflussstellung des Sicherheitsventils ist der Kupplungspfad mit dem Speicherdruck druckbeaufschlagbar.

**[0005]** Aus der DE 10 2011 100 799 A1 ist ein gattungsgemäßes Hydrauliksystem für ein Automatikgetriebe eines Kraftfahrzeugs bekannt. Aus der JP 20 10-084 870 A ist ebenfalls ein Hydrauliksystem für ein Automatikgetriebe bekannt, in dem ein Diagnosemodul integriert ist, mit dem eine Si-

cherheitsventil-Diagnose durchführbar ist. Aus der DE 10 2013 003 894 A1 ist ein weiteres Hydrauliksystem für ein Doppelkupplungsgetriebe bekannt.

**[0006]** Die Aufgabe der Erfindung besteht darin, ein Hydrauliksystem bereitzustellen, bei dem mit einem reduzierten sensortechnischen Aufwand die Betriebssicherheit des Druckspeichers gewährleistet werden kann.

**[0007]** Die Aufgabe ist durch die Merkmale des Patentanspruches 1 gelöst. Bevorzugte Weiterbildungen der Erfindung sind in den Unteransprüchen offenbart.

**[0008]** Erfindungsgemäß weist die Steuereinheit ein Diagnosemodul auf, mit dem eine Sicherheitsventil-Diagnose durchführbar ist, um eine fehlerfreie Funktion des Sicherheitsventils zu gewährleisten. Bei der Sicherheitsventil-Diagnose wird das Sicherheitsventil zu einem Diagnose-Startpunkt von seiner Durchflussstellung in die Schließstellung geschaltet, wodurch sich eine Ist-Druckabnahme stromab des Sicherheitsventils einstellt. Das Diagnosemodul weist eine Auswerteeinheit auf, die die Ist-Druckabnahme mit einer Soll-Druckabnahme vergleicht und bei Vorliegen einer signifikanten Abweichung einen Fehlerfall erkennt. Ein solcher Fehlerfall kann sich beispielhaft aufgrund von Schmutz-Ablagerungen ergeben, infolgedessen das Sicherheitsventil nicht mehr verstellbar ist.

**[0009]** Zur Erfassung der Ist-Druckabnahme ist der elektronischen Steuereinheit ein entsprechender Drucksensor zugeordnet. Hierfür wird der Drucksensor zur Erfassung eines am Kupplungs-Hydraulikzylinder anliegenden Hydraulikdruckes genutzt. Im normalen Fahrbetrieb erfüllt der Drucksensor eine Sicherheitsfunktion, bei der überwacht wird, ob die Kupplung drucklos bzw. druckbeaufschlagt ist. Während der Sicherheitsventil-Diagnose erfüllt dagegen der Drucksensor in Doppelfunktion die Erfassung des oben erwähnten Ist-Druckabfalles stromab des Sicherheitsventils. Der Drucksensor ist zwischen dem Kupplungsventil und dem Kupplungs-Hydraulikzylinder angeordnet. Zur einwandfreien Erfassung der Ist-Druckabnahme wird das Kupplungsventil um einen Zeitversatz vor dem oben erwähnten Diagnose-Startzeitpunkt in seine Durchflussstellung verstellt. Zudem ist es im Hinblick auf eine fehlerfreie Erfassung der Ist-Druckabnahme bevorzugt, wenn die Hydraulikpumpe während der Sicherheitsventil-Diagnose im Ladebetrieb ist, das heißt mit einer Drehzahl angesteuert ist, um im Hochdruckkreislauf einen ausreichend großen Speicherdruck zu gewährleisten. Außerdem ist es bevorzugt, wenn während der Sicherheitsventil-Diagnose die Gangsteller-Hydraulikzylinder vom Hochdruckkreislauf druckentkoppelt sind.

**[0010]** Der Ist-Speicherdruck im Hochdruckkreislauf ist während des Normalbetriebs und bevorzugt auch während der Sicherheitsventil-Diagnose zwischen einem oberen und einem unteren Druckschwellwert geregelt. Aus Kostengründen kann der vom Drucksensor maximal erfassbare Messbereich außerhalb, das heißt unterhalb des Ist-Speicherdruckes liegen. In diesem Fall wird während des oben erwähnten Zeitversatzes nicht der tatsächliche, im Kupplungs-Hydraulikzylinder anliegende Speicherdruck, sondern vielmehr ein oberer Grenz-Druck des Messbereiches aus dem Drucksensor ausgelesen. Bei der obigen Konstellation ist also die vom Drucksensor erfassbare Ist-Druckabnahme, bei der der Kupplungsdruck bis auf den Umgebungsdruck fällt, identisch mit dem maximalen Drucksensor-Messbereich.

**[0011]** Die Erfindung und ihre vorteilhaften Aus- und Weiterbildungen sowie deren Vorteile werden nachfolgend anhand von Zeichnungen näher erläutert.

**[0012]** Es zeigen:

**Fig. 1** ein Blockschaltdiagramm eines Doppelkupplungsgetriebes für ein Kraftfahrzeug mit sieben Vorwärtsgängen sowie einem Rückwärtsgang;

**Fig. 2a** und **Fig. 2b** ein Hydrauliksystem eines Doppelkupplungsgetriebes in einem Blockschaltdiagramm sowie grob schematisch den Aufbau eines Druckspeichers;

**Fig. 3** in einem Blockschaltdiagramm die Programmbausteine zur Druckspeicher- und Kupplungspfad-Diagnose in einem Diagnosemodul; und

**Fig. 4** Diagramme, die die Druckspeicher- und Kupplungspfad-Diagnose veranschaulichen;

**Fig. 5** in einem Blockschaltdiagramm die zur Gangstellerpfad-Diagnose erforderlichen Programmbausteine in dem Diagnosemodul;

**Fig. 6** Diagramme, die die Gangstellerpfad-Diagnose veranschaulichen;

**Fig. 7** in einem Blockschaltdiagramm die zur Speichervolumen-Diagnose erforderlichen Programmbausteine in dem Diagnosemodul;

**Fig. 8** Diagramme, die die Speichervolumen-Diagnose veranschaulichen;

**Fig. 9** in einem Blockschaltdiagramm die zur Umschaltzeitpunkt-Diagnose erforderlichen Programmbausteine in dem Diagnosemodul;

**Fig. 10** in einem Blockschaltdiagramm die zur Ventilsperrung-Diagnose erforderlichen Programmbausteine in dem Diagnosemodul;

**Fig. 11** Diagramme, die die zeitlichen Verläufe während der Umschaltzeitpunkt-Diagnose und während der Ventilsperrung-Diagnose veranschaulichen;

**Fig. 12** in einem Blockschaltdiagramm die zur Sicherheitsventil-Diagnose erforderlichen Programmbausteine in dem Diagnosemodul;

**Fig. 13** Diagramme, die die zeitlichen Verläufe relevanter Parameter während der Sicherheitsventil-Diagnose veranschaulichen;

**Fig. 14** in einem Blockschaltdiagramm die zur Fördervolumenstrom-Diagnose erforderlichen Programmbausteine in dem Diagnosemodul;

**Fig. 15** Diagramme, die die zeitlichen Verläufe während der Fördervolumenstrom-Diagnose veranschaulichen; und

**Fig. 16** eine Analyseeinheit, in die die in den Fehlerspeichern generierten Fehlersignale auslesbar sind.

**[0013]** In der **Fig. 1** ist in einer Prinzipdarstellung ein Doppelkupplungsgetriebe für ein Kraftfahrzeug mit Allradantrieb gezeigt. Das Doppelkupplungsgetriebe weist sieben Vorwärtsgänge (siehe die eingekreisten Ziffern **1** bis **7**) sowie einen Rückwärtsgang RW auf. Das Doppelkupplungsgetriebe ist nachfolgend nur insoweit beschrieben, als es für das Verständnis der Erfindung erforderlich ist. So weist das Doppelkupplungsgetriebe zwei Eingangswellen **12**, **14** auf, die koaxial zueinander angeordnet sind und über zwei hydraulisch betätigbare Lamellenkupplungen **K1**, **K2** alternierend mit der Antriebsquelle, zum Beispiel eine Brennkraftmaschine, verbindbar sind. Die Eingangswelle **14** ist als eine Hohlwelle ausgeführt, in der die als Vollwelle ausgebildete Eingangswelle **12** geführt ist. Die beiden Eingangswellen **12**, **14** treiben über Zahnradsätze der Vorwärtsgänge sowie des Rückwärtsganges auf eine achsparallel angeordnete Abtriebswelle **16** und eine als Hohlwelle gebildete Zwischenwelle **18** ab. Die Zahnradsätze der Vorwärtsgänge **1** bis **7** weisen jeweils Festzahnrad und über hydraulisch betätigbare Gangsteller schaltbare Loszahnrad auf. Die Gangsteller können beispielhaft Doppelsynchronkupplungen sein, die jeweils aus einer Neutralstellung heraus zwei benachbarte Loszahnrad schalten können.

**[0014]** In der **Fig. 2a** ist das Hydrauliksystem des Doppelkupplungsgetriebes in einem stark vereinfachten Blockschaltdiagramm dargestellt. Mit Hilfe des Hydrauliksystems werden die Hydraulikzylinder **23** der Kupplungen **K1**, **K2** sowie die Hydraulikzylinder **22** der Gangsteller betätigt. Das Hydrauliksystem weist gemäß der **Fig. 2a** einen Hochdruckkreislauf **H** sowie einen Niederdruckkreislauf **N** auf. In dem Hochdruckkreislauf **H** können die darin geschalteten Hydraulikzylinder **22**, **23** der Kupplungen **K1**, **K2** sowie der Gangsteller über einen Druckspeicher **25** mit einem Speicherdruck  $p_s$  beaufschlagt werden, der in einer Größenordnung von zum Beispiel 30 bar liegen kann. Hierzu ist eine am Druckspeicher **25** an-

geschlossene Hauptleitung **27** über Kupplungspfade **30, 31** zu den Kupplungs-Hydraulikzylindern **23** geführt und über Gangstellerspfade **32** zu den Gangsteller-Hydraulikzylindern **22** geführt. In den Gangsteller- und Kupplungspfaden **30, 31, 32** sind jeweils Kupplungs- oder Gangstellerventile **35, 38** angeordnet. Die Kupplungs- oder Gangstellerventile **35, 38** sind in nicht dargestellter Weise über eine zentrale Steuereinheit **39** ansteuerbar. Zudem ist die Steuereinheit **39** mit Drucksensoren **34** signaltechnisch in Verbindung. Die Drucksensoren **34** erfassen jeweils den an der ersten Kupplung K1 und an der zweiten Kupplung K2 anliegenden Hydraulikdruck.

**[0015]** Das Hydrauliksystem weist zudem eine Ladepumpe **53** auf, die eingangsseitig mit einem Ölsumpf **55** verbunden ist. Die Ladepumpe **53** ist zum Aufladen des Druckspeichers **25** über einen Elektromotor **57** von der Steuereinheit **39** ansteuerbar. Zudem ist die Ladepumpe **53** zusammen mit einer Kühlpumpe **59** auf einer gemeinsamen Antriebswelle **60** angeordnet, die vom Elektromotor **57** angetrieben wird. Die Kühlpumpe **59** ist ausgangsseitig mit einer Niederdruckleitung **61** in Verbindung, die zu einem Verteilerventil **63** führt. In Abhängigkeit von der Stellung des Verteilerventils **63** kann bei Vorliegen von Kühlbedarf die Hydraulikflüssigkeit zur ersten und/oder zweiten Kupplung K1, K2 und anschließend in den Ölsumpf **55** rückgeführt werden.

**[0016]** In der **Fig. 2a** zweigt die Hauptleitung **27** des Hochdruckkreislaufes H an einer Verzweigungsstelle **65** in eine Bypassleitung **67** ab, die mit der Niederdruckleitung **61** des Niederdruckkreislaufes N verbunden ist. Stromab der Verzweigungsstelle **65** ist ein später beschriebenes Rückschlagventil **69** angeordnet. Zudem ist in der Bypassleitung **67** ein Speicherladeventil **71** integriert. Das Speicherladeventil **71** kann in Abhängigkeit von Höhe des Speicherdruckes  $p_S$  im Hochdruckkreislauf H zwischen in der **Fig. 2a** gezeigten Ladestellung L und einer Kühlstellung K verstellt werden.

**[0017]** Der Speicherdruck  $p_S$  im Hochdruckkreislauf H wirkt als ein Steuerdruck, mit dem das Speicherladeventil **71** ohne zusätzliche Fremdenergie, das heißt selbsttätig, verstellbar ist. Das Speicherladeventil **71** ist dabei so ausgelegt, dass es sich in die Ladestellung L verstellt, sofern der Speicherdruck  $p_S$  im Hochdruckkreislauf H zum Beispiel einen unteren Schwellwert, zum Beispiel 25 bar, unterschreitet. Außerdem wird das Speicherladeventil **71** selbsttätig in seine Kühlstellung K verschoben, sofern der Speicherdruck  $p_S$  einen oberen Schwellwert  $p_{max}$ , zum Beispiel 28 bar, überschreitet.

**[0018]** Im Fahrbetrieb kommt es durch Betätigungen der Kupplungen K1, K2 sowie der Gangsteller G1 bis G4 zu Druckverlusten. Zudem ergeben sich weitere Druckverluste durch eine Basislecka-

ge, das heißt aufgrund von Ventilspalten oder dergleichen, im Hochdruckkreislauf H. Dadurch wird der Speicherdruck  $p_S$  während des Fahrbetriebes reduziert. Für den Fall, dass der Speicherdruck  $p_S$  den unteren Schwellwert  $p_{min}$  unterschreitet (das heißt es liegt ein Druckspeicher-Ladebedarf vor), verstellt sich das Speicherladeventil **71** selbsttätig in seine Ladestellung L (**Fig. 2a**). Bei Erkennen des Druckspeicher-Ladebedarfs steuert die Steuereinheit **39** den Elektromotor **57** mit einer Lade-Solldrehzahl an. Dadurch kann die Lade-Hydraulikpumpe **53** den Druckspeicher **25** aufladen. In einem solchen Ladebetrieb arbeitet die Lade-Hydraulikpumpe **53** unter großer Pumpenlast und daher mit entsprechend großer Ist-Stromaufnahme  $I_{max}$  (**Fig. 11**). Überschreitet der Speicherdruck  $p_S$  den oberen Schwellwert  $p_{max}$  (**Fig. 11**), das heißt es liegt kein Druckspeicher-Ladebedarf mehr vor, so stellt sich das Speicherladeventil **71** selbsttätig in seine Kühlstellung K. In der Kühlstellung K fördert die Lade-Hydraulikpumpe **53** über die nunmehr geöffnete Bypassleitung **67** Hydrauliköl in den Niederdruckkreislauf N. Gleichzeitig ist der Hochdruckkreislauf H über das Rückschlagventil **69** druckdicht geschlossen. Entsprechend arbeitet die Lade-Hydraulikpumpe **53** nicht mehr mit hoher, sondern mit einer reduzierten Pumpenlast sowie entsprechend geringer Ist-Stromaufnahme  $I_{min}$  (**Fig. 11**).

