



(19)
Bundesrepublik Deutschland
Deutsches Patent- und Markenamt

(10) **DE 10 2007 017 567 A1** 2008.10.16

(12)

Offenlegungsschrift

(21) Aktenzeichen: **10 2007 017 567.3**

(22) Anmeldetag: **12.04.2007**

(43) Offenlegungstag: **16.10.2008**

(51) Int Cl.⁸: **F28D 1/053** (2006.01)

B60H 1/00 (2006.01)

B60H 1/04 (2006.01)

(71) Anmelder:

**ATT AutomotiveThermoTech GmbH, 51429
Bergisch Gladbach, DE**

(72) Erfinder:

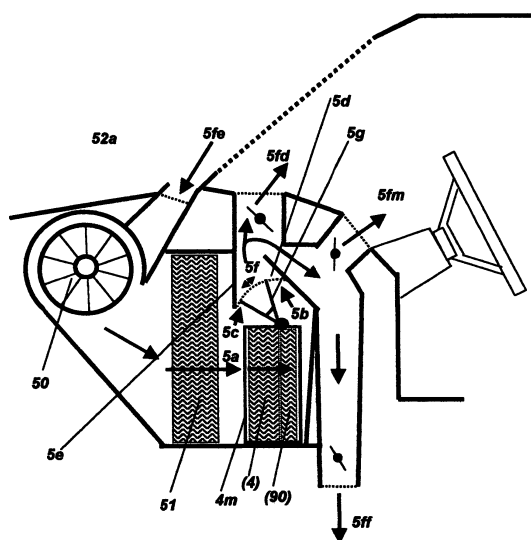
Himmelsbach, Johann, Dr.-Ing., 51789 Lindlar, DE

Die folgenden Angaben sind den vom Anmelder eingereichten Unterlagen entnommen

(54) Bezeichnung: **Vorrichtung zum Beheizen des Fahrgastraums von Kraftfahrzeugen**

(57) Zusammenfassung: Bei einem Heiz-Klimagerät mit Hochleistungsheizungswärmetauscher zur Klimatisierung der Fahrzeugkabine von Personenkraftfahrzeugen, welches stückzahl- und kostenseitig für die PKW-Großserienfertigung ausgelegt und optimiert ist, wird die Baugröße eines bereits als Hochleistungsheizungswärmetauscher ausgelegten Heizungswärmetauschers mit gelöteter Wärmeübertragungsmatrix stark über das bisher bekannte Maß vergrößert und eine entsprechende Gesamt-Systemabstimmung vorgenommen, so dass das Fahrzeug die gleiche Heizleistung erbringt wie die bisherige Serienbasis mit einem wesentlich teureren PTC-Zuheizer. Neben der Kosteneinsparung ergibt sich hierbei eine Kraftstoffersparnis in der Größenordnung von 0,5-1,0 l/100 km im Vergleich zum Betrieb mit PTC-Zuheizer und gleicher Heizleistung.

Der hierbei verwendete Heizungswärmetauscher, bestehend aus kühlmittelseitigen Flachrohren und luftseitigen Rippen mit einer Vielzahl in Luftströmungsrichtung nacheinander folgender turbulenz erzeugender Einschnitte (Louvers), weist dabei bevorzugt ein solches Volumen V_{Matrix} der von der Heizungsluft umspülten Wärmetauschermatrix auf sowie einen solchen Mittenabstand der luftseitigen Rippen t_{Rippe} und einen solchen Mittenabstand der Kühlmittelflachrohre t_{Rohr} , dass das daraus gebildete spezifische Wärmetauschervolumen V_{Spec} , gebildet mit der Gleichung $V_{\text{Spec}} = V_{\text{Matrix}} / (t_{\text{Rohr}} + (4 \cdot t_{\text{Rippe}}))$, einen unteren Grenzwert von $0,140 \text{ m}^2$ übersteigt.



Beschreibung

[0001] Die Erfindung bezieht sich auf ein Heiz-Klimagerät mit Hochleistungsheizungswärmetauscher zur Klimatisierung der Fahrzeugkabine in Großserie gefertigter Personenkraftfahrzeuge mit der Abwärme flüssigkeitsgekühlter Antriebskomponenten, insbesondere mit der Abwärme flüssigkeitsgekühlter Verbrennungskraftmaschinen, bei dem ein Hochleistungsheizungswärmetauscher mit gelöteter Wärmeübertragungsmatrix zum Einsatz kommt.

[0002] Ein weitverbreitetes Merkmal heutiger Personenkraftfahrzeuge ist es, dass diese speziell für Dieselfahrzeuge im Heiz-Klimagerät einen elektrischen PTC-Zuheizer zur weiteren Erwärmung der vom Heizungswärmetauscher erwärmten Kabinenluft vorsehen. Bei baugleichem Basis-Heiz-Klimagerät erhält die Diesel-Variante bei dieser Vorgehensweise einen PTC-Zuheizer und die Variante mit Otto-Motor nicht. Um die nicht unerheblichen Kosten für den PTC-Zuheizer einzusparen wird bei den meisten Fahrzeugherstellern in den Diesel-Varianten je nach Fahrzeugmarkt bezüglich des serienmäßigen Zuheizer-Einbaus differenziert oder ein Zuheizer wird gar nur als Option angeboten.

