



(12)

## Patentschrift

(21) Aktenzeichen: **10 2018 111 261.0**  
(22) Anmeldetag: **10.05.2018**  
(43) Offenlegungstag: **15.11.2018**  
(45) Veröffentlichungstag  
der Patenterteilung: **30.03.2023**

(51) Int Cl.: **F01P 7/14** (2006.01)  
**F01P 3/20** (2006.01)  
**F02B 29/04** (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).

(30) Unionspriorität:  
**15/595,083**                      **15.05.2017**      **US**

(73) Patentinhaber:  
**GM Global Technology Operations LLC, Detroit,  
Mich., US**

(74) Vertreter:  
**LKGLOBAL | Lorenz & Kopf PartG mbB  
Patentanwälte, 80333 München, DE**

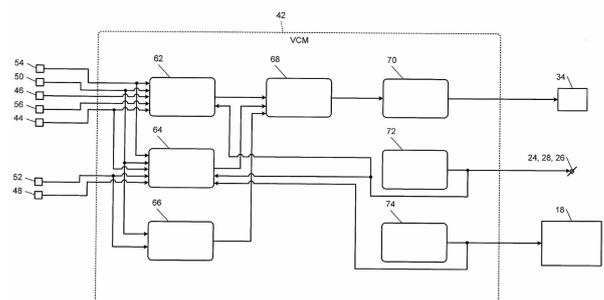
(72) Erfinder:  
**Tordin, Serena, Turin, IT; Ramolivo, Fabrizio,  
Turin, IT; Castorina, Francesco, Turin, IT**

(56) Ermittelte Stand der Technik:  
**DE**                      **10 2015 106 716**      **A1**  
**DE**                      **10 2016 122 820**      **A1**

(54) Bezeichnung: **System zur Regelung des Kühlmittelstroms durch einen Ladeluftkühler eines Fahrzeugs**

(57) Hauptanspruch: System, umfassend:  
ein Kühlmittelströmungsanforderungsmodul, das konfiguriert ist, um eine Kühlmittelstromanforderung basierend auf mindestens einem der Folgenden zu bestimmen:  
einer Austrittstemperatur eines Verdichters (12), der stromaufwärts eines Wärmetauschers (30) eines Ladeluftkühlers (14) angeordnet ist; und  
einen Wirkungsgrad ( $\text{Eff}_{\text{MAX CAC}}$ ) des Ladeluftkühlers (14);  
und  
ein Pumpensteuermodul (70), das konfiguriert ist, um eine Leistung einer Pumpe (34) basierend auf der Kühlmittelströmungsanforderung zu steuern, wobei die Pumpe (34) Kühlmittel durch den Kühler des Ladeluftkühlers (14) und durch den Wärmetauscher (30) des Ladeluftkühlers (14) zirkuliert, wenn die Pumpe (34) aktiviert wird, und der Wärmetauscher (30) stromaufwärts eines Ansaugkrümmers (16) eines Motors (18) angeordnet ist;  
ein minimales Kühlmittelströmungsmodul (66), das konfiguriert ist, um einen minimalen Kühlmittelstrom durch den Wärmetauscher (30) zu bestimmen, der ein Sieden verhindert, wobei das Kühlmittelströmungsanforderungsmodul die Kühlmittelanforderung gleich dem minimalen Kühlmittelstrom setzt, wenn die Kühlmittelstromanforderung niedriger als der minimale Kühlmittelstrom ist;  
ein maximales Kühlmittelströmungsmodul (64), das konfiguriert ist, um einen maximalen Kühlmittelstrom zu bestimmen, der die Kondensation im Ladeluftkühler (14) verhindert, wobei das Kühlmittelströmungsanforderungsmodul die Kühlmittelströmungsanforderung gleich dem maximalen Kühlmittelstrom setzt, wenn die Kühlmittelströmungsanforderung größer als der maximale Kühlmittelstrom ist;

ein Kühlerwirkungsgradmodul, das konfiguriert ist, um den Wirkungsgrad ( $\text{Eff}_{\text{MAX CAC}}$ ) des Ladeluftkühlers (14) basierend auf der Austrittstemperatur des Verdichters (12), einer einlassspezifischen Feuchtigkeit des Verdichters (12), einem vom Verdichter (12) bereitgestellten Ladedruck und einer Außenlufttemperatur zu bestimmen;  
wobei das maximale Kühlmittelströmungsmodul (64) konfiguriert ist, um den maximalen Kühlmittelstrom basierend auf dem Wirkungsgrad ( $\text{Eff}_{\text{MAX CAC}}$ ) des Ladeluftkühlers (14) und einem Gesamtmassenstrom von Luft und rezirkuliertem Abgas, der in den Verdichter (12) eintritt, zu bestimmen.



## Beschreibung

### Einleitung

**[0001]** Die vorliegende Offenbarung bezieht sich auf Systeme und Verfahren zur Regelung des Kühlmittelstroms durch einen Ladeluftkühler eines Fahrzeugs.

**[0002]** Ein Ladeluftkühler kühlt die Ansaugluft, nachdem die Ansaugluft durch einen Verdichter komprimiert wurde und bevor die Ansaugluft in einen Motor eintritt. Ein Ladeluftkühler beinhaltet typischerweise einen Wärmetauscher, einen Kühler und eine Pumpe. Die Ansaugluft strömt durch den Wärmetauscher, während die Ansaugluft vom Kompressor zum Motor strömt. Das durch den Wärmetauscher strömende Kühlmittel nimmt die Wärme aus der durch den Wärmetauscher strömenden Ansaugluft auf.

**[0003]** Der Kühler empfängt Kühlmittel aus dem Wärmetauscher, nachdem das Kühlmittel Wärme aus der durch den Wärmetauscher strömenden Ansaugluft aufgenommen hat. Der Kühler beinhaltet typischerweise einen Ventilator, der Luft an dem erwärmten Kühlmittel vorbei bläst, um die Temperatur des Kühlmittels zu senken, bevor das Kühlmittel in den Wärmetauscher zurückgeführt wird. Die Pumpe zirkuliert das Kühlmittel durch den Wärmetauscher und den Kühler.

**[0004]** DE 10 2016 122 820 A1 beschreibt einen Steuerungsapparat für einen Verbrennungsmotor, der einen Zwischenkühler und eine elektrisch betriebene Wasserpumpe, die konfiguriert ist, um Kühlwasser zirkulieren zu lassen, um durch den Zwischenkühler zu fließen, enthält, ist konfiguriert, um eine erforderliche I/C-Kühleffizienz zu berechnen, die durch Dividieren einer Differenz zwischen einer Kühlereinströmungsgastemperatur und einer Kühlerausströmungsgastemperatur durch eine Differenz zwischen der Kühlereinströmungsgastemperatur und einer Kühlwassertemperatur erhalten wird.

**[0005]** DE 10 2015 106 716 A1 beschreibt ein Verfahren und System zur Steuerung eines mit einer wassergekühlten Ladeluftkühlervorrichtung versehenen Fahrzeuges, aufweisend einen Kühler, welcher derart konfiguriert ist, dass er eine Kühlmitteltemperatur einer wassergekühlten Ladeluftkühlervorrichtung verringert, eine elektrische Wasserpumpe EWP, die derart konfiguriert ist, dass sie ein Kühlmittel der wassergekühlten Ladeluftkühlervorrichtung zirkuliert, einen Kühlmitteltemperatursensor, welcher derart konfiguriert ist, dass er die Kühlmitteltemperatur der wassergekühlten Ladeluftkühlervorrichtung erfasst, einen ersten Lufttemperatursensor, welcher derart konfiguriert ist, dass er eine Lufttemperatur an einem Einlass eines in der wassergekühlten Ladeluftkühlervorrichtung enthaltenen Ladeluftkühlers

erfasst, einen zweiten Lufttemperatursensor, welcher derart konfiguriert ist, dass er eine Lufttemperatur an einem Auslass des Ladeluftkühlers erfasst, und eine Steuereinrichtung, die derart konfiguriert ist, dass sie basierend auf der erfassten Kühlmitteltemperatur, einer Drehzahl und einer Stromverbrauchsmenge der EWP und einem Effizienzwert der wassergekühlten Ladeluftkühlervorrichtung bestimmt, ob die wassergekühlte Ladeluftkühlervorrichtung in einem Betriebsstörungszustand ist.

### Darstellung der Erfindung

**[0006]** Ein System gemäß der Erfindung beinhaltet ein Modul zur Anforderung des Kühlmittelstroms und ein Modul zum Steuern der Pumpe. Das Kühlmittelströmungsanforderungsmodul ist konfiguriert, um eine Kühlmittelströmungsanforderung basierend auf mindestens einer von (i) einer Austrittstemperatur eines Verdichters, der stromaufwärts eines Wärmetauschers eines Ladeluftkühlers angeordnet ist, und (ii) einem Wirkungsgrad des Ladeluftkühlers zu bestimmen. Das Pumpensteuermodul ist konfiguriert, um die Leistung einer Pumpe abhängig von der Kühlmittelströmungsanforderung zu steuern. Die Pumpe zirkuliert Kühlmittel durch den Kühler des Ladeluftkühlers und durch den Wärmetauscher des Ladeluftkühlers, wenn die Pumpe aktiviert ist. Der Wärmetauscher ist vor einem Ansaugkrümmer eines Motors angeordnet. Das System umfasst ein minimales Kühlmittelströmungsmodul, das konfiguriert ist, um einen minimalen Kühlmittelstrom durch den Wärmetauscher zu bestimmen, der ein Sieden verhindert, wobei das Kühlmittelströmungsanforderungsmodul die Kühlmittelanforderung gleich dem minimalen Kühlmittelstrom setzt, wenn die Kühlmittelstromanforderung niedriger als der minimale Kühlmittelstrom ist. Das System umfasst ein maximales Kühlmittelströmungsmodul, das konfiguriert ist, um einen maximalen Kühlmittelstrom zu bestimmen, der Kondensation im Ladeluftkühler verhindert, wobei das Kühlmittelströmungsanforderungsmodul die Kühlmittelströmungsanforderung gleich dem maximalen Kühlmittelstrom setzt, wenn die Kühlmittelströmungsanforderung größer als der maximale Kühlmittelstrom ist. Das System umfasst ein Kühlerwirkungsgradmodul, das konfiguriert ist, um den Wirkungsgrad (EffMAX\_CAC) des Ladeluftkühlers basierend auf der Austrittstemperatur des Verdichters, einer einlassspezifischen Feuchtigkeit des Verdichters, einem vom Verdichter bereitgestellten Ladedruck und einer Außenlufttemperatur zu bestimmen. Das maximale Kühlmittelströmungsmodul ist konfiguriert, um den maximalen Kühlmittelstrom basierend auf dem Wirkungsgrad (EffMAX\_CAC) des Ladeluftkühlers und einem Gesamtmassenstrom von Luft und rezirkuliertem Abgas, der in den Verdichter eintritt, zu bestimmen.