**[0019]** Wie oben erwähnt, steuert die Steuereinheit **39** bei Erkennen eines Druckspeicher-Ladebedarfs den Elektromotor **57** mit einer Lade-Solldrehzahl an. Zum Erkennen eines solchen Druckspeicher-Ladebedarfs ist erfindungsgemäß auf einen Drucksensor im Hochdruckkreislauf H oder einem Lagesensor im Speicherladeventil **71** verzichtet. Anstelle dessen weist die Steuereinheit **39** eine Auswerteeinheit auf. Die Auswerteeinheit ist signaltechnisch in Verbindung mit einer in der Motoransteuerung integrierten Strommesseinrichtung **75**, die eine Ist-Stromaufnahme  $I_{ist}$  des Elektromotors **57** erfasst, und mit einem Drehzahlsensor **77**, der eine Ist-Drehzahl  $n_{ist}$  des Elektromotors **57** erfasst.

**[0020]** In der **Fig. 2b** ist der grundsätzliche Aufbau sowie die Funktionsweise des Druckspeichers **25** ersichtlich. Demzufolge ist der Druckspeicher **25** eine Kolben-Zylinder-Einheit mit einer, mit den Hydraulikleitungen **27, 31, 32** verbundenen Ölkammer **26** und einem vorgespannten Druckkolben **28**. Die Vorspannung wird hier beispielhaft durch einen Gasdruck erzielt, der am Druckkolben **28** anliegt. Alternativ kann die Vorspannung auch durch eine Feder erzielt werden. Bei vollständig entleerter Ölkammer **26** wird der Druckkolben **28** (in der **Fig. 2b** in gestrichelter Linie angedeutet) mit einer Vorspannkraft  $F_V$  gegen einen Anschlag **29** des Druckspeichers **25** gedrückt. Das heißt, dass bei einem Befüllvorgang zur Überwindung der Vorspannkraft  $F_V$  ein Hydraulikdruck anliegt, der größer ist als ein, mit der Vorspannkraft  $F_V$  korrelierender Vorspanndruck  $p_V$ .

**[0021]** In der **Fig. 2b** ist der Druckspeicher **25** in einem teilbefüllten Zustand gezeigt, bei dem das Hydrauliköl unter Aufbau der Vorspannkraft  $F_V$  mit einem Speicherdruck am Druckkolben **28** anliegt. Im vollkommen entleerten Zustand werden die Hydraulikleitungen **27, 31** nicht mittels des Druckspeichers **25** druckbeaufschlagt. Vielmehr herrscht in den Hydraulikleitungen **27, 31, 32** Umgebungsdruck  $p_U$  vor. Eine Betriebsbereitschaft des Automatikgetriebes ist dann gegeben, wenn sämtliche Hydraulikleitungen **27, 31, 32** mit Hydrauliköl gefüllt sind und in den Hydraulikleitungen **27, 31, 32** ein Hydraulikdruck anliegt, der größer als der Vorspanndruck  $p_V$  ist, und zwar um einen vorgegebenen Druckoffset, damit die Betriebsbereitschaft nicht sofort nach Abschaltung der Ladepumpe **53** aufgrund einer Basisleckage wieder verloren geht.

**[0022]** In der **Fig. 2a** weist die Steuereinheit **39** ein Diagnosemodul **79** auf, mit dem das Ladeverhalten prüfbar ist, und zwar insbesondere der Sachverhalt prüfbar ist, ob der tatsächliche Vorspanndruck  $p_V$  im Druckspeicher **25** mit einem in der Spezifikation angegebenen (d.h. konstruktiv vorgegebenen) Referenz-Vorspanndruck  $p_{VRef}$  übereinstimmt. Die hierzu erforderlichen Programmbausteine sind in der **Fig. 3** skizziert. Demnach weist das Diagnosemodul **79** eine Auswerteeinheit **80** auf, mit der ein in einem Kennfeld **83** hinterlegter temperaturabhängiger Vorspanndruck  $p_{VRef}$  mit einem später beschriebenen Ist-Speicherdruck  $p_S(t_V)$  (**Fig. 4**) verglichen wird.

**[0023]** Der Ist-Speicherdruck  $p_S(t_V)$  wird zu einem später beschriebenen Vorspanndruck-Zeitpunkt  $t_V$  vom Drucksensor **34** erfasst. Während des Diagnosebetriebs ist das Kupplungsventil **35** in einem der Kupplungspfade **30, 31** dauerhaft geöffnet, während das Kupplungsventil **35** im anderen Kupplungspfad geschlossen ist.

**[0024]** Bei einer einwandfreien Druckspeicher-Funktion stimmt der im Vorspanndruck-Zeitpunkt  $t_V$  erfasste Ist-Speicherdruck  $p_S(t_V)$  mit dem Referenz-Vorspanndruck  $p_{VRef}$  überein. Bei einer signifikanten Vorspanndruck-Abweichung stellt dagegen die Auswerteeinheit **80** einen Vorspanndruck-Fehler fest, der in einem Vorspanndruck-Fehlerspeicher **81** (**Fig. 3**) hinterlegt wird. Sofern festgestellt ist, dass der Druckspeicher **25** in Ordnung ist, wird mittels einer weiteren Auswerteeinheit **82** (**Fig. 3**) des Diagnosemoduls **79** eine später beschriebene Kupplungspfad-Diagnose durchgeführt.

**[0025]** Nachfolgend wird die Druckspeicher-Diagnose (d.h. Vorspanndruck-Diagnose) und die Kupplungspfad-Diagnose anhand der **Fig. 3** und **Fig. 4** erläutert: So wird zur Vorbereitung der Druckspeicher-Diagnose die Ölkammer **26** des Druckspeichers **25** vollständig entleert und der Ist-Speicherdruck  $p_S(t)$  im Hydrauliksystem auf einen Umgebungsdruck  $p_U$  re-

duziert, so dass zu einem Diagnose-Startzeitpunkt  $t_S$  (**Fig. 4**) die Druckspeicher-Diagnose beginnen kann. Die vorbeschriebene Diagnosestart-Bedingung wird durch eine Betätigung der Hydraulikzylinder **22, 23** der Kupplungen **K1, K2** und der Gangsteller **G1** bis **G4** erzielt, wie es in dem oberen Stellweg-Diagramm der **Fig. 4** angedeutet ist. Demzufolge werden die Hydraulikzylinder **22, 23** durch eine Bestromung der jeweiligen Kupplungs- oder Gangstellerventile **35, 38** solange intermittierend angesteuert, bis aufgrund der mit der Hydraulikzylinder-Betätigung verbundenen Hydraulikflüssigkeits-Entnahme der vom Drucksensor **34** erfasste Speicherdruck  $p_S$  auf den Umgebungsdruck  $p_U$  reduziert ist. Das Vorliegen eines solchen Umgebungsdruckes  $p_U$  kann durch den Drucksensor **34** erfasst werden. Alternativ dazu kann durch Positionssensoren **93** in den Hydraulikzylindern **22, 23** ermittelt werden, ob der jeweilige Hydraulikzylinder **22, 23** noch eine Stellweg  $s$  (**Fig. 4**) zurücklegt oder nicht. Falls nicht, wird daraus gefolgert, dass im Hydrauliksystem ein Umgebungsdruck  $p_U$  vorliegt.

**[0026]** Anschließend startet zum Zeitpunkt  $t_S$  (**Fig. 4**) der Diagnose-Ladebetrieb, bei dem die Hydraulik-Ladepumpe **53** mit einer konstanten Lade-Drehzahl  $n_L$  (**Fig. 4**, unteres Diagramm) angesteuert wird. Exemplarisch wird zunächst mittels des im ersten Kupplungspfad **31** angeordneten Drucksensors **34** der Ist-Speicherdruckverlauf  $p_S(t)$  erfasst, wie er in der **Fig. 4**, mittleres Diagramm wiedergegeben ist. Demzufolge erhöht sich der Speicherdruck  $p_S$  bis zu dem Vorspanndruck-Zeitpunkt  $t_V$ , bei dem der vom Drucksensor **34** erfasste Ist-Speicherdruck  $p_S(t_V)$  den Druckspeicher-Vorspanndruck  $p_V$  erreicht hat.

**[0027]** Wie oben bereits angedeutet, ist bei einer fehlerfreien Druckspeicher-Funktion der im Vorspanndruck-Zeitpunkt  $t_V$  erfasste Ist-Speicherdruck  $p_S(t_V)$  (unter Berücksichtigung von Temperaturabhängigkeiten) identisch mit einem Referenz-Vorspanndruck  $p_{VRef}$ . Bei einer signifikanten Abweichung zwischen dem im Vorspanndruck-Zeitpunkt  $t_V$  erfassten Ist-Speicherdruck  $p_S(t_V)$  und dem Referenz-Vorspanndruck  $p_{VRef}$  stellt die Auswerteeinheit **80** einen Vorspanndruck-Fehler fest. Im weiteren Diagnose-Ladebetrieb wird nach dem Vorspanndruck-Zeitpunkt  $t_V$  die Ölkammer **26** des Druckspeichers **25** gefüllt, und zwar unter Verstellung des Druckkolbens **28**.

**[0028]** Wie aus der **Fig. 4**, mittleres Diagramm, hervorgeht, steigt im Diagnose-Ladebetrieb der Ist-Speicherdruckverlauf  $p_S(t)$  bis zum Erreichen des Vorspanndrucks  $p_V$  im Druckspeicher **25** (d.h. bis zum Vorspanndruck-Zeitpunkt  $t_V$ ) mit einem steilen Druckgradienten  $\dot{p}_1$  an. Im weiteren Verlauf (d.h. nach dem Vorspanndruck-Zeitpunkt  $t_V$ ) steigt der Ist-Speicherdruckverlauf  $p_S(t)$  dagegen lediglich mit einem flacheren Druckgradienten  $\dot{p}_2$  an. Diese für den Druckspeicher **25** charakteristische Ladekurve wird zur Ermittlung des Vorspanndruck-Zeitpunkts  $t_V$  wie

folgt genutzt: So erfasst die Auswerteeinheit **80** die Druckgradienten  $\dot{p}_1$ ,  $\dot{p}_2$  des Ist-Speicherdruckverlaufes  $p_S(t)$ . Bei Erfassen einer stufenartigen Gradienten-Änderung zwischen den Druckgradienten  $\dot{p}_1$  und  $\dot{p}_2$  erkennt die Auswerteeinheit **80** den Vorspanndruck-Zeitpunkt  $t_V$ .

**[0029]** Sofern in der obigen Vorspanndruck-Diagnose kein Vorspanndruck-Fehler erkannt wird, erfolgt unmittelbar anschließend die Kupplungspfad-Diagnose: Hierzu wird einfach der während der Druckspeicher-Diagnose erfolgende Diagnose-Ladebetrieb fortgesetzt, bis der Drucksensor **34** einen oberen Schwellwert  $p_{\max}$  (**Fig. 4**, mittleres Diagramm) erreicht. Der obere Schwellwert  $p_{\max}$  liegt in der **Fig. 4**, mittleres Diagramm, um eine Druckdifferenz  $\Delta p$  über dem Vorspanndruck  $p_V$  des Druckspeichers **25**. Nach dem Ende des Diagnose-Ladebetriebs vergleicht eine zweite Auswerteeinheit **82** einen Druckgradienten  $\dot{p}_3$  des Ist-Speicherdruckverlaufes  $p_S(t)$  mit einem Referenz-Druckgradienten  $\dot{p}_{\text{Ref}}$ , der temperaturabhängig in einem Kennfeld **84** (**Fig. 3**) im Diagnosemodul **79** hinterlegt ist. Die Auswerteeinheit **82** ermittelt aus dem Vergleich, ob ein fehlerfreier oder fehlerbehafteter Leckagebedingter Druckabfall im Ist-Speicherdruckverlauf  $p_S(t)$  vorliegt.

**[0030]** Es ist hervorzuheben, dass die Kupplungspfad-Diagnose nur unter der Bedingung erfolgt, dass die Auswerteeinheit **80** keinen Vorspanndruck-Fehler feststellt. Bei Fehlerfreiheit im Druckspeicher **25** können fehlerhafte Leckagen eindeutig dem Kupplungspfad **31** zugewiesen werden. Sowohl bei der Druckspeicher-Diagnose als auch bei der Kupplungspfad-Diagnose ist das in der Verbindungsleitung **37**, die die Hauptleitung **27** mit den Gangstellerpfaden **32** verbindet, angeordnete Druckregelventil **36** geschlossen.

**[0031]** Zur Plausibilisierung des in der Vorspanndruck-/Kupplungspfad-Diagnose erzielten Ergebnisses kann der oben anhand des ersten Kupplungspfad **30** dargelegte Diagnosebetrieb doppelt durchgeführt werden, und zwar im Rahmen einer ersten Teildiagnose A mit Hilfe des im ersten Kupplungspfad **30** angeordneten Drucksensors **34** sowie mit dem im zweiten Kupplungspfad **31** geschlossenen Kupplungsventil **35**. Anschließend kann der obige Diagnosebetrieb im Rahmen einer zweiten Teildiagnose B durchgeführt werden, und zwar mit dem im zweiten Kupplungspfad **31** angeordneten Drucksensor **34** und mit dem im ersten Kupplungspfad **30** geschlossenen Kupplungsventil **35**.

**[0032]** Das Diagnosemodul **79** kann bei Vorliegen gleicher Fehler sowohl in der ersten Teildiagnose A als auch in der zweiten Teildiagnose B einen Druckspeicher-Fehler erkennen sowie mit großer Wahrscheinlichkeit einen Kupplungspfad-Fehler ausschließen. Bei Vorliegen unterschiedlicher Fehler-Ergebnisse kann das Diagnosemodul **79** einen Lecka-

ge-Fehler in einem der beiden Kupplungspfade **30**, **31** erkennen.

**[0033]** In der **Fig. 5** sind die für eine Gangstellerpfad-Diagnose erforderlichen Programmbausteine des Diagnosemoduls **79** in einem grob vereinfachten Blockschaltbild gezeigt. Die Gangstellerpfad-Diagnose wird als eine FolgeDiagnose zeitlich unmittelbar nach der Kupplungspfad-Diagnose (**Fig. 3**) durchgeführt, und zwar unter der Bedingung, dass in der Kupplungspfad-Diagnose zumindest ein Kupplungspfad **30**, **31** mit fehlerfreier Leckage erkannt ist. Der Drucksensor **34** des als fehlerfrei eingestuften Kupplungspfad **30**, **31** (nachfolgend als Referenz-Kupplungspfad bezeichnet) wird für die anhand der **Fig. 5** und **Fig. 6** veranschaulichte Gangstellerpfad-Diagnose genutzt.

**[0034]** Wie aus der **Fig. 5** hervorgeht, weist das Diagnosemodul **79** eine dritte Auswerteeinheit **85** auf, an deren Signaleingang ein vom Drucksensor **34** erfasster Ist-Speicherdruck  $p_S(t)$  und ein Ist-Speicherdruck-Gradient  $\dot{p}$  anliegt. Mittels der Auswerteeinheit **85** wird das Leckage-Verhalten jedes der Gangstellerpfade **32** separat geprüft. Gegebenenfalls erfasste Leckage-Fehler werden in dem Fehlerspeicher **87** hinterlegt.