**[0007]** In einer Ausführungsform ist das minimale Kühlmittelströmungsmodul konfiguriert, um den minimalen Kühlmittelstrom basierend auf der Austrittstemperatur des Kompressors und einem Gesamtmassenstrom von Luft und rückgeführtem Abgas in den Verdichter zu bestimmen.

**[0008]** In einer Ausführungsform ist das Kühlmittelstromanforderungsmodul konfiguriert, um den maximalen Kühlmittelstrom gleich dem minimalen Kühlmittelstrom einzustellen, wenn der minimale Kühlmittelstrom größer als der maximale Kühlmittelstrom ist.

**[0009]** In einer Ausführungsform, vor dem Vergleich der Kühlmittelstromanforderung mit den minimalen und maximalen Kühlmittelströmen, ist das Kühlmittelstromanforderungsmodul konfiguriert, um die Kühlmittelstromanforderung basierend auf einem vom Verdichter bereitgestellten Ladedruck, einem Gesamtmassenstrom von Luft und rückgeführtem Abgas in den Verdichter, einem Umgebungsdruck, einer Temperatur des Ansaugkrümmers und einer Außenlufttemperatur zu bestimmen.

**[0010]** In einer Ausführungsform ist das Kühlmittelstromanforderungsmodul konfiguriert, um die Kühlmittelstromanforderung bei laufendem Motor selektiv auf Null zu setzen, und das Pumpensteuermodul ist konfiguriert, um die Pumpe zu deaktivieren, wenn die Kühlmittelstromanforderung gleich Null ist.

**[0011]** In einer Ausführungsform, ist das Pumpensteuermodul konfiguriert, um basierend auf der Kühlmittelstromanforderung die Leistung der Pumpe auf einen von mindestens drei Werten einzustellen, die größer als Null sind.

#### Figurenliste

**[0012]** Die vorliegende Offenbarung wird verständlicher unter Zuhilfenahme der ausführlichen Beschreibung und der zugehörigen Zeichnungen, worin gilt:

**Fig. 1** ist ein Funktionsblockdiagramm eines exemplarischen Fahrzeugsystems gemäß den Prinzipien der vorliegenden Offenbarung;

**Fig. 2** ist ein Funktionsblockdiagramm eines exemplarischen Steuerungssystems gemäß den Prinzipien der vorliegenden Offenbarung;

**Fig. 3** ist ein Flussdiagramm, das ein exemplarisches Steuerungsverfahren darstellt; und

**Fig. 4** ist ein Diagramm, das einen exemplarischen Zusammenhang zwischen einem Wirkungsgrad eines Ladeluftkühlers, einer durch den Ladeluftkühler strömenden Luftmenge und einem maximalen Kühlmittelstrom durch den Ladeluftkühler veranschaulicht.

**[0013]** In den Zeichnungen werden dieselben Bezugszeichen für ähnliche und/oder identische Elemente verwendet.

#### Ausführliche Beschreibung

**[0014]** Wie vorstehend erläutert, beinhaltet ein Ladeluftkühler typischerweise einen Wärmetauscher, einen Kühler und eine Pumpe. Der Kühlmitteldurchsatz durch den Ladeluftkühler wird durch Anpassen der Pumpenleistung angepasst. Wenn der Kühlmitteldurchsatz durch den Wärmetauscher zu niedrig ist, kann heiße Ansaugluft, die durch den Wärmetauscher strömt, das Kühlmittel zum Kochen bringen oder einen übermäßigen Temperaturgradienten im durch den Wärmetauscher strömenden Kühlmittel verursachen. Das Risiko des Siedens des Kühlmittels kann bei Wärmetauschern mit Gegenstromausführung (bei denen das Kühlmittel in entgegengesetzter Richtung als Luft strömt) größer sein als bei Wärmetauschern mit Gleichstromausführung (bei denen das Kühlmittel in gleicher Richtung wie Luft strömt). Das Sieden des Kühlmittels kann zu Schäden an der Pumpe führen, und ein zu hoher Temperaturgradient im Kühlmittel, das durch den Wärmetauscher strömt, kann zu einem Ermüdungsrisso im Wärmetauscher führen.

**[0015]** Wenn der Kühlmitteldurchsatz durch den Wärmetauscher zu hoch ist, kann sich innerhalb eines Ansaugluftkanals im Wärmetauscher und/oder hinter dem Wärmetauscher Kondensat bilden. In einigen Fällen wird die Ansaugluft mit dem rückgeführten Abgas vermischt, bevor die Ansaugluft durch den Wärmetauscher geleitet wird. Da das rückgeführte Abgas Stickoxide enthalten kann, kann jede Kondensation, die sich im oder hinter dem Wärmetauscher aufgrund des hohen Kühlmittelstroms bildet, eine Säure-Dampf-Kondensation sein. Das Vorhandensein von saurem Dampf-Kondensat im Wärmetauscher fördert die Korrosion des Wärmetauschers. Darüber hinaus ist der Motor nicht typischerweise auf das Vorhandensein von saurem Kondensat im Verbrennungsgemisch kalibriert, sodass das Vorhandensein von saurem Kondensat im Verbrennungsgemisch die Motorleistung und die Emissionen beeinträchtigen kann.

**[0016]** Einige Kühlmittelströmungssteuerungssysteme stellen die Leistung der Pumpe basierend auf der Menge der in den Wärmetauscher einströmenden Ansaugluft und dem Ladedruck eines stromaufwärts des Wärmetauschers angeordneten Verdichters ein. In einem Beispiel wird eine Kühlmittelstromanforderung basierend auf der Ansaugluftmenge und dem Ladedruck bestimmt und die Leistung der Pumpe an die Kühlmittelströmungsanforderung angepasst. Typischerweise wird die Leistung der Pumpe zwischen zwei Stufen (z. B. Drehzahlen, Einschaltdauer) umgeschaltet, um zwei

Kühlmittelströme durch den Ladeluftkühler zu erhalten. Obwohl die Pumpe nicht typischerweise bei laufendem Motor abgeschaltet wird, um die Gefahr des Kochens des Kühlmittels oder eines übermäßigen Temperaturgradienten über dem Wärmetauscher zu vermeiden, ist die Gefahr der Kondensation bei bestehenden Kühlmittelströmungssteuerungssystemen nicht gegeben.

**[0017]** Ein System gemäß der vorliegenden Offenbarung steuert den Kühlmittelstrom durch einen Ladeluftkühler so, dass nicht nur das Risiko des Kochens des Kühlmittels und eines übermäßigen Temperaturgradienten, sondern auch das Risiko der Kondensatbildung in oder hinter dem Ladeluftkühler vermieden wird. Das System erreicht dies durch Bestimmen eines minimalen Kühlmittelstroms durch den Ladeluftkühler, der eine zu hohe Kühlmitteltemperatur verhindert, und eines maximalen Kühlmittelstroms durch den Ladeluftkühler, der eine Kondensation verhindert. Das System stellt die Kühlmittelströmungsanforderung auf die minimale Kühlmittelströmungsmenge ein, wenn die Kühlmittelströmungsanforderung kleiner als die minimale Kühlmittelströmungsmenge ist. Gleichermaßen stellt das System die Kühlmittelströmungsanforderung auf die maximale Kühlmittelströmungsmenge ein, wenn die Kühlmittelströmungsanforderung größer als die maximale Kühlmittelströmungsmenge ist.

**[0018]** Durch das Vermeiden des Risikos des Kochens des Kühlmittels verhindert das System Schäden an der Pumpe. Durch das Vermeiden des Risikos eines übermäßigen thermischen Gradienten über dem Wärmetauscher verhindert das System eine Beschädigung des Wärmetauschers. Durch das Vermeiden des Risikos der Kondensatbildung in oder hinter dem Ladeluftkühler verhindert das System die Korrosion des Wärmetauschers und verhindert eine Verschlechterung der Motorleistung und der Emissionen. Da das System die maximale Kühlmittelströmungsmenge bestimmt, hat das System zudem die Möglichkeit, die Pumpe auszuschalten, wenn der Motor läuft, um den Kraftstoffverbrauch zu verbessern und gleichzeitig das Risiko des Siedens von Kühlmittel zu vermeiden. In einem Beispiel, wenn die Kühlmittelströmungsanforderung Null ist, schaltet das System die Pumpe bei laufendem Motor ab, wenn die minimale Kühlmittelströmungsmenge ebenfalls Null ist.

**[0019]** Bezogen auf **Fig. 1** beinhaltet ein Fahrzeugsystem 10 einen Verdichter 12, einen Ladeluftkühler 14, einen Ansaugkrümmer 16, einen Motor 18, einen Abgaskrümmer 20, einen Dieselpartikelfilter 22, eine Abgasdrosselklappe 24, eine Niederdruck-(LP)-Abgasrückführungs-(AGR)-Drosselklappe 26 und eine Hochdruck-(HP)-AGR-Drosselklappe 28. Der Verdichter 12 empfängt ein Gemisch aus Außenluft und Abgas, das über die LP-AGR-Drosselklappe 26

zurückgeführt wird. Der Verdichter 12 setzt dieses Gemisch aus Außenluft und Abgas unter Druck. Der Verdichter 12 kann Teil eines Turboladers sein.

**[0020]** Der Ladeluftkühler 14 beinhaltet typischerweise einen Wärmetauscher 30, einen Kühler 32 und eine Pumpe 34. Der Wärmetauscher 30 empfängt das druckbeaufschlagte Gemisch aus Luft und Abgas vom Verdichter 12 und senkt die Temperatur des druckbeaufschlagten Gemischs. Das durch den Wärmetauscher 30 strömende Kühlmittel nimmt die Wärme aus dem druckbeaufschlagten Luft-/Abgasgemisch auf. Der Wärmetauscher 30 kann eine Gegenstromausführung aufweisen, wobei der Kühlmittelstrom durch den Wärmetauscher 30 entgegengesetzt zur Strömungsrichtung des Luft-/Abgasgemisches durch den Wärmetauscher 30 verläuft.

**[0021]** Der Kühler 32 empfängt Kühlmittel aus dem Wärmetauscher 30 über eine Kühlmittelrücklaufleitung 36, nachdem das Kühlmittel Wärme aus dem durch den Wärmetauscher 30 strömenden druckbeaufschlagten Luft-/Abgasgemisch aufgenommen hat. Der Kühler 32 beinhaltet einen Ventilator 38, der Luft am erwärmten Kühlmittel vorbei bläst, um die Temperatur des Kühlmittels zu senken. Die Pumpe 34 zirkuliert das Kühlmittel durch den Wärmetauscher 30 und den Kühler 32. In dem dargestellten Beispiel ist die Pumpe 34 in einer Kühlmittelzufuhrleitung 40 angeordnet, die gekühltes Kühlmittel vom Kühler 32 zum Wärmetauscher 30 fördert. Die Pumpe 34 kann jedoch in der Kühlmittelrücklaufleitung 36 angeordnet werden. Die Pumpe 34 kann eine elektrische Pumpe sein.

**[0022]** Nachdem der Wärmetauscher 30 die Temperatur des Luft-/Abgasgemisches gesenkt hat, wird das Gemisch vor dem Eintritt in den Ansaugkrümmer 16 mit dem über die HP-AGR-Drosselklappe 28 rückgeführten Abgas vermischt. Der Motor 18 saugt Luft und Abgas aus dem Ansaugkrümmer 16 an, spritzt Kraftstoff in das Gemisch ein und verbrennt das Gemisch aus Luft, Abgas und Kraftstoff zum Erzeugen des Antriebsmoments. Der Motor 18 kann ein Fremdzündungsmotor, ein Selbstzündungsmotor sein. Der Abgaskrümmer 20 empfängt Abgase, die aus dem Motor 18 ausgestoßen werden.

**[0023]** Der Dieselpartikelfilter 22 extrahiert Partikelmaterial aus dem Abgas. Die Abgasdrosselklappe 24 regelt den Durchfluss des Abgases vom Dieselpartikelfilter 22 durch die Außenumgebung. Die LP-AGR-Drosselklappe 26 regelt den Durchfluss des Abgases vom Dieselpartikelfilter 22 durch den Verdichter 12. Die HP-AGR-Drosselklappe 28 regelt den Durchfluss des Abgases aus dem Abgaskrümmer 20 und dem Ansaugkrümmer 16.

**[0024]** Ein Fahrzeugsteuermodul (VCM) 42 steuert den Motor 18, die Abgasdrosselklappe 24, die LP-

AGR-Drosselklappe 26, die HP-AGR-Drosselklappe 28 und die Pumpe 34 basierend auf einem oder mehreren Fahrzeugbetriebszuständen. Die Fahrzeugbetriebszustände können mit einem oder mehreren Sensoren gemessen werden. Die Sensoren können einen Außenlufttemperatur-(OAT)-Sensor 44, einen Außenluftdruck-(OAP)-Sensor 46, einen Außenluftfeuchte-(OAH)-Sensor 48, einen Massenluftstromsensor 50, einen Verdichteraustrittstemperatur-(COT)-Sensor 52, einen Ladedruck-(BP)-Sensor 54, einen Ansaugkrümmertemperatur-(IMT)-Sensor 56 und/oder einen Abgaskrümmertemperatur-(EMT)-Sensor 58 beinhalten.

**[0025]** Der OAT-Sensor 44 misst die Temperatur der in den Verdichter eintretenden Außenluft 12. Der OAP-Sensor 46 misst den Druck der in den Verdichter einströmenden Außenluft 12. Der OAH-Sensor 48 misst die Feuchte der in den Verdichter einströmenden Außenluft 12. Der MAF-Sensor 50 misst den Massenstrom der in den Verdichter eintretenden Außenluft 12.

**[0026]** Der COT-Sensor 52 misst die Temperatur des Luft-/Abgasgemischs an einem Ausgang des Verdichters 12. Der COT-Sensor 52 kann am Ausgang des Verdichters 12 angeordnet sein. Alternativ kann der COT-Sensor 52 an einer Stelle stromabwärts des Verdichters 12 und stromaufwärts des Wärmetauschers 30 angeordnet sein, wie dargestellt.

**[0027]** Der BP-Sensor 54 misst den Ladedruck des Verdichters 12. Das heißt, der BP-Sensor 54 misst den Druck des vom Verdichter 12 druckbeaufschlagten Luft- und Abgasgemischs. Der IMT-Sensor 56 misst die Temperatur von Luft und Abgas, das durch den Ansaugkrümmer 16 strömt. Der EMT-Sensor 58 misst die Temperatur des durch den Abgaskrümmer 20 strömenden Abgases.

**[0028]** Unter Bezugnahme auf **Fig. 2** beinhaltet eine exemplarische Implementierung des VCM 42 ein anfängliches Kühlmittelströmungsanforderungsmodul 62, ein maximales Kühlmittelströmungsmodul 64, ein minimales Kühlmittelströmungsmodul 66 und ein abschließendes Kühlmittelströmungsanforderungsmodul 68. Das anfängliche Kühlmittelströmungsanforderungsmodul 62 bestimmt eine anfängliche Kühlmittelströmungsanforderung und gibt die erste Kühlmittelströmungsanforderung aus. Das anfängliche Kühlmittelströmungsanforderungsmodul 62 kann die anfängliche Kühlmittelströmungsanforderung basierend auf dem Ladedruck vom BP-Sensor 54, dem Massenstrom der Ansaugluft vom MAF-Sensor 50, dem Außenluftdruck vom OAP-Sensor 46, der Ansaugkrümmertemperatur vom IMT-Sensor 56 und/oder der Außenlufttemperatur vom OAT-Sensor 44 bestimmen.

**[0029]** In einem Beispiel bestimmt das anfängliche Kühlmittelströmungsanforderungsmodul 62 eine Basiskühlmittelströmungsanforderung basierend auf dem Ladedruck und einem Gesamtmassenstrom von Luft und Abgas, die in den Wärmetauscher 30 eintreten, und passt die Basiskühlmittelströmungsanforderung basierend auf anderen Fahrzeugbetriebszuständen an, um die anfängliche Kühlmittelströmungsanforderung zu erhalten. Das anfängliche Kühlmittelströmungsanforderungsmodul 62 kann die Summe aus dem Massenstrom der Ansaugluft vom MAF-Sensor 50 und dem Massenstrom des durch die LP-AGR-Drosselklappe 26 zurückgeführten Abgases bestimmen, um den Gesamtmassenstrom von Luft und Abgas einzustellen. Das anfängliche Kühlmittelströmungsanforderungsmodul 62 kann den Massendurchsatz des durch die LP-AGR-Drosselklappe 26 zurückgeführten Abgases basierend auf den Positionen der LP-AGR-Drosselklappe 24 und der LP-AGR-Drosselklappe 26 schätzen.

**[0030]** Das anfängliche Kühlmittelströmungsanforderungsmodul 62 kann die anfängliche Kühlmittelströmungsanforderung basierend auf dem Außenluftdruck vom OAP-Sensor 46 anpassen. In einem Beispiel vervielfacht das anfängliche Kühlmittelströmungsanforderungsmodul 62 die Basiskühlmittelströmungsanforderung mit einem ersten Korrekturfaktor, um eine erste Kühlmittelströmungsanforderung zu erhalten. Das anfängliche Kühlmittelströmungsanforderungsmodul 62 kann die anfängliche Kühlmittelströmungsanforderung basierend auf dem Außenluftdruck, beispielsweise über eine Funktion oder eine Zuordnung (z. B. eine Nachschlagetabelle), bestimmen.

**[0031]** Das anfängliche Kühlmittelströmungsanforderungsmodul 62 kann die anfängliche Kühlmittelströmungsanforderung basierend auf der Ansaugkrümmertemperatur des IMT-Sensors 56 anpassen. In einem Beispiel bestimmt das anfängliche Kühlmittelströmungsanforderungsmodul 62 eine Summe aus der ersten Kühlmittelströmungsanforderung und einem zweiten Korrekturfaktor, um eine zweite Kühlmittelströmungsanforderung zu erhalten. Das anfängliche Kühlmittelströmungsanforderungsmodul 62 kann den zweiten Korrekturfaktor basierend auf der Ansaugkrümmertemperatur bestimmen, beispielsweise durch eine Funktion oder eine Zuordnung.