**[0035]** Nachfolgend wird anhand der **Fig. 5** und **Fig. 6** die Gangstellerpfad-Diagnose beschrieben: So öffnet das Diagnosemodul **79** zunächst das im Referenz-Kupplungspfad **30** angeordnete Kupplungsventil **35**, um den Ist-Speicherdruckverlauf  $p_S(t)$  zu erfassen. Zudem wird das Druckregelventil **36** in der Verbindungsleitung **37** des Hydrauliksystems geöffnet, um zwischen dem im Referenz-Kupplungspfad **30** angeordneten Drucksensor **34** und den Gangstellerpfaden **32** eine Druckverbindung herzustellen. Anschließend erfolgt ein Diagnose-Ladebetrieb durch Aktivierung der Lade-Hydraulikpumpe **53**. Im Diagnose-Ladebetrieb wird der Ist-Speicherdruck  $p_S(t)$  bis auf den oberen Schwellwert  $p_{\max}$  (**Fig. 6**) zum Endzeitpunkt  $t_{\text{aus}}$  erhöht. Nach dem Ende des Diagnose-Ladebetriebs, das heißt zum Endzeitpunkt  $t_{\text{aus}}$  (**Fig. 6**), erfasst der Drucksensor **34** während eines Meßzeitintervalls  $\Delta t_M$  einen Druckgradienten  $\dot{p}_{K+G}$  des Speicherdruckverlaufes  $p_S(t)$ . Die Auswerteeinheit **85** vergleicht den Druckgradienten  $\dot{p}_{K+G}$  mit einem Referenz-Druckgradienten  $\dot{p}_{\text{Ref}}$  und wertet aus, ob ein fehlerfreier oder fehlerbehafteter Druckabfall (das heißt eine Gangsteller-Leckage) im Speicherdruckverlauf  $p_S(t)$  vorliegt.

**[0036]** Wie in der **Fig. 2a** gezeigt, ist jedes der in den Gangstellerpfaden **32** angeordneten Gangstellerlerventile **38** zwischen einer Sperr-Ventilstellung S und zwei Durchfluss-Ventilstellungen D1, D2 verstellbar. Die Gangstellerpfad-Diagnose erfolgt im zu prüfenden Gangstellerpfad **32** für jede der Durchfluss-Ventilstellungen D1 und D2 separat. Das heißt, dass

in jedem Gangstellerpfad **32** die Gangsteller-Diagnose sowohl in der ersten Durchfluss-Ventilstellung D1 des Gangstellerventils **38** als auch in der zweiten Durchfluss-Ventilstellung D2 des Gangstellerventils **38** durchgeführt wird. Die Gangstellerventile **38** in den verbleibenden Gangstellerpfaden **32** bleiben dagegen in die Sperr-Ventilstellung S geschaltet, um die Meßgenauigkeit bei der Diagnose des zu prüfenden Gangstellerpfades **32** zu erhöhen. Der im Meßzeitintervall  $\Delta t_M$  vom Drucksensor **34** erfasste Druckgradient  $\dot{p}_{K+G}$  gibt daher den gemeinsamen Druckabbau sowohl im Referenz-Kupplungspfad **30** als auch im zu prüfenden Gangstellerpfad **32** wieder, dessen Gangstellerventil **38** in eine der beiden Durchflußstellungen D1, D2 geschaltet ist.

**[0037]** Der Referenz-Druckgradient  $\dot{p}_{Ref}$  wird aus einer Kennfeld-Datenbank gelesen, z.B. aus der bereits in der **Fig. 3** gezeigten Kennfeld-Datenbank **83**. In diesem Fall würde der auslesbare Referenz-Druckgradient  $\dot{p}_{Ref}$  einer fehlerfreien Basisleckage des Referenz-Kupplungspfades **30** entsprechen. In der Auswerteeinheit **85** werden nicht nur die Druckgradienten  $\dot{p}_{K+G}$  erfasst, sondern zusätzlich auch Absolut-Druckwerte, das heißt der Ist-Speicherdruck  $p_S(t_{Start})$  zum Startzeitpunkt  $t_{Start}$  als auch der Ist-Speicherdruck  $p_S(t_{End})$  zum Mess-Endzeitpunkt  $t_{End}$  des Messzeitintervalls  $\Delta t_M$ . In diesem Fall erkennt die Auswerteeinheit **85** einen fehlerfreien Gangstellerpfad **32**, wenn die Bedingungen erfüllt sind, dass erstens eine ausreichend große Speicherdruckdifferenz zwischen dem Start- und Endzeitpunkt  $t_{Start}$ ,  $t_{End}$  vorliegt und dass zweitens der Druckgradient  $\dot{p}_{K+G}$  dem Referenz-Druckgradienten  $\dot{p}_{Ref}$  entspricht.

**[0038]** In der **Fig. 7** sind die für eine Speichervolumen-Diagnose erforderlichen Programmbausteine des Diagnosemoduls **79** in einem grob vereinfachten Blockschaltbild gezeigt. Die Speichervolumen-Diagnose wird als eine FolgeDiagnose zeitlich unmittelbar nach der Gangsteller-Diagnose (**Fig. 5** und **Fig. 6**) durchgeführt, und zwar unter der Bedingung, dass in der Gangsteller-Diagnose zumindest ein Gangstellerpfad **32** der Gangsteller G1 bis G4 als fehlerfrei erkannt ist und somit für die Speichervolumen-Diagnose als ein Referenz-Gangstellerpfad nutzbar ist.

**[0039]** Wie aus der **Fig. 7** hervorgeht, weist das Diagnosemodul **79** eine Auswerteeinheit **89** auf, die in einem Vergleich-Baustein **97** eine bei der Speichervolumen-Diagnose ermittelte Hydraulikflüssigkeits-Entnahme  $V_E$  mit einem Referenz-Speichervolumen  $V_{ref}$  vergleicht. Bei Vorliegen einer signifikanten Abweichung wird ein Speichervolumen-Fehler erkannt und im Fehlerspeicher **91** abgespeichert. Das Referenz-Speichervolumen  $V_{ref}$  ist aus einem Speichervolumen-Kennfeld einer Datenbank auslesbar, in dem die Referenzwerte temperaturabhängig hinterlegt sind.

**[0040]** Wie aus der **Fig. 7** weiter hervorgeht, ist die Auswerteeinheit **89** in Signalverbindung mit einem Positionssensor **93** des im Referenz-Gangstellerpfad **32** angeordneten Gangsteller-Hydraulikzylinders **22**. Während der Speichervolumen-Diagnose wird das Gangstellerventil **38** im Referenz-Gangstellerpfad **32** angesteuert, wobei der Positionssensor **93** die Stellwege  $\Delta s$  des Gangsteller-Hydraulikzylinders **22** erfasst. Diese werden in einem Stellweg-Integrator **95** zu einem Gesamt-Stellweg  $s_{ges}$  aufintegriert. Der Gesamt-Stellweg  $s_{ges}$  wird in einem Wandler-Baustein **96** in ein Gesamt-Schluckvolumen  $V_S$  umgerechnet. Zu dem Gesamt-Schluckvolumen  $V_S$  wird ein während der Speichervolumen-Diagnose abfließendes Hydraulikflüssigkeits-Leckagevolumen  $V_L$  addiert. Die sich daraus ergebende Hydraulikflüssigkeits-Entnahme  $V_E$  wird zum oben erwähnten Vergleich-Baustein **97** geleitet.

**[0041]** Die Speichervolumen-Diagnose wird wie folgt durchgeführt: Zunächst wird der Druckspeicher **25** in einem Diagnose-Ladebetrieb komplett mit Hydraulikflüssigkeit gefüllt. Der Diagnose-Ladebetrieb ist ein Blindladevorgang, der in einer bestimmten Zeit  $t$  erfolgt. Anschließend wird ab einem Start-Zeitpunkt  $t_{start}$  (stimmt in der **Fig. 8** mit dem Ausschaltzeitpunkt  $t_{aus}$  überein) der Referenz-Hydraulikzylinder **22** in einem Diagnose-Zeitintervall  $\Delta t_D$  so lange intermittierend betätigt, bis aufgrund der aus dem Hydrauliksystem genommenen Leckage- und Schluckvolumina  $V_L$  und  $V_S$  ein Umgebungsdruck  $p_U$  im Hydrauliksystem vorliegt. Der Umgebungsdruck  $p_U$  wird nicht über einen Drucksensor gemessen, sondern indirekt im Diagnosemodul **79** erkannt, und zwar zu dem Endzeitpunkt  $t_{end}$  (**Fig. 8**) des Diagnose-Zeitintervall  $\Delta t_D$ , zu dem der Positionssensor **93** trotz Durchfluss-Ventilstellung D1, D2 des Referenz-Steuerventils **35** keinen Stellweg  $\Delta s$  mehr erfasst wird.

**[0042]** Während der Druckspeichervolumen-Diagnose ist einer der Kupplungspfade **30**, **31** als Referenz-Kupplungspfad sowie der zum Referenz-Hydraulikzylinder **22** führende Referenz-Gangstellerpfad **32** mit dem im Hydrauliksystem vorherrschenden Speicherdruck  $p_S$  beaufschlagt. Die Hydraulikzylinder **22** der anderen Gangstellerpfade **32** sowie des anderen Kupplungspfades sind dagegen vom Speicherdruck  $p_S$  entkoppelt.

**[0043]** Die Ermittlung des Leckagevolumens  $V_L$  kann auf der Grundlage der bei den vorangegangenen Diagnosen erfassten Druckgradienten am Kupplungspfad **30** sowie am Referenz-Gangsteller **22** erfolgen (z.B. der Druckgradient  $\dot{p}_{K+G}$  aus der Gangstellerpfad-Diagnose gemäß den **Fig. 5** und **Fig. 6**). Der Druckgradient  $\dot{p}_L$  wird in der Auswerteeinheit **89** mit dem Diagnose-Zeitintervall  $\Delta t_D$  multipliziert. Die so erhaltene Druckdifferenz  $\Delta p_L$  wird in einem Wandler **98** in das Leckagevolumen  $V_L$  umgewandelt.

**[0044]** In der **Fig. 9** sind die für eine Umschaltzeitpunkt-Diagnose am Speicherladeventil **71** erforderlichen Programmbausteine des Diagnosemoduls **79** in einem grob vereinfachten Blockschaltbild gezeigt. Die Umschaltzeitpunkt-Diagnose wird als eine Folge-diagnose zeitlich unmittelbar nach der Speichervolumen-Diagnose (**Fig. 7** und **Fig. 8**) durchgeführt, und zwar unter der Bedingung, dass in der Speichervolumen-Diagnose ein plausibles Speichervolumen des Druckspeichers **25** erkannt ist.

**[0045]** Wie aus der **Fig. 9** hervorgeht, weist das Diagnosemodul **79** eine Auswerteeinheit **105** auf, mit der im Rahmen der Umschaltzeitpunkt-Diagnose geprüft wird, ob ein erster Umschaltzeitpunkt  $t_{U1}$ , zu dem das Speicherladeventil **71** selbsttätig von seiner Ladestellung L in seine Nichtladestellung K schaltet, sowie ein zweiter Umschaltzeitpunkt  $t_{U2}$ , zu dem das Speicherladeventil **71** selbsttätig von seiner Nichtladestellung K in seine Ladestellung schaltet, plausibel ist. Hierzu ermittelt die Auswerteeinheit **105**, ob zum ersten Umschaltzeitpunkt  $t_{U1}$  der Ist-Speicherdruck  $p_S(t)$  im Bereich des oberen Druckschwellwertes  $p_{max}$  liegt. Zudem ermittelt die Auswerteeinheit **105**, ob der zum zweiten Umschaltzeitpunkt  $t_{U2}$  der Ist-Speicherdruck  $p_S(t)$  im Bereich des unteren Druckschwellwertes  $p_{min}$  liegt.

**[0046]** Zur Erfassung der beiden Umschaltzeitpunkt  $t_{U1}$  und  $t_{U2}$  wird die Strommesseinrichtung **75** des Elektromotors **57** genutzt. Die Strommesseinrichtung **75** erfasst eine Ist-Stromaufnahme  $I(t)$  des Elektromotors **57**. Dabei legt die Steuereinheit **39** einen Wechsel-Zeitpunkt von einer hohen Stromaufnahme  $I_{max}$  zu einer niedrigen Stromaufnahme  $I_{min}$  als ersten Umschaltzeitpunkt  $t_{U1}$  fest. Ein Wechsel-Zeitpunkt von der niedrigen Stromaufnahme  $I_{min}$  zur hohen Stromaufnahme  $I_{max}$  wird als zweiter Umschaltzeitpunkt  $t_{U2}$  festgelegt.

**[0047]** Zur Erfassung des Ist-Speicherdruckes  $p_S(t)$  wird der Kupplungspfad-Drucksensor **34** genutzt. Dessen Messbereich  $\Delta p_{mess}$  (**Fig. 11**) liegt in der **Fig. 11** außerhalb, das heißt unterhalb der Druckschwellwerte  $p_{max}$  und  $p_{min}$ . Eine unmittelbare Erfassung des Ist-Speicherdruckes  $p_S$  zu den beiden Umschaltzeitpunkten  $t_{U1}$  und  $t_{U2}$  ist somit nicht möglich, da der Ist-Speicherdruck zu den beiden Umschaltzeitpunkten außerhalb des Messbereiches  $\Delta p_{mess}$  liegt.

**[0048]** In der **Fig. 9** erfolgt die Ermittlung des Ist-Speicherdruckes  $p_S(t)$  zu den Umschaltzeitpunkten  $t_{U1}$  und  $t_{U2}$  durch Abschätzung, und zwar mit Hilfe eines Extrapolier-Bausteins **107**. Im Extrapolier-Baustein **107** wird auf der Grundlage gemessener Druckwerte  $p_a(t_a)$  und  $p_b(t_b)$  im Speicherdruckverlauf die noch innerhalb des Drucksensor-Messbereiches ( $\Delta p_{mess}$ ) liegen, ein Zeitfenster  $\Delta t_{soll}$  abgeschätzt. Innerhalb des Zeitfensters  $\Delta t_{soll}$  liegt bei einwandfrei-

em Speicherladeventil-Betrieb der erste Umschaltzeitpunkt  $t_{U1}$ . Das Zeitfenster  $\Delta t_{soll}$  wird in der **Fig. 9** und **Fig. 11** durch die beiden Zeitpunkte  $t_1$  und  $t_2$  begrenzt. Im nachgeschalteten Vergleichersbaustein **108** wird ermittelt, ob der erste Umschaltzeitpunkt  $t_{U1}$  innerhalb oder außerhalb des Zeitfensters  $\Delta t_{soll}$  liegt. Sofern der erste Umschaltzeitpunkt  $t_{U1}$  außerhalb des Zeitfensters  $\Delta t_{soll}$  liegt, wird ein Fehlerfall erkannt und dieser in dem Fehlerspeicher **109** hinterlegt.

**[0049]** In der **Fig. 9** ist in den Programmbausteinen lediglich eine Teildiagnose gezeigt, bei der geprüft wird, ob der erste Umschaltzeitpunkt  $t_{U1}$  im Zeitfenster  $\Delta t_{soll}$  liegt oder nicht. In gleicher Weise prüft die Auswerteeinheit **105**, ob der zweite Umschaltzeitpunkt  $t_{U2}$  innerhalb eines abgeschätzten Zeitfensters liegt oder nicht.