**[0032]** Das anfängliche Kühlmittelströmungsanforderungsmodul 62 kann die anfängliche Kühlmittelströmungsanforderung basierend auf der Außenlufttemperatur vom OAP-Sensor 44 anpassen. In einem Beispiel vervielfacht das anfängliche Kühlmittelströmungsanforderungsmodul 62 die zweite Kühlmittelströmungsanforderung mit einem dritten Korrekturfaktor, um eine dritte Kühlmittelströmungsanforderung zu erhalten. Das

anfängliche Kühlmittelströmungsanforderungsmodul 62 kann den dritten Korrekturfaktor basierend auf der Außenlufttemperatur bestimmen, beispielsweise durch eine Funktion oder eine Zuordnung. Die anfängliche Kühlmittelströmungsanforderung, die vom anfänglichen Kühlmittelströmungsanforderungsmodul 62 ausgegeben wird, kann gleich der dritten Kühlmittelströmungsanforderung sein.

**[0033]** Das maximale Kühlmittelströmungsmodul 64 bestimmt einen maximalen Kühlmittelstrom durch den Ladeluftkühler 14 und gibt den maximalen Kühlmittelstrom aus. Der maximale Kühlmittelstrom ist der maximal zulässige Kühlmittelstrom durch den Ladeluftkühler 14, der eine Kondensation innerhalb oder stromabwärts des Ladeluftkühlers 14 verhindert. Das maximale Kühlmittelströmungsmodul 64 kann den maximalen Kühlmittelstrom aus dem Gesamtmassenstrom von Luft und Abgas in den Wärmetauscher 30 und einem maximalen Wirkungsgrad des Ladeluftkühlers 14, beispielsweise durch eine Funktion oder eine Zuordnung, bestimmen. Das maximale Kühlmittelströmungsmodul 64 kann den Gesamtmassenstrom vom anfänglichen Kühlmittelströmungsanforderungsmodul 62 empfangen. Alternativ kann das maximale Kühlmittelströmungsmodul 64 den Gesamtmassenstrom wie vorstehend beschrieben bestimmen.

**[0034]** Das maximale Kühlmittelströmungsmodul 64 kann den maximalen Wirkungsgrad des Ladeluftkühlers 14 basierend auf der Verdichteraustrittstemperatur des COT-Sensors 54, einer Luft- und Abgasfeuchte am Eingang des Verdichters 12, dem Ladedruck des BP-Sensors 54 und der Außenlufttemperatur vom OAT-Sensor 44 bestimmen. Das maximale Kühlmittelströmungsmodul 64 kann die Feuchte von Luft und Abgas am Eingang des Verdichters 12 basierend auf dem Massenstrom der Ansaugluft vom MAF-Sensor 50, der Außenluftfeuchte vom OAH-Sensor, dem Massenstrom des durch die LP-AGR-Drosselklappe 26 zurückgeführten Abgases und der Feuchte des durch die LP-AGR-Drosselklappe 26 zurückgeführten Abgases, beispielsweise mittels einer Funktion oder Zuordnung, bestimmen.

**[0035]** Das maximale Kühlmittelströmungsmodul 64 kann den Massendurchsatz des durch die LP-AGR-Drosselklappe 26 zurückgeführten Abgases basierend auf den Positionen der Abgasdrosselklappe 24 und der LP-AGR-Drosselklappe 26 schätzen. Das maximale Kühlmittelströmungsmodul 64 kann die Feuchte des durch die LP-AGR-Drosselklappe 26 zurückgeführten Abgases basierend auf der in den Motor 18 eingespritzten Kraftstoffmenge schätzen. So kann beispielsweise die geschätzte Feuchte des durch die LP-AGR-Drosselklappe 26 zurückgeführten Abgases mit zunehmender Kraftstoffeinspritzmenge erhöht werden und umgekehrt.

**[0036]** In einem Beispiel bestimmt das maximale Kühlmittelströmungsmodul 64 eine Sättigungsdampftemperatur am Ausgang des Verdichters 12 basierend auf dem Ladedruck und der Eingangsfeuchte des Verdichters, beispielsweise durch eine Funktion oder eine Zuordnung. Das maximale Kühlmittelströmungsmodul 64 bestimmt dann den maximalen Wirkungsgrad des Ladeluftkühlers 14 basierend auf der Verdichteraustrittstemperatur, der Sättigungsdampftemperatur und der Außenlufttemperatur über ein Verhältnis, wie zum Beispiel

$$Eff_{MAX\_CAC} = \frac{COT - SVT}{COT - OAT} \quad (1)$$

wobei  $Eff_{MAX\_CAC}$  der maximale Wirkungsgrad des Ladeluftkühlers 14, SVT die Sättigungsdampftemperatur, COT die Verdichteraustrittstemperatur und OAT die Außenlufttemperatur ist.

**[0037]** Die Sättigungsdampftemperatur ist eine Temperatur, die nicht überschritten werden darf, um Kondensation innerhalb oder stromabwärts des Ladeluftkühlers 14 zu vermeiden. In einem Beispiel bestimmt das maximale Kühlmittelströmungsmodul 64 einen Sattdampfdruck basierend auf dem Ladedruck und der Eingangsfeuchte des Verdichters, beispielsweise durch eine Funktion oder eine Zuordnung. Das maximale Kühlmittelströmungsmodul 64 wandelt dann den Sättigungsdampfdruck in die Sättigungsdampftemperatur um.

**[0038]** Das minimale Kühlmittelströmungsmodul 66 bestimmt einen minimalen Kühlmittelstrom durch den Ladeluftkühler 14 und gibt den minimalen Kühlmittelstrom aus. Der minimale Kühlmittelstrom ist ein minimal zulässiger Kühlmittelstrom durch den Wärmetauscher 30, der ein Sieden des Kühlmittels im Wärmetauscher 30 verhindert und/oder sicherstellt, dass das Kühlmittel einen maximalen Temperaturgradienten nicht überschreitet. Das Kühlmittel kann den maximalen Temperaturgradienten überschreiten, wenn die Differenz zwischen der Temperatur des in den Wärmetauscher 30 eintretenden Kühlmittels und der Temperatur des aus dem Wärmetauscher 30 austretenden Kühlmittels größer ist als ein Schwellenwert (z. B. ein vorbestimmter Wert).

**[0039]** Das minimale Kühlmittelströmungsmodul 66 kann den minimalen Kühlmittelstrom aus der Verdichteraustrittstemperatur des COT-Sensors 52 und dem Gesamtmassenstrom von Luft und Abgas, das durch die LP-AGR-Drosselklappe 26 zurückgeführt wird, beispielsweise durch eine Funktion oder eine Zuordnung bestimmen. Die Zuordnung kann bei ungünstigsten Umgebungsbedingungen für das Sieden von Kühlmittel und/oder das Auftreten eines maximalen Temperaturgradienten kalibriert werden. So kann beispielsweise die Zuordnung bei kalten Umgebungstemperaturen entsprechend den winter-

lichen Bedingungen kalibriert werden, wenn der Ladeluftkühler 14 weniger Kühlmittelstrom benötigt, um die Luft und das Abgas um eine Sollmenge zu kühlen.

**[0040]** Das abschließende Kühlmittelströmungsanforderungsmodul 68 bestimmt eine abschließende Kühlmittelströmungsanforderung basierend auf der anfänglichen Kühlmittelströmungsanforderung, dem maximalen Kühlmittelstrom und dem minimalen Kühlmittelstrom. Das abschließende Kühlmittelströmungsanforderungsmodul 68 vergleicht die anfängliche Kühlmittelströmungsanforderung mit dem maximalen Kühlmittelstrom, wenn der anfängliche Kühlmittelstrom größer als der maximale Kühlmittelstrom ist. Wenn beispielsweise die anfängliche Kühlmittelströmungsanforderung 4 Liter pro Minute (L/min) und die maximale Kühlmittelströmungsanforderung 3 L/min beträgt, passt das abschließende Kühlmittelströmungsanforderungsmodul 68 die anfängliche Kühlmittelströmungsanforderung von 4 L/min auf 3 L/min an. Das abschließende Kühlmittelströmungsanforderungsmodul 68 vergleicht die anfängliche Kühlmittelströmungsanforderung mit dem minimalen Kühlmittelstrom, wenn der anfängliche Kühlmittelstrom kleiner als der maximale Kühlmittelstrom ist. Wenn beispielsweise die anfängliche Kühlmittelströmungsanforderung 1 L/min und die maximale Kühlmittelströmungsanforderung 2 L/min beträgt, passt das abschließende Kühlmittelströmungsanforderungsmodul 68 die anfängliche Kühlmittelströmungsanforderung von 1 L/min auf 2 L/min an.

**[0041]** Bevor die anfängliche Kühlmittelströmungsanforderung mit dem maximalen oder minimalen Kühlmittelstrom verglichen wird, kann das Modul 68 den maximalen Kühlmittelstrom mit dem minimalen Kühlmittelstrom vergleichen. Wenn der maximale Kühlmittelstrom kleiner als der minimale Kühlmittelstrom ist, kann das abschließende Kühlmittelströmungsanforderungsmodul 68 den maximalen Kühlmittelstrom auf den minimalen Kühlmittelstrom einstellen, um sicherzustellen, dass der minimale Kühlmittelstrom bei einem Konflikt zwischen diesen beiden Werten Vorrang hat. Wenn beispielsweise der maximale Kühlmittelstrom 1 L/min und der minimale Kühlmittelstrom 2 L/min beträgt, stellt das abschließende Kühlmittelströmungsanforderungsmodul 68 den maximalen Kühlmittelstrom von 1 L/min auf 2 L/min ein. Infolgedessen können der maximale und der minimale Kühlmittelstrom den gleichen Wert aufweisen, und daher kann das abschließende Kühlmittelströmungsanforderungsmodul 68 auch die anfängliche Kühlmittelströmungsanforderung auf diesen Wert einstellen, wenn die anfängliche Kühlmittelströmungsanforderung nicht bereits den gleichen Wert aufweist.

**[0042]** Nach dem Vergleichen der anfänglichen Kühlmittelströmungsanforderung mit dem maximalen und minimalen Kühlmittelstrom und dem selektiven Einstellen der anfänglichen Kühlmittelströmungsanforderung wie vorstehend beschrieben, gibt das abschließende Kühlmittelströmungsanforderungsmodul 68 die anfängliche Kühlmittelströmungsanforderung wie eingestellt aus. Die eingestellte Kühlmittelströmungsanforderung, die vom abschließenden Kühlmittelströmungsanforderungsmodul 68 ausgegeben wird, kann als abschließende Kühlmittelströmungsanforderung bezeichnet werden.

**[0043]** Die exemplarische Implementierung des in **Fig. 2** dargestellten VCM 42 beinhaltet darüber hinaus ein Pumpensteuermodul 70, ein Drosselklappensteuermodul 72 und ein Motorsteuermodul 74. Das Pumpensteuermodul 70 steuert die Leistung der Pumpe 34 basierend auf der endgültigen Kühlmittelströmungsanforderung, beispielsweise durch eine Funktion oder eine Zuordnung, welche die endgültige Kühlmittelströmungsanforderung mit einem Soll-Tastverhältnis oder der Drehzahl der Pumpe 34 in Beziehung setzt. Das Drosselklappensteuermodul 72 steuert die Positionen der Abgasdrosselklappe 24, der LP-AGR-Drosselklappe 26 und der HP-AGR-Drosselklappe 28 basierend auf einem oder mehreren Fahrzeugbetriebszuständen, zum Beispiel über eine Funktion oder eine Zuordnung. Das Drosselklappensteuermodul 72 kann auch Soll- und/oder Messpositionen der Abgasdrosselklappe 24 und der LP-AGR-Drosselklappe 26 zum Bestimmen des Massenstroms des durch die LP-AGR-Drosselklappe 26 zurückgeführten Abgases ausgeben.

**[0044]** Das Motorsteuermodul 74 steuert den Motor 18 basierend auf einem oder mehreren Fahrzeugbetriebszuständen, beispielsweise über eine Funktion oder eine Zuordnung. So kann beispielsweise das Motorsteuermodul 74 eine Soll-Drosselklappenstellung zum Steuern einer Drosselklappe des Motors 18, eine Soll-Kraftstoffeinspritzmenge und/oder einen Soll-Kraftstoffeinspritzzeitpunkt zum Steuern eines Kraftstoffeinspritzventils des Motors 18 und/oder einen Soll-Funkenzeitpunkt zum Steuern einer Zündkerze des Motors 18 ausgeben. Das maximale Kühlmittelströmungsmodul 64 kann die Soll-Kraftstoffeinspritzmenge verwenden, um die Feuchte des durch die LP-AGR-Drosselklappe 26 zurückgeführten Abgases wie vorstehend beschrieben zu schätzen.

**[0045]** Unter Bezugnahme auf **Fig. 3** wird ein Verfahren beschrieben, wie es von einem hierin beschriebenen System ausgeführt wird. Das Verfahren wird lediglich beschrieben, um das Verständnis der Arbeitsweise des Systems zu unterstützen. Das Verfahren zur Regelung des Kühlmittelstroms durch den Ladeluftkühler 14 beginnt bei 82. Das Verfahren

wird im Kontext der Module aus **Fig. 2** beschrieben. Jedoch können die einzelnen Module, die die Schritte des Verfahrens ausführen, anders sein als die nachfolgend erwähnten Module oder das Verfahren kann getrennt implementiert werden von den Modulen in **Fig. 2**.

**[0046]** Bei 84 bestimmt das anfängliche Kühlmittelströmungsanforderungsmodul 62 die Basiskühlmittelströmungsanforderung. Bei 86 wendet das anfängliche Kühlmittelströmungsanforderungsmodul 62 eine Umgebungsdruckkorrektur auf die Basiskühlmittelströmungsanforderung an. So kann beispielsweise das anfängliche Kühlmittelströmungsanforderungsmodul 62 die Basiskühlmittelströmungsanforderung basierend auf dem Außenluftdruck anpassen, um die erste Kühlmittelströmungsanforderung wie vorstehend erläutert zu erhalten.

**[0047]** Bei 88 wendet das anfängliche Kühlmittelströmungsanforderungsmodul 62 eine Ansaugkrümmertemperaturkorrektur auf die Basiskühlmittelströmungsanforderung an. So kann beispielsweise das anfängliche Kühlmittelströmungsanforderungsmodul 62 die Basiskühlmittelströmungsanforderung basierend auf der Ansaugkrümmertemperatur anpassen, um die zweite Kühlmittelströmungsanforderung wie vorstehend erläutert zu erhalten. Bei 90 wendet das anfängliche Kühlmittelströmungsanforderungsmodul 62 eine Außentemperaturkorrektur auf die Basiskühlmittelströmungsanforderung an. So kann beispielsweise das anfängliche Kühlmittelströmungsanforderungsmodul 62 die Basiskühlmittelströmungsanforderung basierend auf der Außentemperatur anpassen, um die dritte Kühlmittelströmungsanforderung wie vorstehend erläutert zu erhalten. Das anfängliche Kühlmittelströmungsanforderungsmodul 62 kann die anfängliche Kühlmittelströmungsanforderung ebenso wie die dritte Kühlmittelströmungsanforderung einstellen und dann die anfängliche Kühlmittelströmungsanforderung an das abschließende Kühlmittelströmungsanforderungsmodul 68 ausgeben.

**[0048]** Bei 92 bestimmt das maximale Kühlmittelströmungsmodul 64 den maximalen Wirkungsgrad des Ladeluftkühlers 14. So kann beispielsweise das maximale Kühlmittelströmungsmodul 64 den maximalen Wirkungsgrad des Ladeluftkühlers 14 basierend auf der Verdichteraustrittstemperatur, der Sättigungsdampftemperatur sowie der Außenlufttemperatur unter Verwendung der vorgenannten Beziehung (1) bestimmen. Bei 94 bestimmt das maximale Kühlmittelströmungsmodul 64 den maximalen Kühlmittelstrom durch den Ladeluftkühler 14. So kann beispielsweise das maximale Kühlmittelströmungsmodul 64 den maximalen Kühlmittelstrom aus dem Gesamtmassenstrom von Luft und Abgas in den Wärmetauscher 30 und dem maxima-

len Wirkungsgrad des Ladeluftkühlers 14 wie vorstehend erläutert bestimmen. Das maximale Kühlmittelströmungsmodul 64 kann den maximalen Kühlmittelstrom an das abschließende Kühlmittelströmungsanforderungsmodul 68 ausgeben.

**[0049]** Bei 96 bestimmt das minimale Kühlmittelströmungsmodul 66 den minimalen Kühlmittelstrom durch den Ladeluftkühler 14. So kann beispielsweise das minimale Kühlmittelströmungsmodul 66 den minimalen Kühlmittelstrom basierend auf der Verdichteraustrittstemperatur und dem Gesamtmassenstrom von Luft und Abgas, der durch die LP-AGR-Drosselklappe 26 zurückgeführt wird, wie vorstehend erläutert, bestimmen. Das minimale Kühlmittelströmungsmodul 66 kann den minimalen Kühlmittelstrom an das abschließende Kühlmittelströmungsanforderungsmodul 68 ausgeben.

**[0050]** Bei 98 bestimmt das abschließende Kühlmittelströmungsanforderungsmodul 68, ob der minimale Kühlmittelstrom größer als der maximale Kühlmittelstrom ist. Wenn der minimale Kühlmittelstrom größer als der maximale Kühlmittelstrom ist, wird das Verfahren bei 100 fortgesetzt, bevor es mit 102 fortfährt. Andernfalls geht das Verfahren direkt zu 102 über. Bei 100 stellt das abschließende Kühlmittelströmungsanforderungsmodul 68 den maximalen Kühlmittelstrom gleich dem minimalen Kühlmittelstrom ein.

**[0051]** Bei 102 bestimmt das abschließende Kühlmittelströmungsanforderungsmodul 68, ob die vom anfänglichen Kühlmittelströmungsanforderungsmodul 62 empfangene anfängliche Kühlmittelströmungsanforderung größer ist als der maximale Kühlmittelstrom. Wenn die anfängliche Kühlmittelströmungsanforderung größer als der maximale Kühlmittelstrom ist, wird das Verfahren bei 104 fortgesetzt, bevor es mit 106 fortfährt. Andernfalls geht das Verfahren direkt zu 106 über. Bei 104 stellt das abschließende Kühlmittelströmungsanforderungsmodul 68 die anfängliche Kühlmittelströmungsanforderung gleich dem maximalen Kühlmittelstrom ein.

**[0052]** Bei 106 bestimmt das abschließende Kühlmittelströmungsanforderungsmodul 68, ob die vom anfänglichen Kühlmittelströmungsanforderungsmodul 62 empfangene anfängliche Kühlmittelströmungsanforderung kleiner ist als der minimale Kühlmittelstrom. Wenn die anfängliche Kühlmittelströmungsanforderung größer als der minimale Kühlmittelstrom ist, wird das Verfahren bei 108 fortgesetzt, bevor es mit 110 fortfährt. Andernfalls geht das Verfahren direkt zu 110 über. Bei 108 stellt das abschließende Kühlmittelströmungsanforderungsmodul 68 die anfängliche Kühlmittelströmungsanforderung gleich dem minimalen Kühlmittelstrom ein.