**[0050]** In der **Fig. 10** sind die für eine Ventilspitzung-Diagnose erforderlichen Programmbausteine des Diagnosemoduls **79** in einem grob vereinfachten Blockschaltbild gezeigt. Die Ventilspitzung-Diagnose wird als eine FolgeDiagnose zeitlich unmittelbar nach der Umschaltzeitpunkt-Diagnose (**Fig. 9**) durchgeführt, und zwar unter der Bedingung, dass in der Umschaltzeitpunkt-Diagnose zumindest ein plausibler Umschaltzeitpunkt  $t_{U1}$  des Ladespeicherventils **71** erkannt worden ist.

**[0051]** Das Diagnosemodul **79** weist in der **Fig. 10** eine Auswerteeinheit **99** auf, die bei der Ventilspitzung-Diagnose eine Ist-Ventilspitzung  $\Delta p_{ist}$  zwischen dem unteren und dem oberen Druckschwellwert  $p_{min}$  und  $p_{max}$  ermittelt. Ein Vergleichersbaustein **101** der Auswerteeinheit **99** vergleicht die Ist-Ventilspitzung  $\Delta p_{ist}$  mit einer Soll-Ventilspitzung  $\Delta p_{Ref}$ . Bei Vorliegen einer signifikanten Abweichung wird ein Fehlerfall erkannt und in dem Fehlerspeicher **103** hinterlegt.

**[0052]** Zur Ermittlung der Ist-Ventilspitzung  $\Delta p_{ist}$  legt die Auswerteeinheit **99** ein Diagnosezeitintervall  $\Delta t_D$  fest. Das Diagnosezeitintervall  $\Delta t_D$  startet mit dem ersten Umschaltzeitpunkt  $t_{U1}$  und endet mit dem folgenden zweiten Umschaltzeitpunkt  $t_{U2}$ . Innerhalb des oben definierten Diagnosezeitintervalls  $\Delta t_D$  aktiviert das Diagnosemodul **79** einen Referenz-Hydraulikzylinder **22**, der gemäß der Figur **11** während des Diagnosezeitintervalls  $\Delta t_D$  permanent, d.h. intermittierend, hin- und her verstellt wird. Durch die Betätigung des Referenz-Hydraulikzylinders **22** und durch eine systemimmanente Hydrauliksystem-Leckage erfolgt während des Diagnosezeitintervalls  $\Delta t_D$  eine Speicherdruck-Abnahme  $\Delta p_E$ , die der Ist-Ventilspitzung  $\Delta p_{ist}$  entspricht.

**[0053]** Die Ermittlung der Speicherdruck-Abnahme  $\Delta p_E$ , das heißt der Ist-Ventilspitzung  $\Delta p_{ist}$ , erfolgt anhand der in der **Fig. 10** gezeigten Programmbausteine: Demzufolge werden vom Positionssensor **93**



die Kolben-Stellwege  $\Delta s$  während des Diagnosezeitintervalls  $\Delta t_D$  in einem Integrator **94** zu einem Gesamt-Stellweg  $s_{ges}$  aufintegriert. Daraus wird in einem Wandler-Baustein **95** die mit der Gangsteller-Betätigung verbundene Druckabnahme  $\Delta p_B$  berechnet. Die mit der-Gangsteller-Betätigung verbundene Druckabnahme  $\Delta p_B$  wird in einem Summierglied mit der leckagebedingten Druckabnahme  $\Delta p_L$  addiert, woraus sich die Speicherdruck-Abnahme  $\Delta p_E$  während des Diagnosezeitintervalls  $\Delta t_D$  ergibt. Die leckagebedingte Druckabnahme  $\Delta p_L$  des Referenz-Hydraulikzylinders **22** ist bereits bei vorangegangenen Diagnosen ermittelt worden.

**[0054]** Wie aus der **Fig. 2a** hervorgeht, ist den beiden Kupplungspfaden **30, 31** ein von der elektronischen Steuereinheit **39** ansteuerbares Sicherheitsventil **24** vorgeschaltet. Das Sicherheitsventil **24** kann zwischen einer Schließstellung und einer Durchflussstellung betätigt werden. In der Schließstellung sind die beiden Kupplungspfade **30, 31** vom Druckspeicher **25** druckentkoppelt. In der Durchflussstellung sind die beiden Kupplungspfade **30, 31** mit dem Speicherdruck  $p_S$  beaufschlagbar. Sofern die Steuereinheit **39** eine Fehlfunktion des Kupplungsventils **35** in zumindest einem der Kupplungspfade **30, 31** erfasst, kann aus Sicherheitsgründen das Sicherheitsventil **24** in seine Schließstellung verstellt werden. Im normalen Fahrbetrieb ist das Sicherheitsventil **24** permanent in seiner Durchflussstellung.

**[0055]** In der **Fig. 12** sind die für eine Sicherheitsventil-Diagnose erforderlichen Programmbausteine des Diagnosemoduls **79** in einem vereinfachten Blockschaltbild gezeigt. Die Sicherheitsventil-Diagnose kann unabhängig von anderen Diagnoseschritten durchgeführt werden. Bei der Sicherheitsventil-Diagnose wird das Sicherheitsventil **24** zu einem Diagnose-Startzeitpunkt  $t_{Start}$  (**Fig. 13**) von der Durchflussstellung in die Schließstellung geschaltet, wodurch sich eine Ist-Druckabnahme  $\Delta p_{ist}$  stromab des Sicherheitsventils **24** einstellt. Das Diagnosemodul **79** weist eine Auswerteeinheit **111** auf, die diese Ist-Druckabnahme  $\Delta p_{ist}$  mit einer Soll-Druckabnahme  $\Delta p_{soll}$  vergleicht. Bei Vorliegen einer signifikanten Abweichung wird ein Fehlerfall erkannt und in einem Sicherheits-Fehlerspeicher **113** hinterlegt.

**[0056]** Zur Erfassung der Ist-Druckabnahme  $\Delta p_{ist}$  kann der bereits oben erwähnte Kupplungs-Drucksensor **34** genutzt werden.

**[0057]** Nachfolgend wird anhand der **Fig. 12** und **Fig. 13** die Durchführung der Sicherheitsventil-Diagnose erläutert: Für eine einwandfreie Meßgenauigkeit wird die Hydraulikpumpe **53** mit einer Konstantdrehzahl  $n_{prüf}$  angesteuert, um im Hochdruckkreislauf **H** einen ausreichend großen Speicherdruck  $p_S$  zu gewährleisten, der sich gemäß der **Fig. 13** zwischen den oberen und unteren Druckschwellwerten

$p_{max}$  und  $p_{min}$  bewegt. Das Kupplungsventil **35** eines Referenz-Kupplungspfades **30** oder **31** wird um einen Zeitversatz  $\Delta t$  vor dem oben erwähnten Startzeitpunkt  $t_{Start}$  in seine Durchflussstellung verstellt, damit der Drucksensor **34** zwischen dem Kupplungsventil **35** und dem Kupplungs-Hydraulikzylinder **23** die Ist-Druckabnahme  $\Delta p_{ist}$  erfassen kann. Während des Zeitversatzes  $\Delta t$  wird vom Drucksensor **34** nicht der tatsächlich am Kupplungs-Hydraulikzylinder **22** anliegende Hydraulikdruck zur Auswerteeinheit **111** (**Fig. 12**) ausgelesen, sondern vielmehr ein oberer Grenzdruck des Messbereiches  $\Delta p_{mess}$ .

**[0058]** Zum Diagnose-Startzeitpunkt  $t_{Start}$  wird das Sicherheitsventil **24** von seiner Durchflussstellung **D** in seine Schließstellung **S** geschaltet. Die daraus resultierende Druckabnahme  $p_{ist}$  wird vom Drucksensor **34** erfasst und in der Auswerteeinheit **111** mit der Soll-Druckabnahme verglichen.

**[0059]** In der **Fig. 14** sind die für die Fördervolumenstrom-Diagnose erforderlichen Programmbausteine des Diagnosemoduls **79** in einem grob vereinfachten Blockschaltbild gezeigt. Die Fördervolumenstrom-Diagnose wird als eine Folgediagnose zeitlich unmittelbar nach der Speichervolumen-Diagnose (**Fig. 7** und **Fig. 8**) durchgeführt, und zwar unter der Bedingung, dass in der Speichervolumen-Diagnose ein plausibles Speichervolumen des Druckspeichers **25** erkannt ist.

**[0060]** Wie aus der **Fig. 14** hervorgeht, wird für die Diagnose ein Gangsteller-Hydraulikzylinder **22** genutzt, der über den Gangsteller **32** mit dem Drucksensor **25** in Verbindung ist. Dem Gangsteller-Hydraulikzylinder **22** ist ein Gangstellerventil **38** vorgelegt, das von der Steuereinheit **39** ansteuerbar ist, um einen am Gangsteller-Hydraulikzylinder **22** anliegenden Hydraulikdruck einzustellen. Das Gangstellerventil **38** ist zwischen zwei Durchflussstellungen **D1, D2** verstellbar, um einen Kolben **33** in gegenläufigen Kolbenhüben über die angedeuteten Stellwege  $s_1, s_2$  sowie mit Kolbengeschwindigkeiten  $\dot{s}_1, \dot{s}_2$  im Hydraulik-Stellzylinder **22** zu verlagern. Der Kolben **33** unterteilt in der **Fig. 14** den Hydraulikzylinder in einen kolbenstangenseitigen Arbeitsraum sowie einen davon abgewandten Arbeitsraum, die beide über Hydraulik-Steuerleitungen **41** mit dem Gangstellerventil **38** in Verbindung sind. Mittels der Kolbenstange **43** des Gangsteller-Hydraulikzylinders **22** kann ein nicht gezeigter Gangsteller **G1** betätigt werden. Bei einer solchen Gangsteller-Betätigung steuert die elektronische Steuereinheit **39** das Gangstellerventil **38** in an sich bekannter Weise in eine der Durchflussstellungen **D1, D2**, um eine Kolbenstange-Bewegung zu erzielen. Der Kolbenhub ist mit einer Hydraulikflüssigkeits-Entnahme  $V_1, V_2$  (Schluckvolumen) aus dem Hydrauliksystem verbunden. Aufgrund der bekannten Innengeometrie des Gangsteller-Hydraulikzylinders **22** ist das jeweilige Schluckvolumen

$V_1, V_2$  bekannt. Zudem ist ein Positionssensor **93** vorgesehen, mit dem die Kolbengeschwindigkeit  $\dot{s}_1, \dot{s}_2$  im jeweiligen Kolbenhub erfassbar ist.

**[0061]** Nachfolgend wird anhand der **Fig. 14** und **Fig. 15** die Fördervolumenstrom-Diagnose beschrieben: So wird zunächst in einem Druckreduzier-Zeitintervall  $\Delta t_R$  (**Fig. 15**) zunächst die Hydraulikpumpe **53** deaktiviert und gleichzeitig das Gangstellerventil **38** von der elektronischen Steuereinheit **39** intermittierend angesteuert, wie es in dem mittleren Stellweg-Diagramm der **Fig. 15** gezeigt ist. Im Druckreduzier-Zeitintervall  $\Delta t_R$  wird durch die Ansteuerung vom Gangstellerventil **38** der Gangsteller-Hydraulikzylinder **22** so lange hin- und herbewegt, bis aufgrund von leakagebedingter Hydraulikflüssigkeits-Entnahme und aufgrund betätigungsbedingter Hydraulikflüssigkeits-Entnahme (das heißt Schluckvolumina  $V_1, V_2$ ) der Speicherdruck  $p_S(t)$  bis auf den Umgebungsdruck  $p_U$  reduziert ist. In diesem Zustand ist der Druckspeicher **25** vollständig entleert. Unmittelbar anschließend erfolgt der Start ( $t_{start}$ ) eines Diagnosezeitintervalls  $\Delta t_D$ . Im Diagnosezeitintervall  $\Delta t_D$  erfolgt ein Ladebetrieb der Hydraulikpumpe **53**, bei der diese mit unterschiedlichen Prüf-Drehzahlen  $n_1$  und  $n_2$  angesteuert werden. Gleichzeitig wird das Gangstellerventil **38** zwischen seinen Durchflussstellungen D1, D2 intermittierend verstellt. Dies führt dazu, dass sich der Kolben **33** im Gangsteller-Hydraulikzylinder **22** in gegenläufigen Kolbenhüben über Kolbenstellwege  $s_1, s_2$  sowie mit Kolbengeschwindigkeiten  $\dot{s}_1, \dot{s}_2$  im Gangsteller-Hydraulikzylinder **22** hin- und herverlagert.

**[0062]** Der Positionssensor **93** erfasst sowohl die einzelnen Stellwege  $s_1, s_2$  je Kolbenhub sowie die Kolbengeschwindigkeiten  $\dot{s}_1, \dot{s}_2$  je Kolbenhub. Zudem wird die Anzahl  $a$  (**Fig. 14**) von Kolbenhüben während des Diagnosezeitintervalls  $\Delta t_D$  erfasst. Diese Daten werden zum Signaleingang eines Wandler-Bausteins **115** geleitet, in dem eine mittlere Kolbengeschwindigkeit  $\dot{s}_{mittel}$  aus der Anzahl  $a$  von erfassten Kolbenhüben berechnet wird. Aus der mittleren Kolbengeschwindigkeit  $\dot{s}_{mittel}$  wird im Wandler-Baustein **115** ein Ist-Fördervolumenstrom  $V_{ist}$  berechnet. Der Ist-Fördervolumenstrom  $V_{ist}$  wird in einer signaltechnisch nachgeschalteten Auswerteeinheit **113** mit einem Soll-Fördervolumenstrom  $V_{soll}$  verglichen, und zwar unter Berücksichtigungen der jeweiligen Prüf-Drehzahl  $n_1$  und  $n_2$  während des Diagnosezeitintervalls  $\Delta t_D$ . Ergibt sich in der Auswerteeinheit **113** eine signifikante Abweichung, so wird ein Fehlerfall erkannt, der in dem Fehlerspeicher **117** hinterlegt wird.

**[0063]** Wie aus der **Fig. 16** hervorgeht, sind sämtliche Fehlerspeicher **81, 83, 87, 91, 103, 109, 117** in Signalverbindung mit einer Analyseeinheit **120**, in die die in den Fehlerspeichern generierten Fehlersignale auslesbar sind. In der Analyseeinheit **120** ist eine Bewertungsmatrix hinterlegt, in der die Fehlersigna-

le aus den Fehlerspeichern **81, 83, 87, 91, 103, 109, 117** zusammengeführt werden.

**[0064]** Im Hinblick auf eine umfassende Hydrauliksystem-Diagnose bewertet die Analyseeinheit **120** anhand der Bewertungsmatrix sämtliche Fehlersignale in Kombination. In der Analyseeinheit **120** erfolgt somit final eine Gegenüberstellung von Fehlersignalen mit nicht beanstandeten, d.h. fehlerfreien Funktionsdiagnosen, wodurch eine qualifizierte Bewertung der in dem Hydrauliksystem verbauten Komponenten ermöglicht ist. Die Bewertung ist ohne eine Zerlegung des Hydrauliksystems sowie ohne externe Prüfanlagen/Messtechnik ermöglicht. Auf diese Weise wird eine Verkürzung von Reparatur- und Instandsetzungszeiten, eine sichere Detektion defekter Bauteile, eine Reduzierung von Wiederholreparaturen, eine Einsparung von Analyse-Prüfstandkapazitäten durch Prüfung im verbauten Zustand (im Fahrzeug) ohne Zerlegungsaufwand möglich.