**[0053]** Nach dem Vergleichen der anfänglichen Kühlmittelströmungsanforderung mit dem minimalen und maximalen Kühlmittelstrom und/oder dem darauf basierenden Einstellen der anfänglichen Kühlmittelströmungsanforderung kann das abschließende Kühlmittelströmungsanforderungsmodul 68 die endgültige Kühlmittelströmungsanforderung gleich der anfänglichen Kühlmittelströmungsanforderung einstellen. Wenn das Verfahren also bei 102 bestimmt, dass die anfängliche Kühlmittelströmungsanforderung größer ist als der maximale Kühlmittelstrom, kann das abschließende Kühlmittelströmungsanforderungsmodul 68 letztendlich die endgültige Kühlmittelströmungsanforderung gleich dem maximalen Kühlmittelstrom einstellen. Gleichermaßen, wenn das Verfahren bei 106 bestimmt, dass die anfängliche Kühlmittelströmungsanforderung kleiner ist als der minimale Kühlmittelstrom, kann das abschließende Kühlmittelströmungsanforderungsmodul 68 letztendlich die endgültige Kühlmittelströmungsanforderung gleich dem minimalen Kühlmittelstrom einstellen. Andererseits, wenn die anfängliche Kühlmittelströmungsanforderung kleiner als der maximale Kühlmittelstrom und größer als der minimale Kühlmittelstrom ist, kann das abschließende Kühlmittelströmungsanforderungsmodul 68 einfach die endgültige Kühlmittelströmungsanforderung gleich dem nicht eingestellten Wert der anfänglichen Kühlmittelströmungsanforderung (d. h. dem Wert der anfänglichen Kühlmittelströmungsanforderung, wie er von dem anfänglichen Kühlmittelströmungsanforderungsmodul 62 empfangen wurde) einstellen.

**[0054]** Bei 110 bestimmt das Pumpensteuermodul 70, ob die endgültige Kühlmittelströmungsanforderung gleich Null ist. Wenn die endgültige Kühlmittelströmungsanforderung gleich Null ist, wird das Verfahren bei 112 fortgesetzt und das Pumpensteuermodul 70 deaktiviert die Pumpe 34. Andernfalls wird das Verfahren bei 114 fortgesetzt, und das Pumpensteuermodul 70 passt die Leistung der Pumpe 34 basierend auf der endgültigen Kühlmittelströmungsanforderung an.

**[0055]** Das Pumpensteuermodul 70 kann die Leistung der Pumpe 34 basierend auf der endgültigen Kühlmittelströmungsanforderung über eine Funktion oder eine Zuordnung anpassen, die den Kühlmittelstrom mit der Pumpenleistung in Beziehung setzt (z. B. Pumpendrehzahl, Pumpenbetriebsart). Die Funktion oder Zuordnung kann mindestens drei (z. B. 3 bis 100) Werte des Kühlmittelstroms auf mindestens drei (z. B. 3 bis 100) entsprechende Werte der Pumpenleistung beziehen, die größer als Null sind. Wenn also die Leistung der Pumpe 34 basierend auf der endgültigen Kühlmittelströmungsanforderung eingestellt wird, kann das Pumpensteuermodul 70 die Leistung der Pumpe 34 auf einen von mindestens drei Werten einstellen, die größer als Null sind.

**[0056]** Fig. 4 ist ein Diagramm, das ein Beispiel für eine Funktion oder Zuordnung 152 veranschaulicht, die im maximalen Kühlmittelströmungsmodul 64 gespeichert und vom maximalen Kühlmittelströmungsmodul 64 verwendet werden kann, um den maximalen Kühlmittelstrom durch den Ladeluftkühler 14 zu bestimmen. Das Diagramm weist eine x-Achse 154, eine y-Achse 156 und eine z-Achse 158 auf. Die x-Achse 154 repräsentiert den Gesamtmassenstrom von Luft und Abgas, der in den Wärmetauscher 30 eintritt, in Gramm pro Sekunde (g/s). Die y-Achse 156 repräsentiert den maximalen Kühlmittelstrom durch den Ladeluftkühler 14 in L/min. Die z-Achse 158 repräsentiert den maximalen Wirkungsgrad des Ladeluftkühlers 14 dividiert durch 100 (d. h. ein Wert von 1 auf der z-Achse 156 entspricht einem maximalen Wirkungsgrad von 100 Prozent).

**[0057]** In dieser Anwendung kann einschließlich der folgenden Definitionen der Begriff „Modul“ oder der Begriff „Steuerung“ ggf. durch den Begriff „Schaltung“ ersetzt werden. Der Begriff „Modul“ kann auf Folgendes verweisen bzw. Teil von Folgendem sein oder Folgendes beinhalten: einen anwendungsspezifischen integrierten Schaltkreis (ASIC); eine digitale, analoge oder gemischt analog/digitale diskrete Schaltung; eine digitale, analoge oder gemischt analog/digitale integrierte Schaltung; eine kombinatorische Logikschaltung; ein feldprogrammierbares Gate-Array (FPGA); eine Prozessorschaltung (gemeinsam genutzt, dediziert oder Gruppe), die Code ausführt; eine Memory-Schaltung (gemeinsam genutzt, dediziert oder Gruppe), die einen von der Prozessorschaltung ausgeführten Code speichert; andere geeignete Hardware-Komponenten, die die beschriebene Funktionalität bereitstellen; oder eine Kombination von einigen oder allen der oben genannten, wie zum Beispiel in einem System-on-Chip.

**[0058]** Das Modul kann eine oder mehrere Schnittstellenschaltungen beinhalten. In einigen Beispielen können die Schnittstellenschaltungen kabelgebundene oder -lose Schnittstellen beinhalten, die mit einem lokalen Netzwerk (LAN), dem Internet, einem Weitverkehrsnetz (WAN) oder Kombinationen hier aus verbunden sind. Die Funktionalität der in vorliegender Offenbarung genannten Module kann auf mehrere Module verteilt werden, die über Schnittstellenschaltungen verbunden sind. So können zum Beispiel mehrere Module einen Lastenausgleich zulassen. In einem anderen Beispiel können von einem Servermodul (z. B. Remote-Server oder Cloud) ermittelte Funktionen eines Client-Moduls übernommen werden.

**[0059]** Die im Rahmen dieser Anmeldung beschriebenen Vorrichtungen können teilweise oder vollständig mit einem speziellen Computer, der für die Ausführung ermittelter Computerprogrammfunktionen

konfiguriert ist, implementiert werden. Die Funktionsblöcke, Flussdiagramm-Komponenten und weiter oben beschriebenen Elemente dienen als Software-spezifikationen, die von entsprechend geschulten Technikern oder Programmierern in Computerprogramme umgesetzt werden können.

**[0060]** Die Computerprogramme beinhalten prozessorausführbare Anweisungen, die auf zumindest einem nicht-flüchtigen, konkreten, computerlesbaren Medium gespeichert sind.

**[0061]** Die Computerprogramme können ebenfalls gespeicherte Daten enthalten oder auf gespeicherten Daten basieren. Die Computerprogramme können ein Basic-Input-Output-System (BIOS) umfassen, das mit der Hardware des speziellen Computers zusammenwirkt, Vorrichtungstreiber, die mit ermittelten Vorrichtungen des speziellen Computers, einem oder mehreren Betriebssystemen, Benutzeranwendungen, Hintergrunddiensten, im Hintergrund laufenden Anwendungen usw. zusammenwirken.

#### Bezugszeichenliste

10	Fahrzeugsystem
12	Verdichter
14	Ladeluftkühler
16	Ansaugkrümmer
18	Motor
20	Abgaskrümmer
22	Dieselpartikelfilter
24	Abgasdrosselklappe
26	Niederdruck-(LP)-Abgasrückführungs-(AGR)-Drosselklappe
28	Hochdruck-(HP)-AGR-Drosselklappe
30	Wärmetauscher
32	Kühler
34	Pumpe
36	Kühlmittelrücklaufleitung
38	Ventilator
40	Kühlmittelzufuhrleitung
42	Fahrzeugsteuermodul (VCM)
44	Außenlufttemperatur-(OAT)-Sensor
46	Außenluftdruck-(OAP)-Sensor
48	Außenluftfeuchte-(OAH)-Sensor
50	MAF-Sensor
52	COT-Sensor

54	BP-Sensor
56	IMT-Sensor
58	EMT-Sensor 58
62	anfängliches Kühlmittelströmungsanforderungsmodul
64	maximales Kühlmittelströmungsmodul
66	minimales Kühlmittelströmungsmodul
68	abschließendes Kühlmittelströmungsanforderungsmodul
70	Pumpensteuermodul
72	Drosselklappensteuermodul
74	Motorsteuermodul