### Patentansprüche

1. Hydrauliksystem für ein Automatikgetriebe, insbesondere Doppelkupplungsgetriebe, eines Kraftfahrzeugs, mit einem Hochdruckkreislauf (H), in dem ein Druckspeicher (25), zumindest eine Kupplung (K1, K2) sowie Gangsteller (G1 bis G4) und eine von einer elektronischen Steuereinheit (39) ansteuerbare Hydraulikpumpe (53) angeordnet sind, mittels der in einem Ladebetrieb der Speicherdruck ( $p_S$ ) im Hochdruckkreislauf (H) erhöhbar ist, wobei in einem Kupplungspfad (30, 31) zwischen dem Druckspeicher (25) und einem Kupplungs-Hydraulikzylinder (23) der Kupplung (K1, K2) ein von der Steuereinheit (39) ansteuerbares Kupplungsventil (35) angeordnet ist, mit dem ein am Kupplungs-Hydraulikzylinder (23) anliegender Hydraulikdruck einstellbar ist, und wobei stromauf des Kupplungsventils (35) ein von der Steuereinheit (39) ansteuerbares Sicherheitsventil (24) angeordnet ist, das in einer Schließstellung den Kupplungspfad (30, 31) vom Druckspeicher (25) druckentkoppelt und in einer Durchflussstellung den Kupplungspfad (30, 31) mit dem Speicherdruck ( $p_S$ ) beaufschlagt, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Steuereinheit (39) ein Diagnosemodul (79) aufweist, mit dem eine Sicherheitsventil-Diagnose durchführbar ist, bei der das Sicherheitsventil (24) zu einem Diagnose-Startzeitpunkt ( $t_{start}$ ) von der Durchflussstellung (D) in die Schließstellung (S) geschaltet wird, und zwar unter Ist-Druckabnahme ( $\Delta p_{ist}$ ) stromab des Sicherheitsventils (24), und dass eine Auswerteeinheit (111) vorgesehen ist, die die Ist-Druckabnahme ( $\Delta p_{ist}$ ) mit einer Soll-Druckabnahme ( $\Delta p_{soll}$ ) vergleicht und bei Vorliegen einer signifikanten Abweichung einen Fehlerfall erkennt, der in einen Sicherheitsventil-Fehlerspeicher (113) auslesbar ist, und, dass zur Erfassung der Ist-Druckabnahme ( $\Delta p_{ist}$ ) der elektronischen Steuereinheit (39) ein Drucksensor (34) zugeordnet ist, mit dem der am Kupplungs-Hydraulik-

zylinder (23) anliegende Hydraulikdruck erfassbar ist, wobei der Drucksensor (34) zwischen dem Kupplungsventil (35) und dem Kupplungs-Hydraulikzylinder (23) angeordnet ist, und, dass zur Erfassung der Ist-Druckabnahme ( $\Delta p_{\text{ist}}$ ) um einen Zeitversatz ( $\Delta t$ ) vor dem Startzeitpunkt ( $t_{\text{Start}}$ ) das Kupplungsventil (35) in seine Durchflussstellung verstellt wird, damit der Drucksensor (34) die Ist-Druckabnahme ( $\Delta p_{\text{ist}}$ ) erfassen kann.

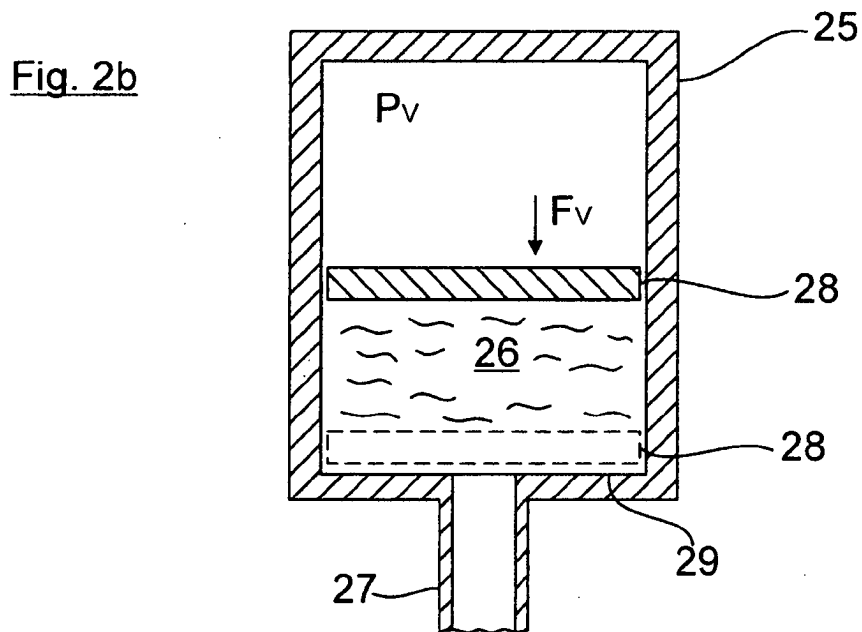
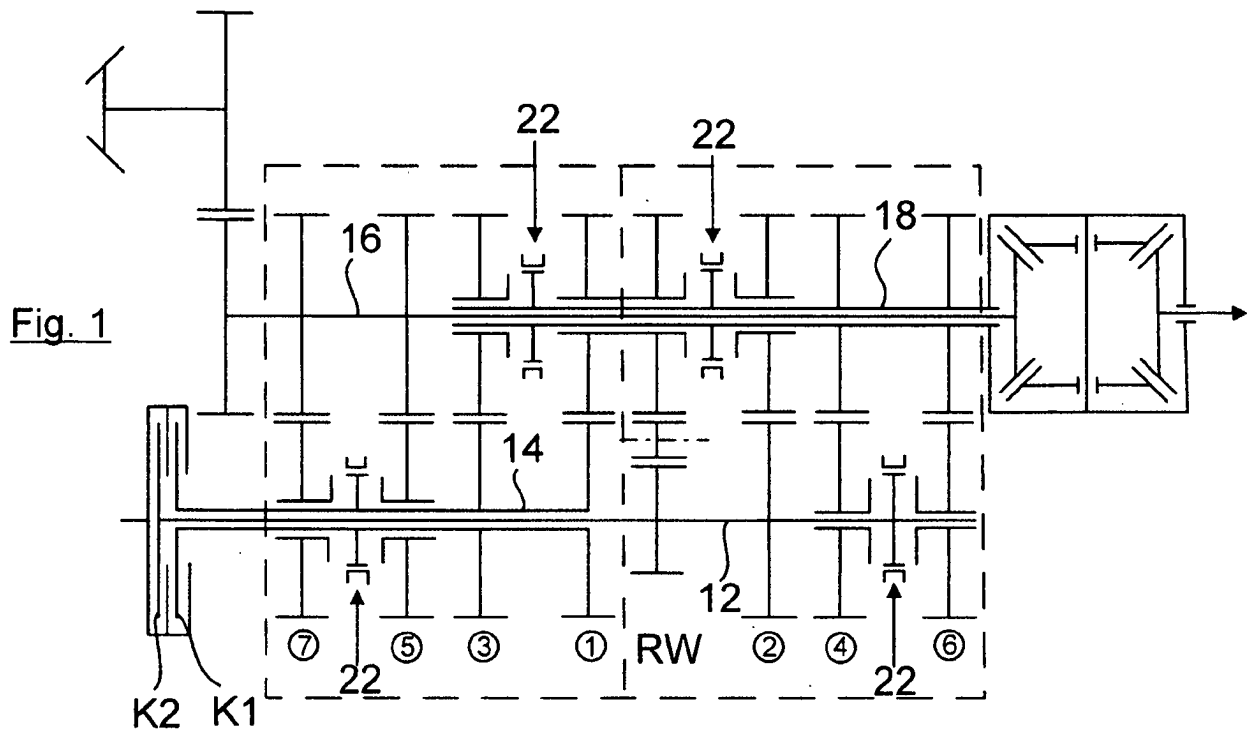
2. Hydrauliksystem nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Hydraulikpumpe (53) während der Sicherheitsventil-Diagnose im Ladebetrieb ist, insbesondere bei einer Konstantdrehzahl ( $n_{\text{prüf}}$ ) läuft, um im Hochdruckkreislauf (H) einen ausreichend großen Speicherdruck ( $p_S$ ) zu gewährleisten und eventuell Leckagen auszugleichen.

3. Hydrauliksystem nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet**, dass während der Sicherheitsventil-Diagnose Gangsteller-Hydraulikzylinder (22) der Gangsteller (G1 bis G4) vom Hochdruckkreislauf (H) druckentkoppelt sind.

4. Hydrauliksystem nach einem der Ansprüche 1 bis 3, **dadurch gekennzeichnet**, dass der Ist-Speicherdruck ( $p_S(t)$ ) im Hochdruckkreislauf (H) zwischen einem oberen und unteren Druckschwellwert ( $p_{\text{min}}$ ,  $p_{\text{max}}$ ) geregelt wird, und dass ein Messbereich ( $\Delta p_{\text{mess}}$ ) außerhalb, das heißt unterhalb des Ist-Speicherdrucks ( $p_S(t)$ ) liegt, und dass die vom Drucksensor (34) erfassbare Ist-Druckabnahme ( $\Delta p_{\text{ist}}$ ) bis auf den Umgebungsdruck ( $p_U$ ) dem Drucksensor-Messbereich ( $\Delta p_{\text{mess}}$ ) entspricht.

Es folgen 16 Seiten Zeichnungen

Anhängende Zeichnungen



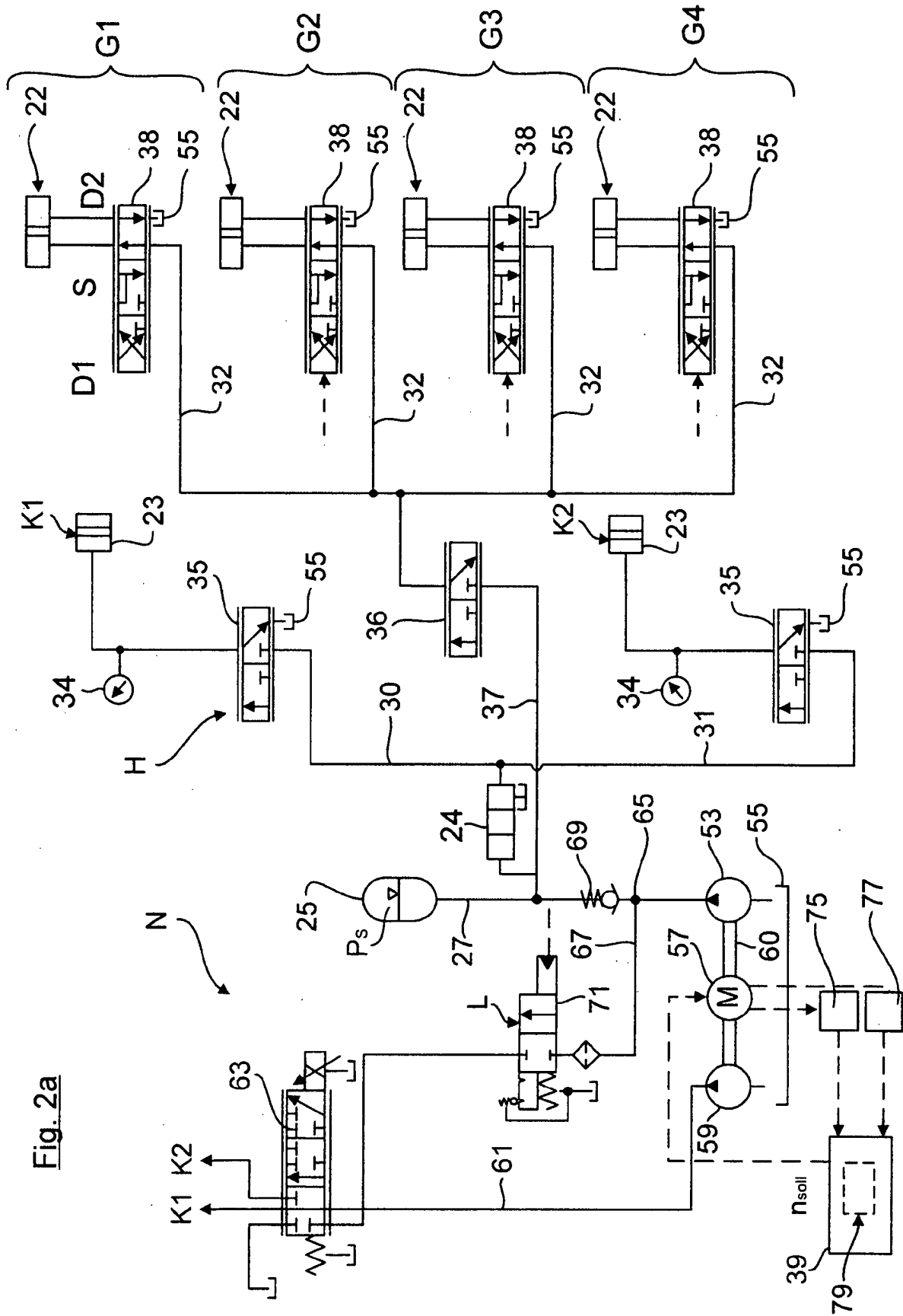


Fig. 2a

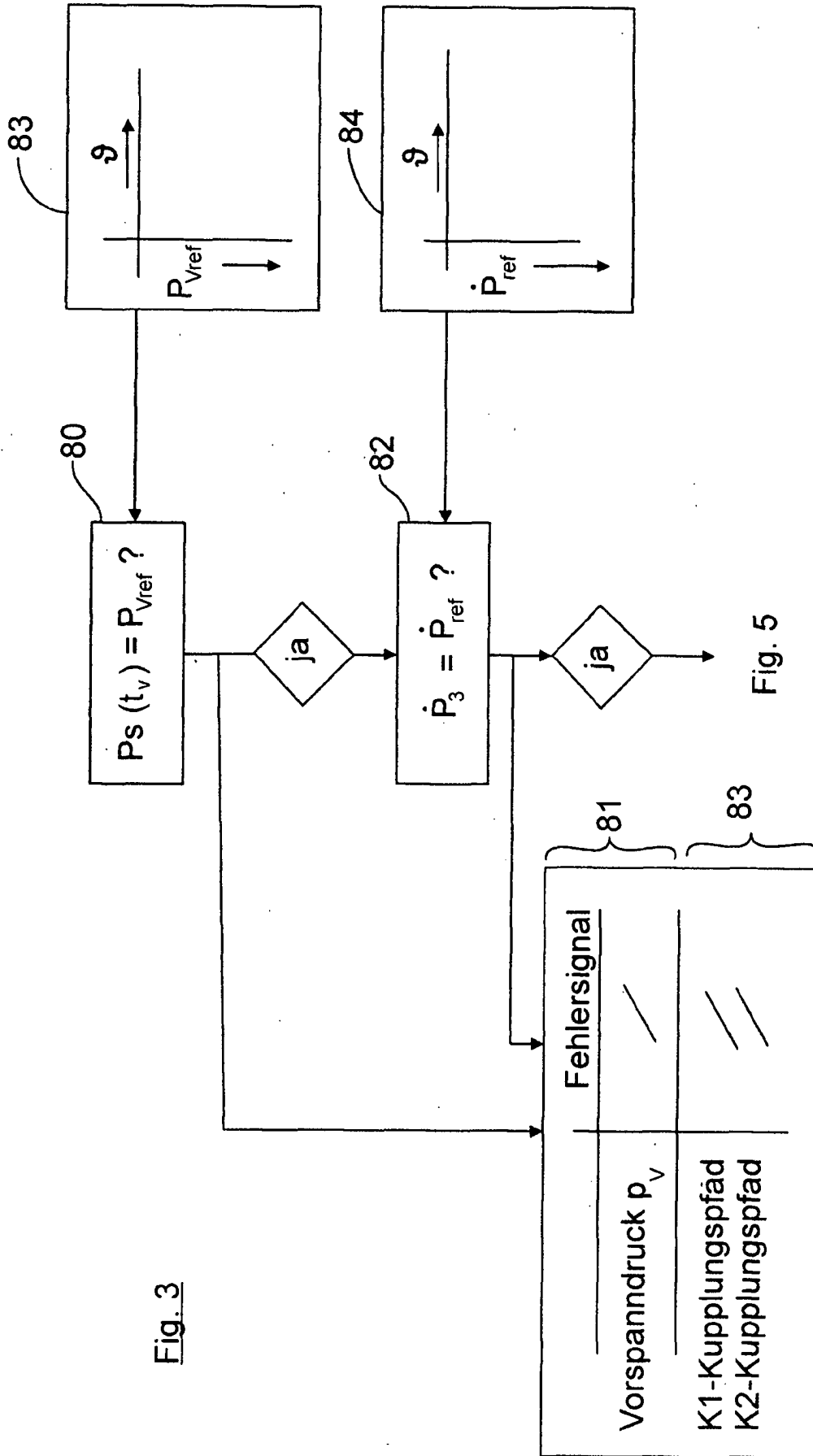
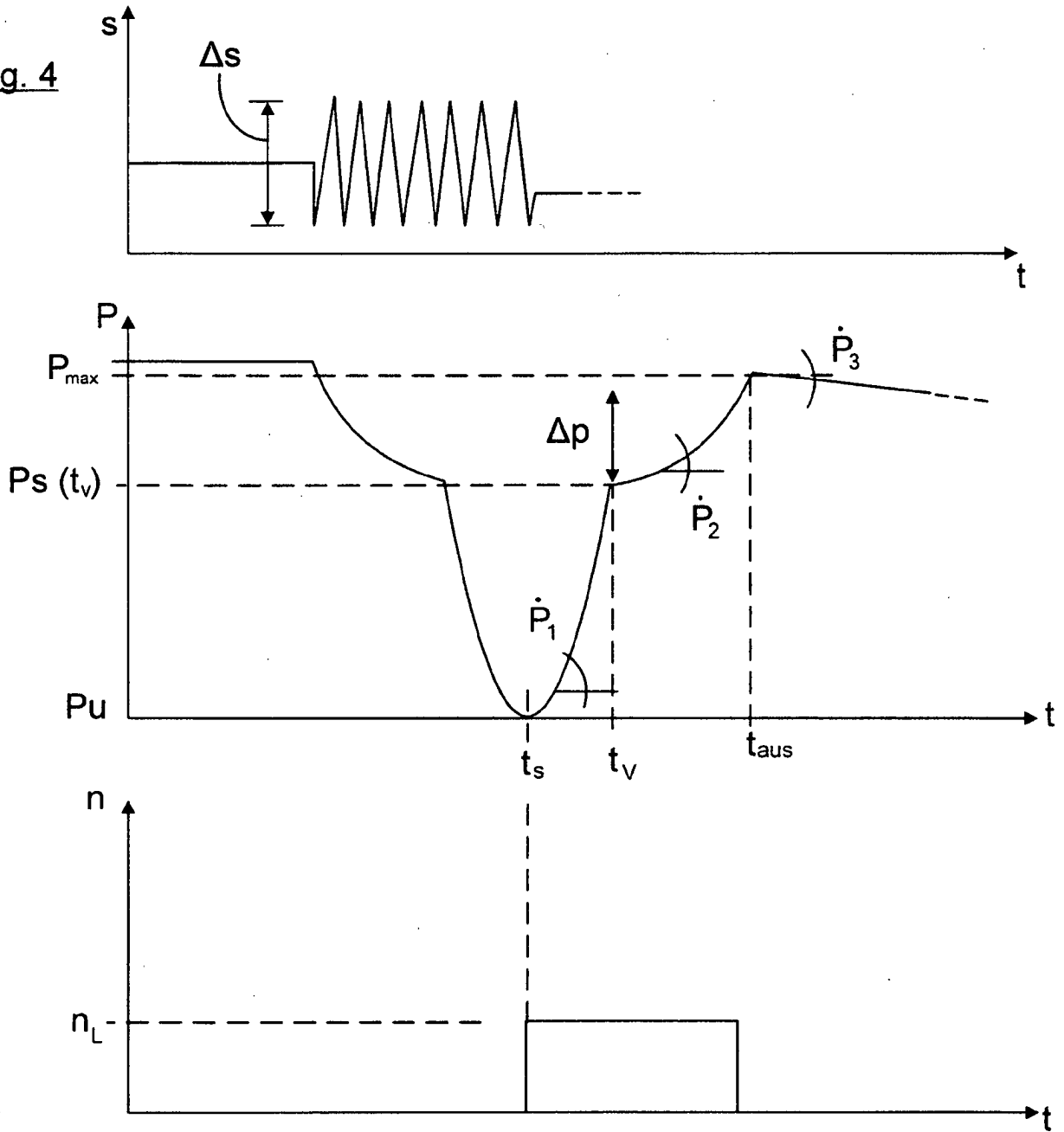
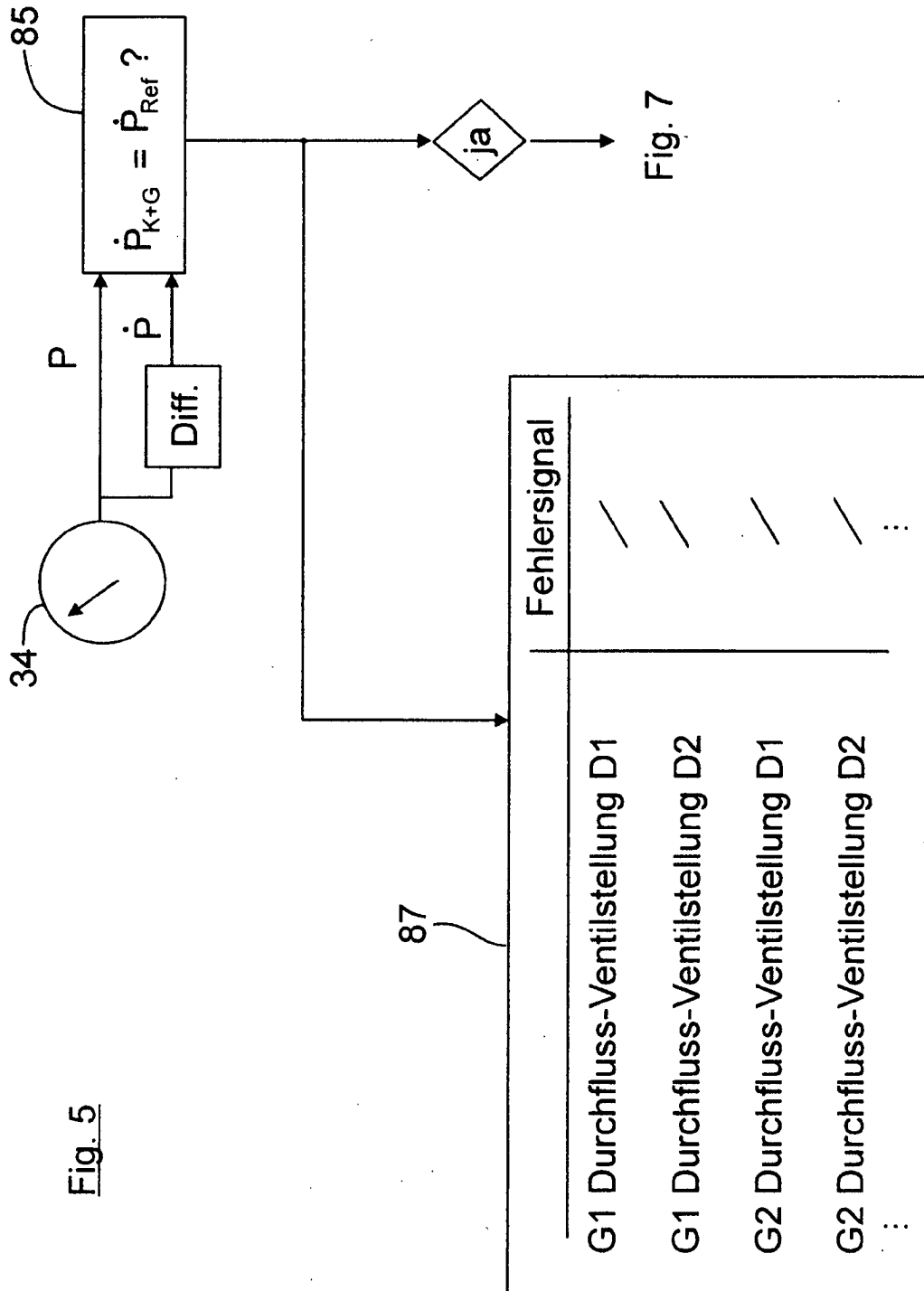
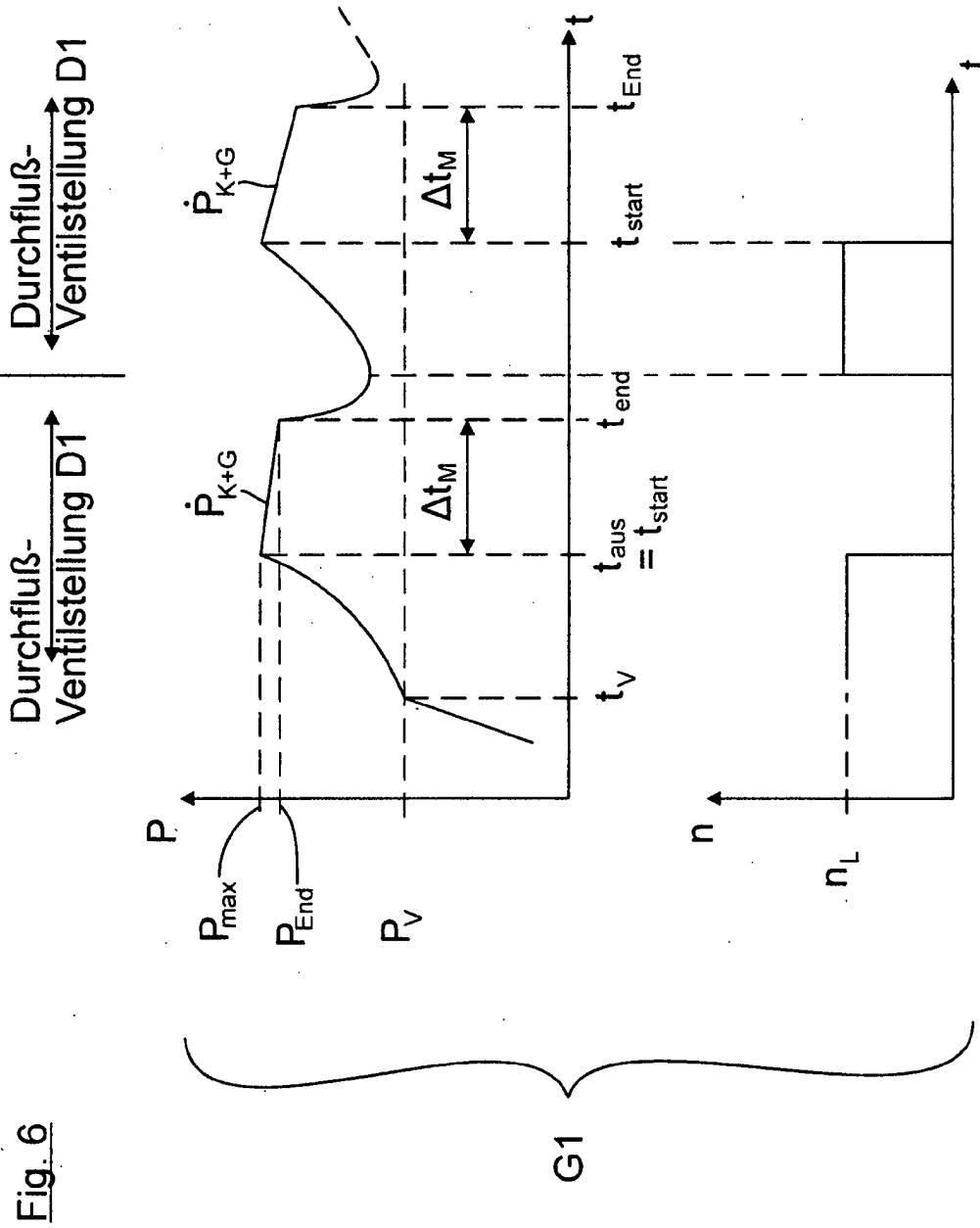