#### Patentansprüche

##### 1. System, umfassend:

ein Kühlmittelströmungsanforderungsmodul, das konfiguriert ist, um eine Kühlmittelstromanforderung basierend auf mindestens einem der Folgenden zu bestimmen:

einer Austrittstemperatur eines Verdichters (12), der stromaufwärts eines Wärmetauschers (30) eines Ladeluftkühlers (14) angeordnet ist; und einen Wirkungsgrad ( $\text{Eff}_{\text{MAX CAC}}$ ) des Ladeluftkühlers (14); und

ein Pumpensteuermodul (70), das konfiguriert ist, um eine Leistung einer Pumpe (34) basierend auf der Kühlmittelströmungsanforderung zu steuern, wobei die Pumpe (34) Kühlmittel durch den Kühler des Ladeluftkühlers (14) und durch den Wärmetauscher (30) des Ladeluftkühlers (14) zirkuliert, wenn die Pumpe (34) aktiviert wird, und der Wärmetauscher (30) stromaufwärts eines Ansaugkrümmers (16) eines Motors (18) angeordnet ist;

ein minimales Kühlmittelströmungsmodul (66), das konfiguriert ist, um einen minimalen Kühlmittelstrom durch den Wärmetauscher (30) zu bestimmen, der ein Sieden verhindert, wobei das Kühlmittelströmungsanforderungsmodul die Kühlmittelanforderung gleich dem minimalen Kühlmittelstrom setzt, wenn die Kühlmittelstromanforderung niedriger als der minimale Kühlmittelstrom ist;

ein maximales Kühlmittelströmungsmodul (64), das konfiguriert ist, um einen maximalen Kühlmittelstrom zu bestimmen, der Kondensation im Ladeluftkühler (14) verhindert, wobei das Kühlmittelströmungsanforderungsmodul die Kühlmittelströmungsanforderung gleich dem maximalen Kühlmittelstrom setzt, wenn die Kühlmittelströmungsanforderung größer als der maximale Kühlmittelstrom ist;

ein Kühlerwirkungsgradmodul, das konfiguriert ist, um den Wirkungsgrad ( $\text{Eff}_{\text{MAX CAC}}$ ) des Ladeluftkühlers (14) basierend auf der Austrittstemperatur des Verdichters (12), einer einlassspezifischen Feuchtigkeit des Verdichters (12), einem vom Verdichter (12) bereitgestellten Ladedruck und einer Außenlufttem-

peratur zu bestimmen;

wobei das maximale Kühlmittelströmungsmodul (64) konfiguriert ist, um den maximalen Kühlmittelstrom basierend auf dem Wirkungsgrad ( $\text{Eff}_{\text{MAX CAC}}$ ) des Ladeluftkühlers (14) und einem Gesamtmassenstrom von Luft und rezirkuliertem Abgas, der in den Verdichter (12) eintritt, zu bestimmen.

2. System nach Anspruch 1, wobei das minimale Kühlmittelströmungsmodul (66) konfiguriert ist, um den minimalen Kühlmittelstrom basierend auf der Austrittstemperatur des Verdichters (12) und einem Gesamtmassenstrom von Luft und rückgeführtem Abgas, die in den Verdichter (12) eintreten, zu bestimmen.

3. System nach Anspruch 1, wobei das Kühlmittelströmungsanforderungsmodul konfiguriert ist, um den maximalen Kühlmittelstrom gleich dem minimalen Kühlmittelstrom einzustellen, wenn der minimale Kühlmittelstrom größer als der maximale Kühlmittelstrom ist.

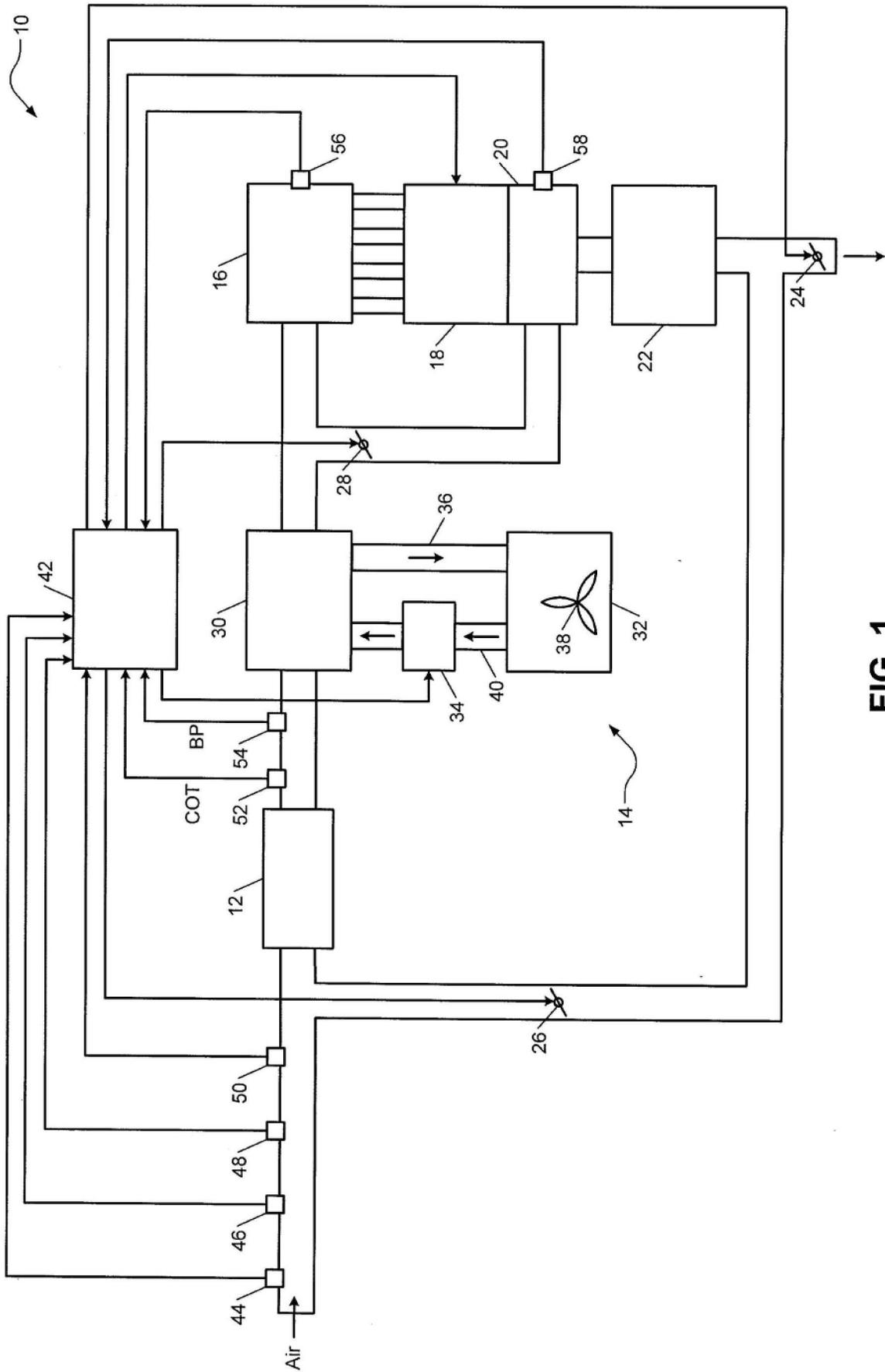
4. System nach Anspruch 1, wobei vor dem Vergleichen der Kühlmittelströmungsanforderung mit den minimalen und maximalen Kühlmittelströmen das Kühlmittelströmungsanforderungsmodul konfiguriert ist, um die Kühlmittelströmungsanforderung basierend auf einem vom Verdichter (12) bereitgestellten Ladedruck, einem Gesamtmassenstrom von Luft und rückgeführtem Abgas, der in den Verdichter (12) eintritt, einem Umgebungsdruck, einer Temperatur des Ansaugkrümmers (16) und einer Außenlufttemperatur zu bestimmen.

5. System nach Anspruch 1, wobei:  
das Kühlmittelströmungsanforderungsmodul konfiguriert ist, um die Kühlmittelströmungsanforderung bei laufendem Motor (18) selektiv gleich Null zu setzen; und das Pumpensteuermodul (70) konfiguriert ist, um die Pumpe (34) zu deaktivieren, wenn die Kühlmittelströmungsanforderung gleich Null ist.

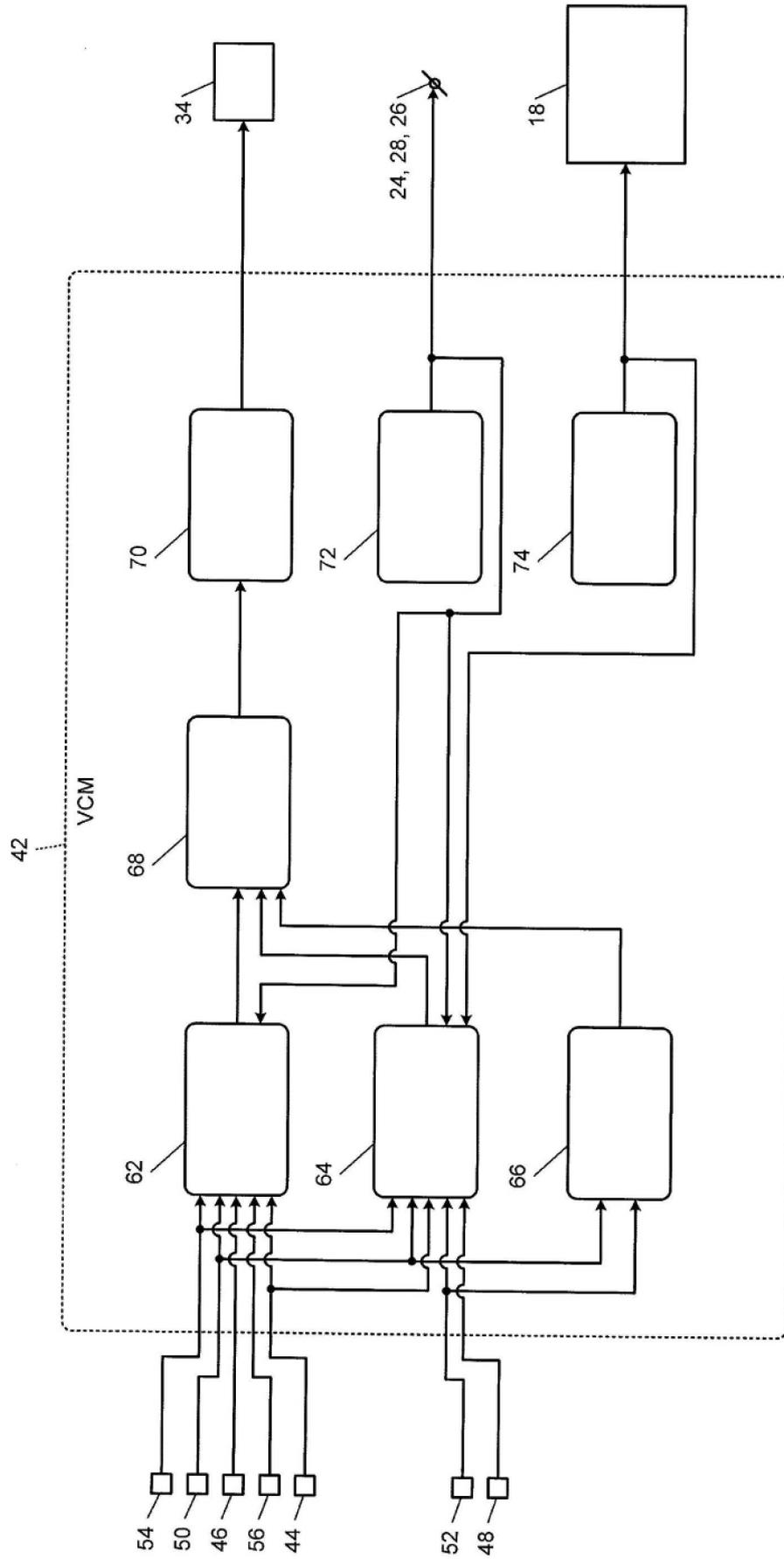
6. System nach Anspruch 1, wobei das Pumpensteuermodul (70) konfiguriert ist, um basierend auf der Kühlmittelströmungsanforderung die Leistung der Pumpe (34) auf einen von mindestens drei Werten einzustellen, die größer als Null sind.