Fig. 4









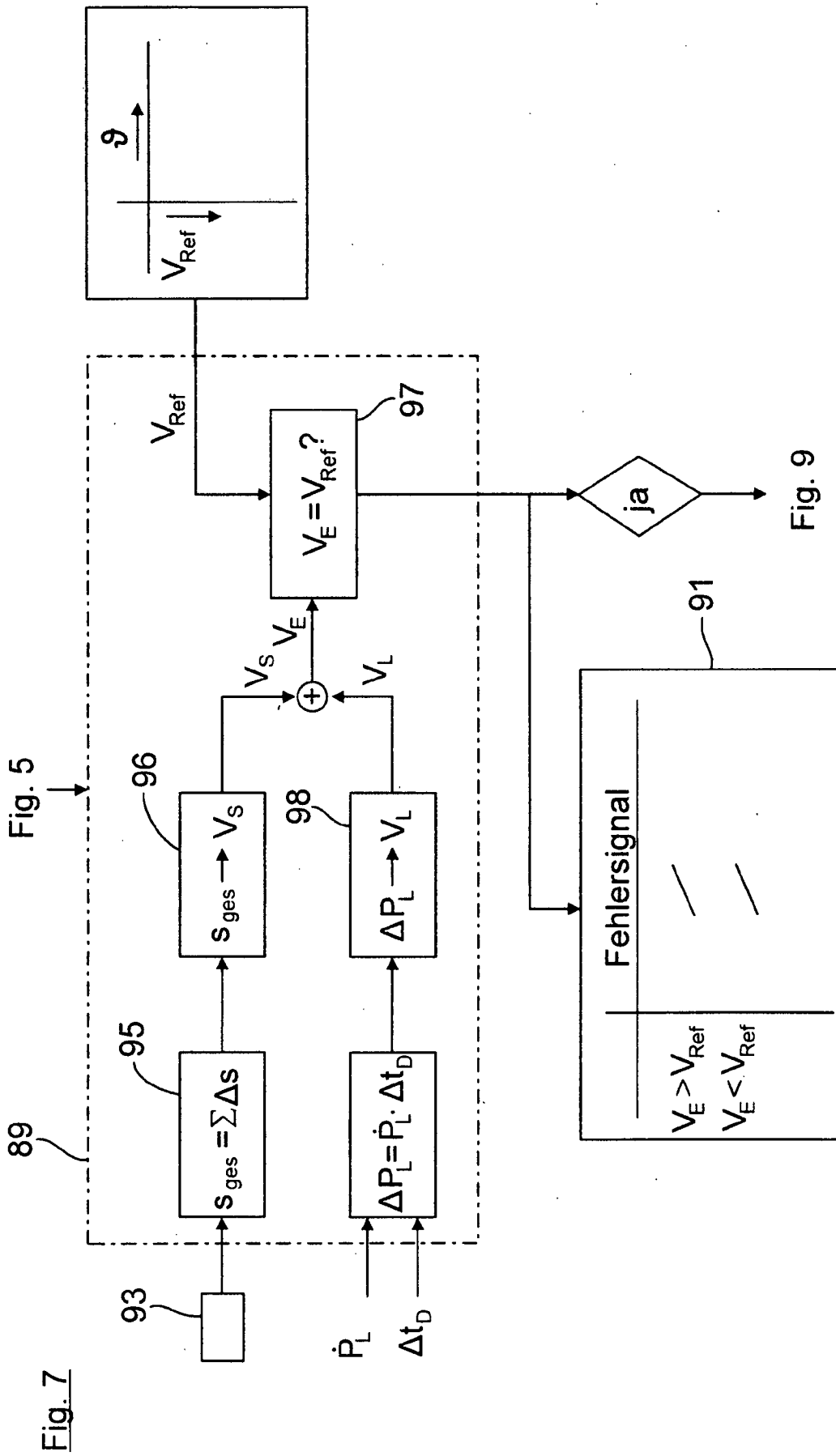


Fig. 8

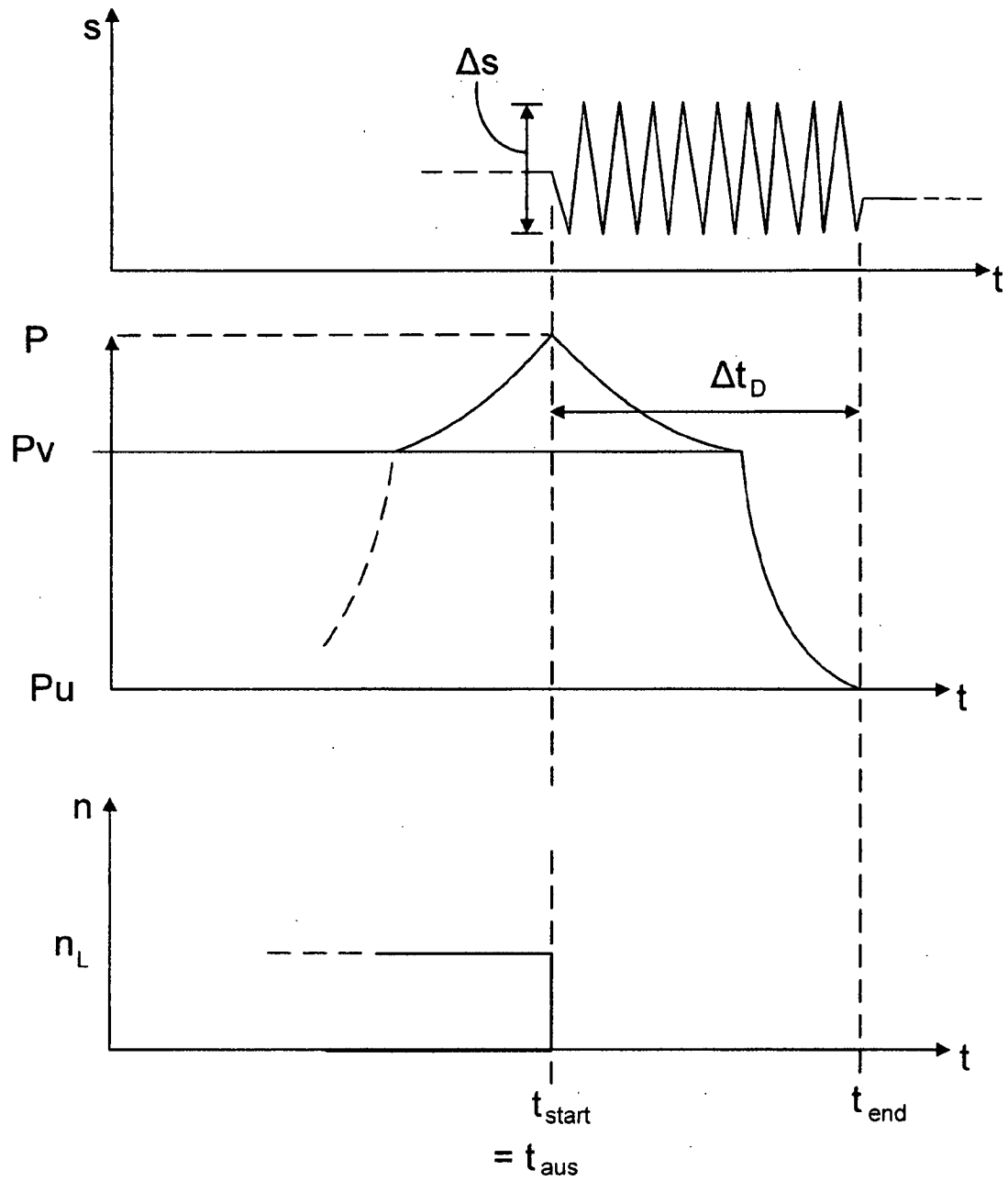
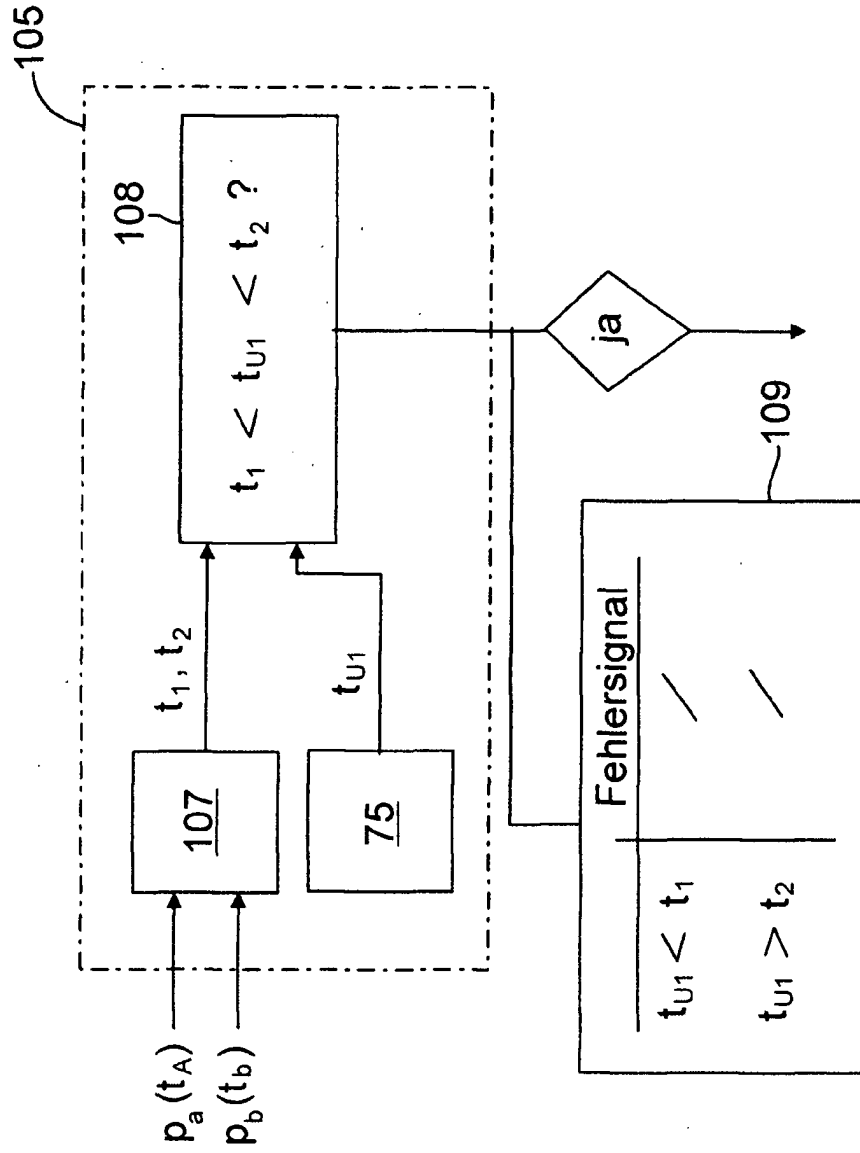