Es folgen 4 Seiten Zeichnungen

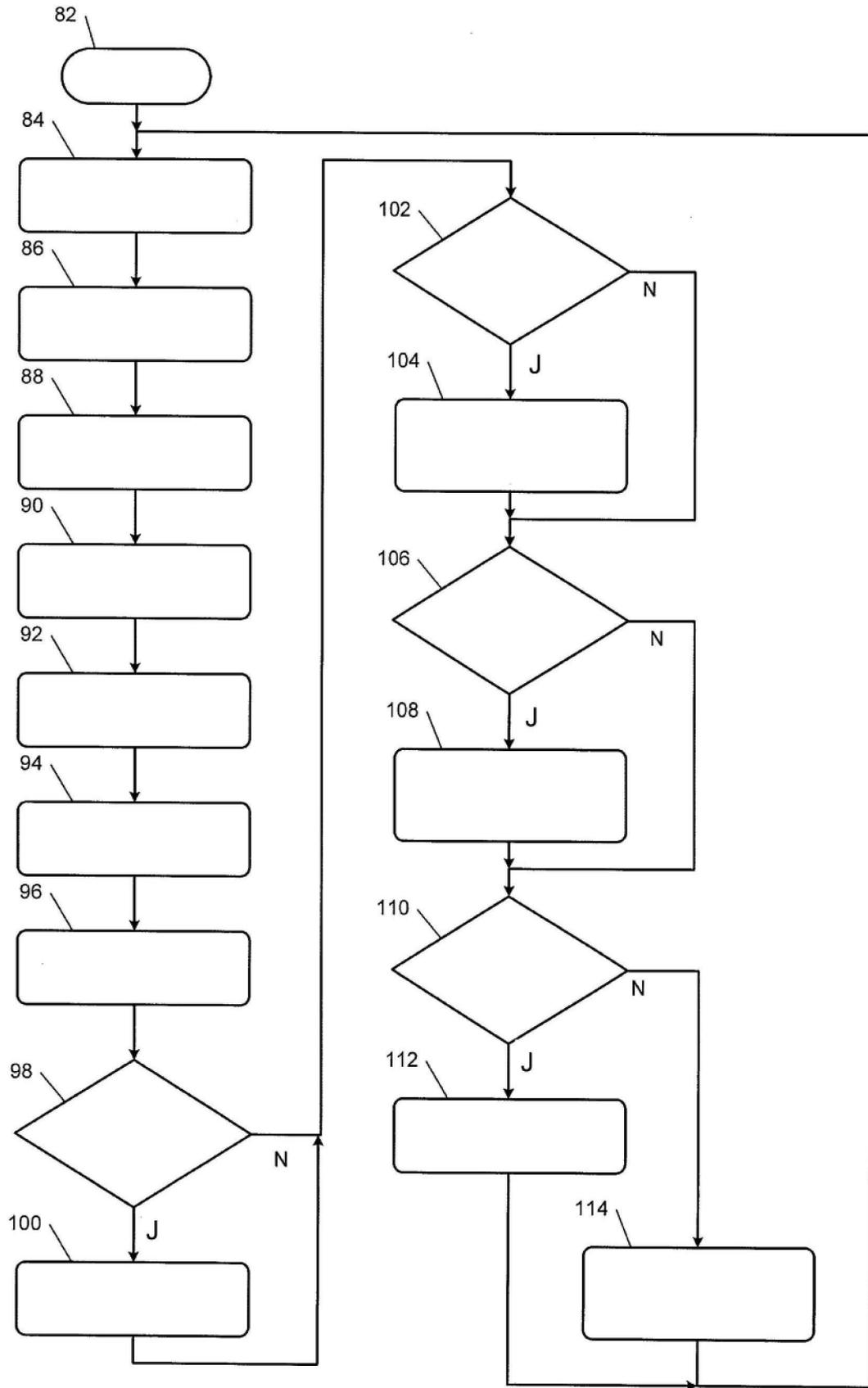
Anhängende Zeichnungen



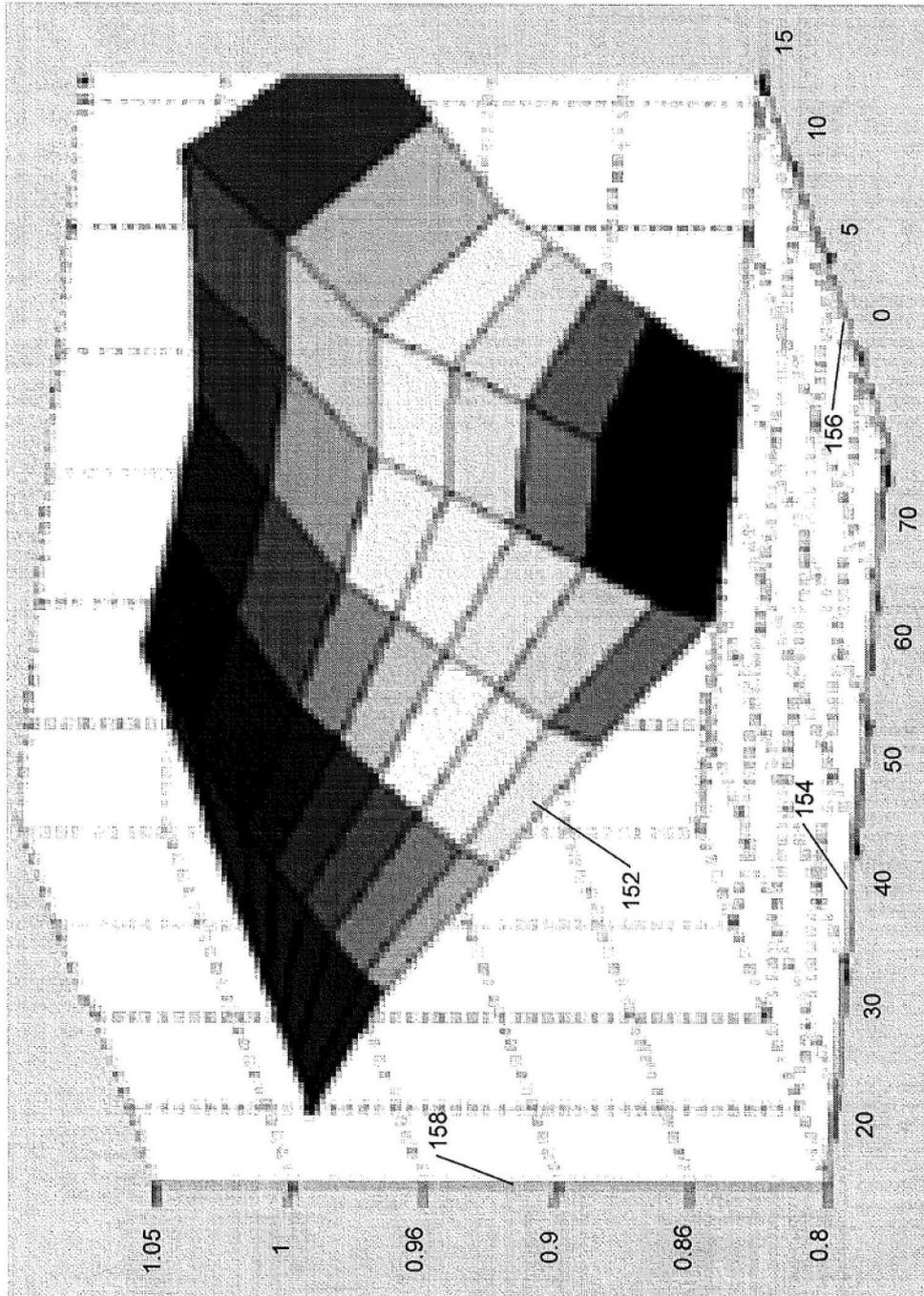
**FIG. 1**



**FIG. 2**



**FIG. 3**



**FIG. 4**