Fig. 9



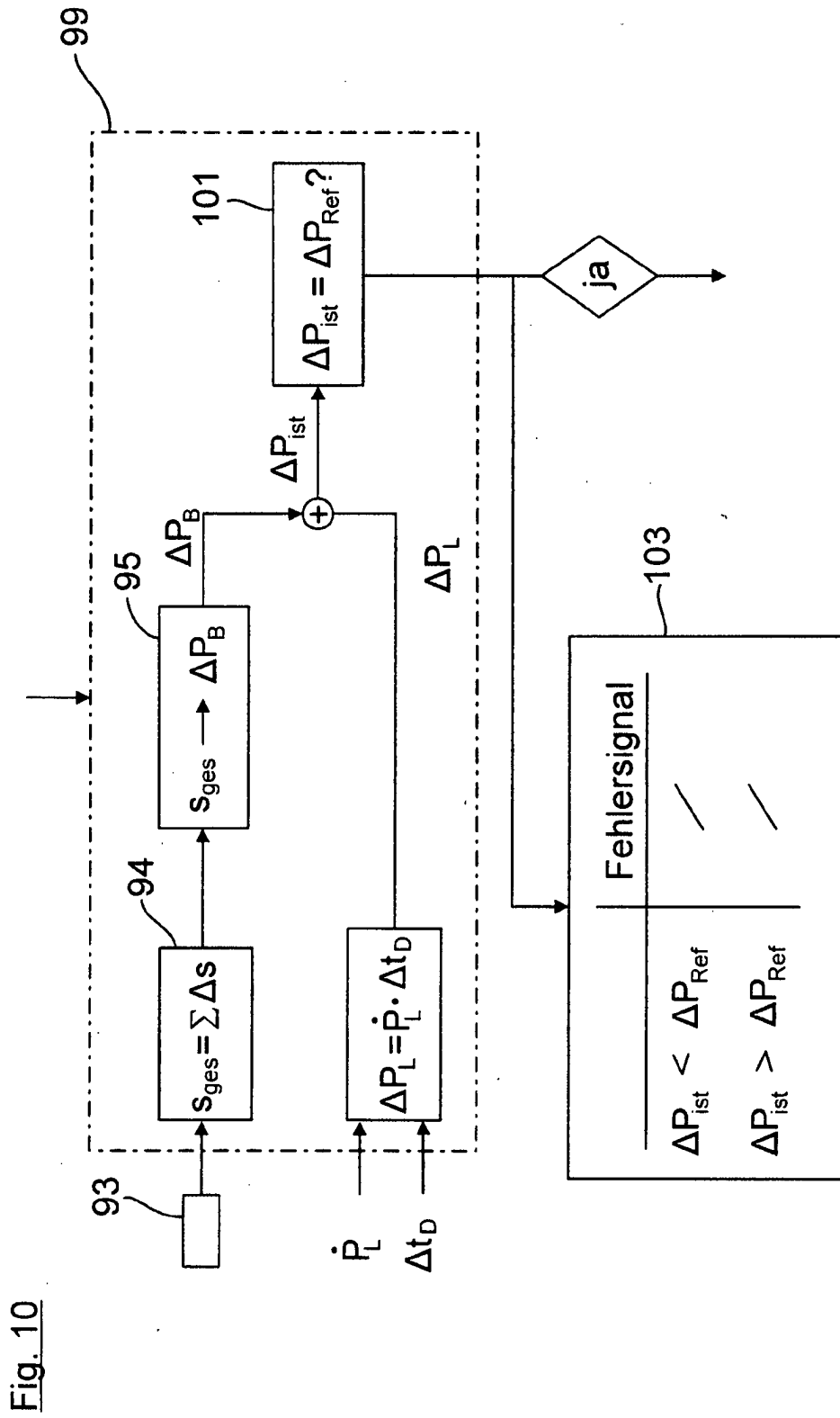


Fig. 11

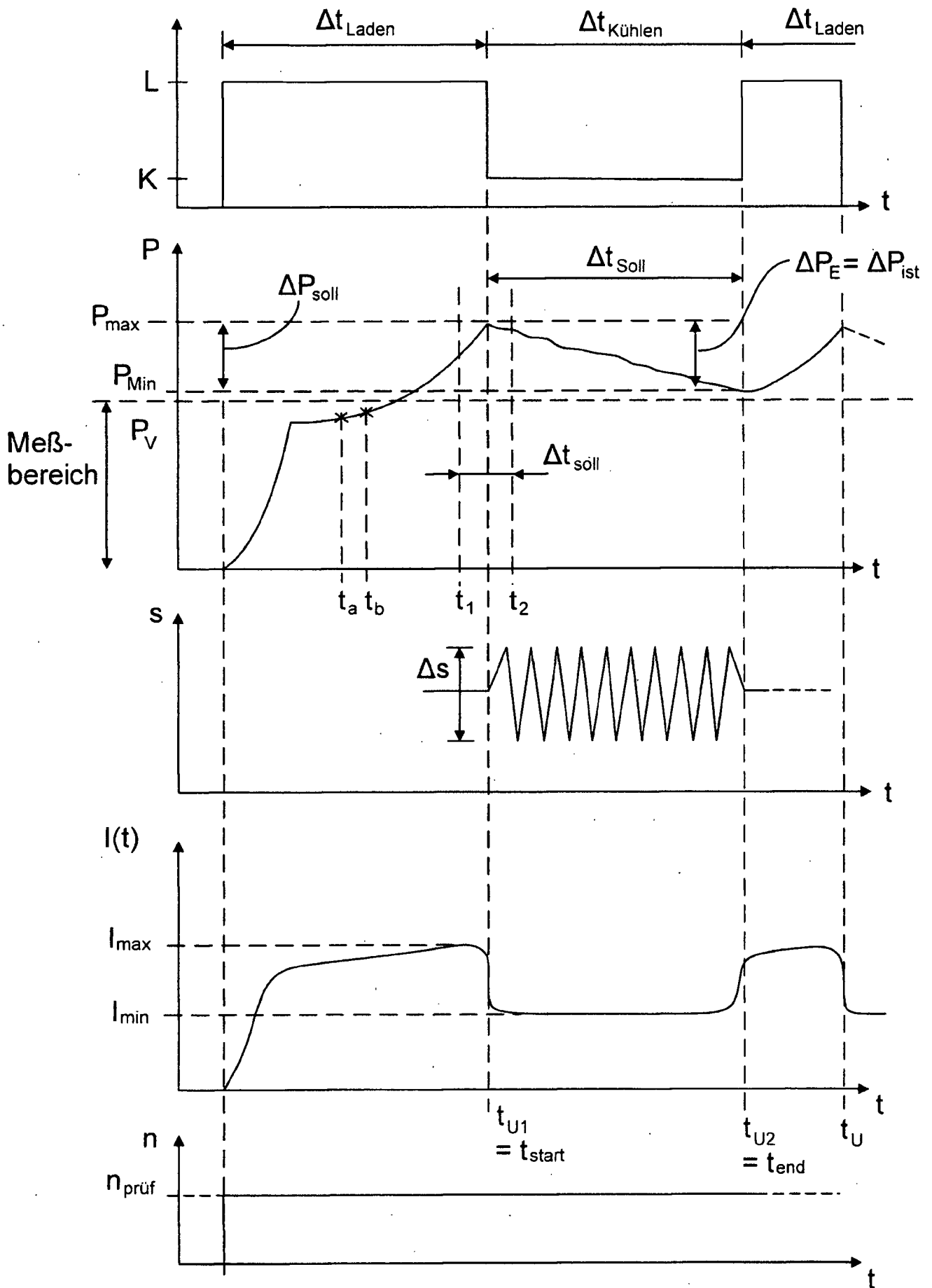


Fig. 12

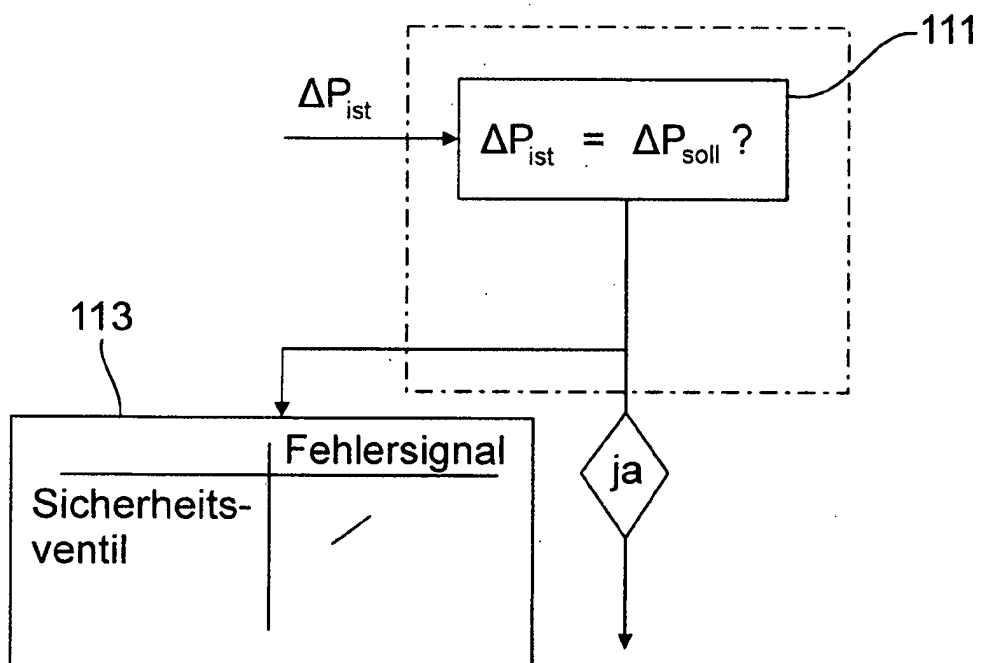
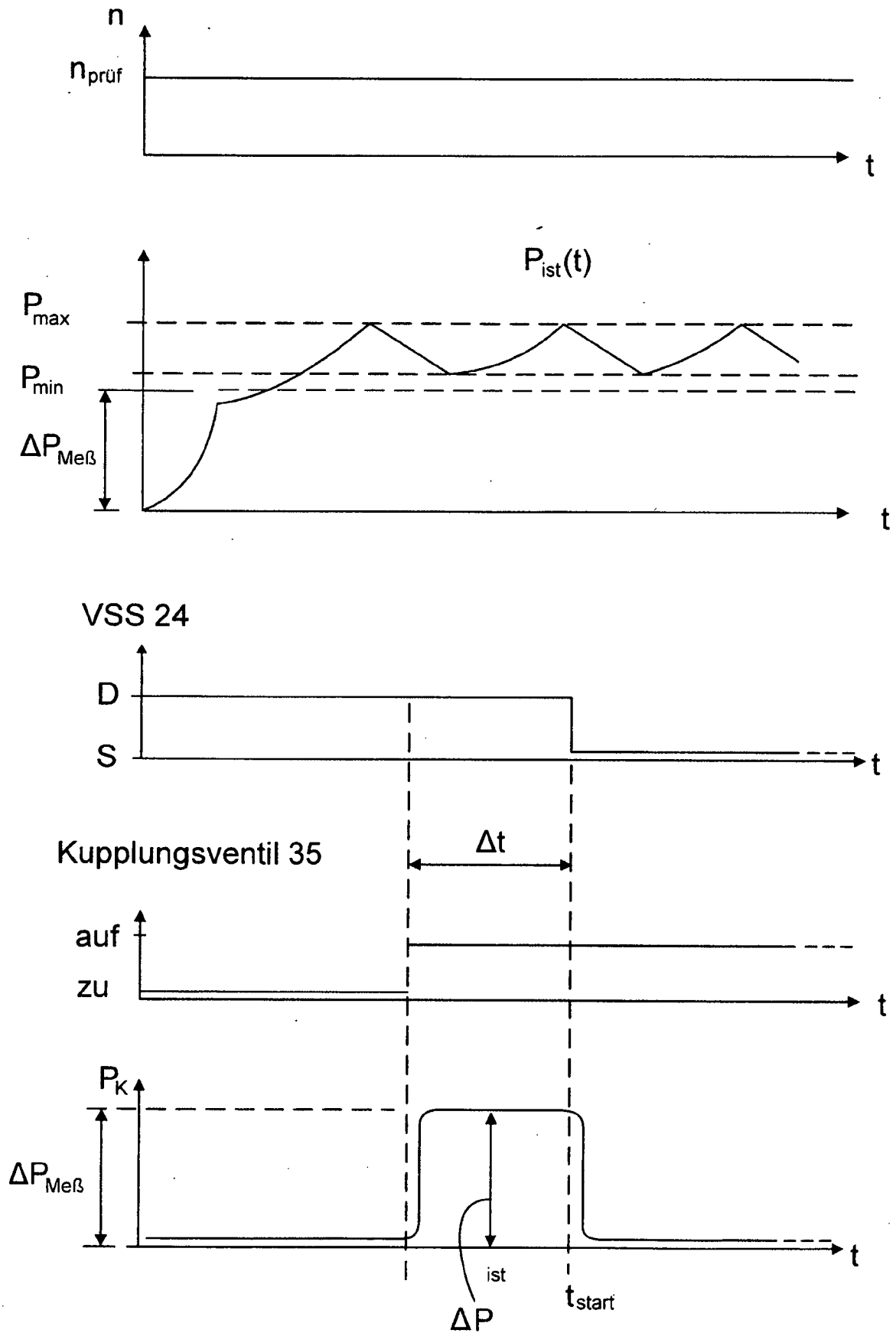


Fig. 13





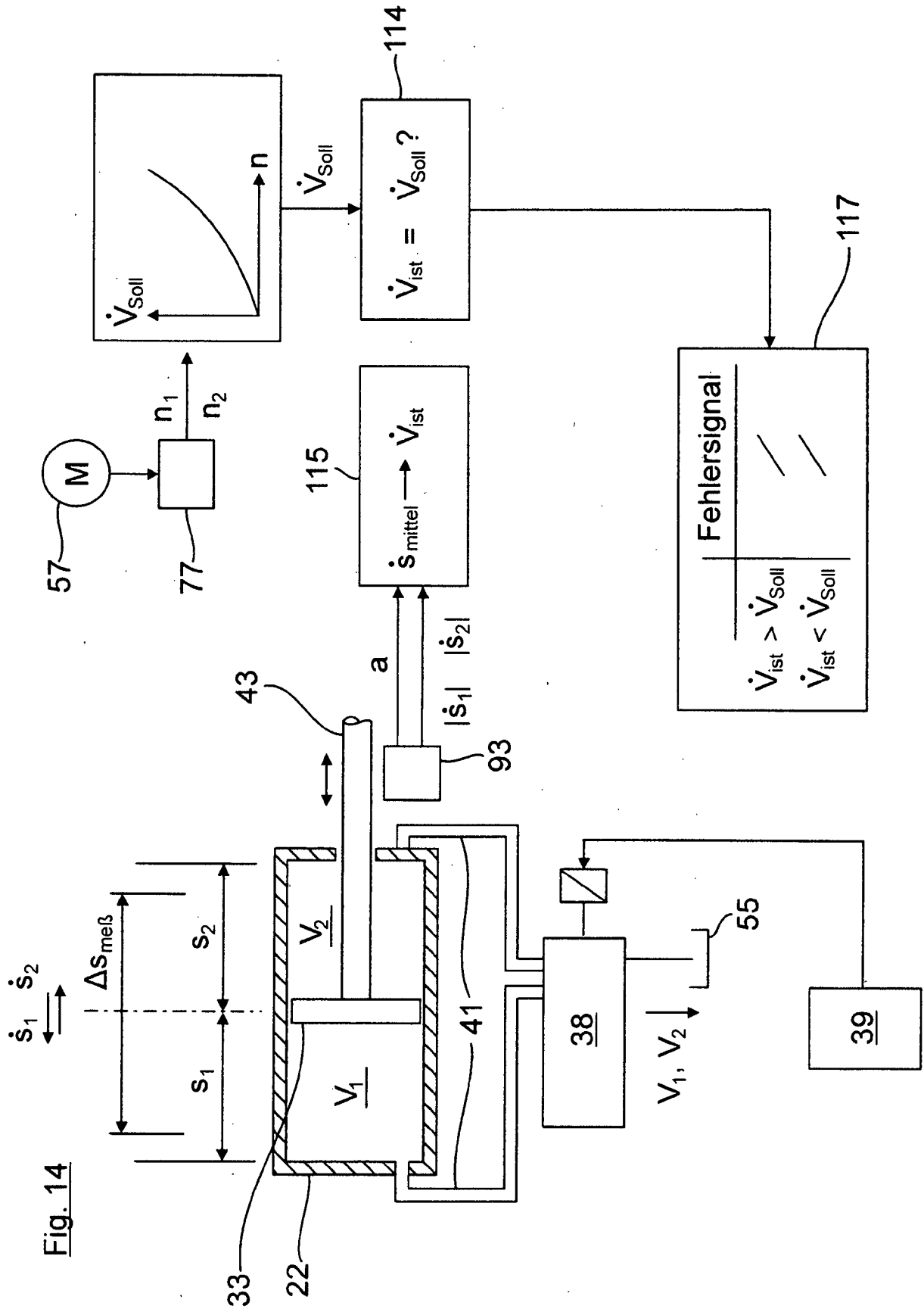


Fig. 15

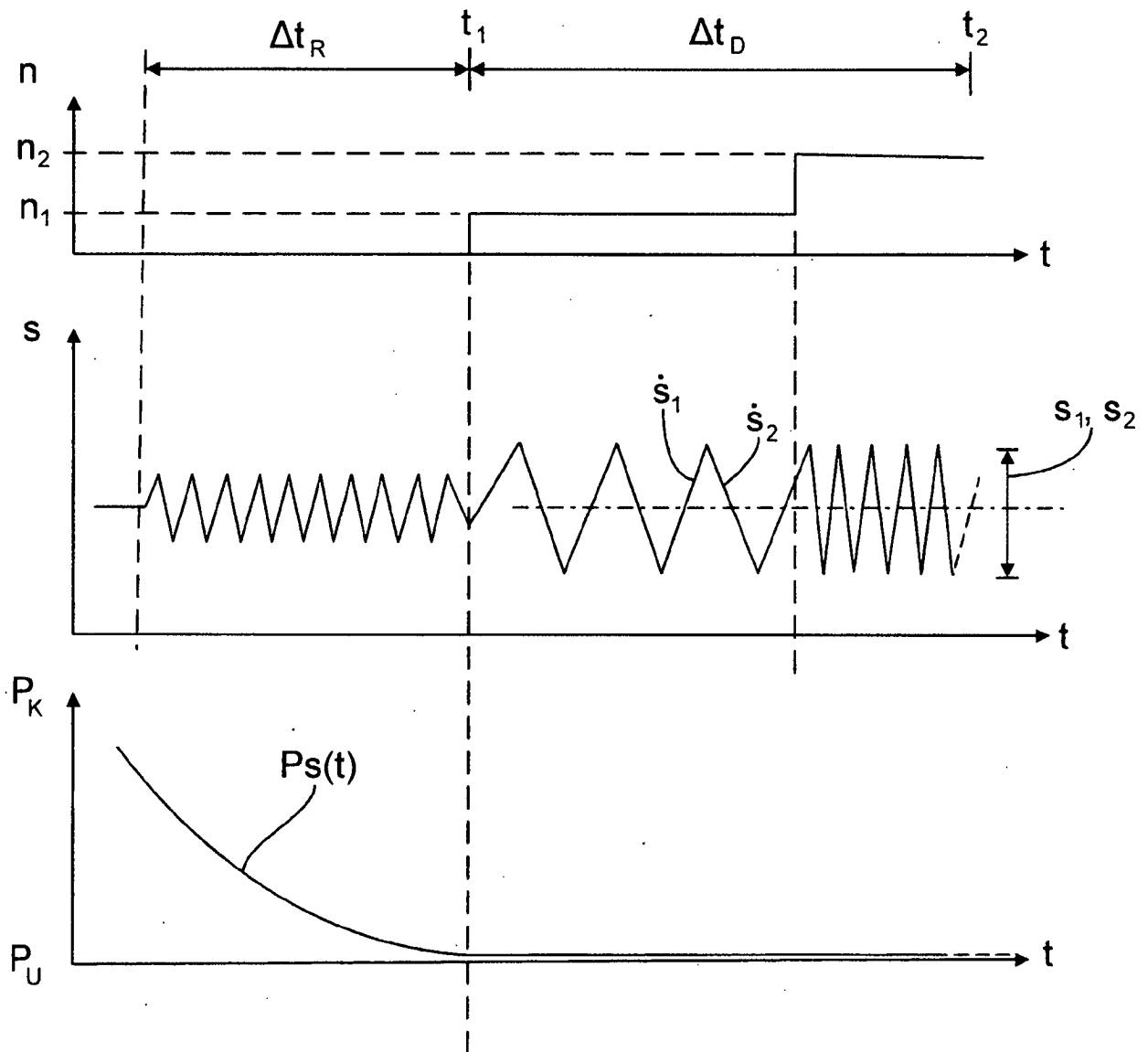


Fig. 16