[0003] Die jüngste Entwicklung bei Heiz-Klimageräten in PKW-Großserien-Anwendungen ist außerdem dadurch gekennzeichnet, dass immer kompaktere Heizungswärmetauscher zum Einsatz kommen.

[0004] Insbesondere ist ein vermehrter Übergang zu gelöteten Wärmetauschern aus Aluminium festzustellen, bei denen die etwas höheren Fertigungskosten verglichen mit „gesteckten“ oder auf andere Weise rein mechanisch, d. h. ohne Verlöten, gefügten Wärmetauschern bewusst in Kauf genommen werden, um Bauraum zu sparen.

[0005] Die allgemeine Einschätzung der Fachwelt, dass eine weitere Steigerung der Effizienz der Heizungswärmetauscher keine nennenswerten Vorteile bezüglich der Heizleistung bringt weil sich die Heizungswärmetauscher i. a. in der thermischen Sättigung befinden, sowie die allgemeine Einschätzung, dass speziell das Zusammenspiel von el. PTC-Zuheizung und konventionellem

[0006] Heizungswärmetauscher die kosteneffizienteste Erfüllung der Heizleistungs-Zielwerte bei Dieselfahrzeugen liefert, hat dazu geführt, dass viele PKW-Heiz-Klimageräte inzwischen einen weitgehend ähnlichen Aufbau aufweisen, mit Standard-Heizungswärmetauscher, nachgeschaltetem luftseitigem PTC-Zuheizer und luftseitiger Heizungsregelung. Insbesondere neue Fertigungstechnologien und Aluminium-Legierungen wurden vor diesem Hintergrund in den letzten Jahren primär dazu verwendet, den Bauraum für den Heizungswärmetauscher

bzw. das Heiz-Klimagerät unter Beibehaltung des Heizungswärmetauscherwirkungsgrades weiter zu reduzieren.

[0007] Bei gelöteten Vollaluminiumheizungswärmetauschern für PKW liegt die Packungsdichte der kühlmittelseitigen Wärmeübertragungsrohre sowie der luftseitigen Wärmeübertragungsrippen inzwischen in vielen Anwendungen auf einem Niveau, wie es vor 10 Jahren noch kaum vorstellbar war. Die höchste dem Erfinder bekannte Packungsdichte bei reinen PKW weisen in diesem Zusammenhang die Wärmetauscher des aktuellen 3er-BMW auf, mit einem Rohr-Mittenabstand t_{Rohr} von ca. $(3,9 + 1,3 = 5,2\text{mm})$ und einem Rippen-Mittenabstand t_{Rippe} von ca. 0,85 mm. Für die Definition von t_{Rohr} und t_{Rippe} zeigt [Fig. 3](#) diese beiden Abmessungen in einem gelöteten Wärmetauscher mit kühlmittelseitigen Flachrohren 3 und luftseitigen Rippen 4, welche über das Verlöten die Wärmetauschermatrix bilden. In Luftströmungsrichtung, d. h. senkrecht zur Bildebene in [Fig. 3](#), soll für diese Schutzrechtsanmeldung gelten, dass leere Zwischenräume zwischen einzelnen Wärmetauscherrohrgruppen in Luftströmungsrichtung zum Matrixvolumen zählen. Die bei Hochleistungs-PKW-Heizungswärmetauschern i. a. unverzichtbaren luftseitigen Rippeneinschnitte (Louvres) sind dabei zur Vereinfachung nicht dargestellt. Das Volumen der Wärmetauschermatrix, d. h. das Volumen des von Luft durchströmten Wärmetauscherbereichs, beträgt hierbei ca. 0,981, die Bautiefe der Matrix in Luftströmungsrichtung ca. 27 mm. Der Wasserkasten erhöht die Heizungswärmetauscherbautiefe dieses typischen Fahrzeugvertreters der gehobenen Mittelklasse, d. h. bereits mit etwas gehobenen Ansprüchen an den Heizkomfort, dann letztlich auf 32 mm.

[0008] Die Heizungswärmetauscher anderer Volumenhersteller in der gleichen Fahrzeugklasse, weisen bei etwas geringerer Packungsdichte der Flachrohre und Rippen ein geringfügig größeres Matrix-Volumen der Heizungswärmetauscher auf, doch auch hier ist der Trend zu höherer Packungsdichte der Matrix bzw. nach kleinerem Bauvolumen unübersehbar.

[0009] Waren noch bis vor 10 Jahren bei gelöteten Heizungswärmetauschern Bauvolumina von ca. 1,2–1,5 l Matrixvolumen in der Golf-Klasse sowie auch in der gehobenen Mittelklasse durchaus üblich, so liegt heute der entsprechende Wert bei neuen Fahrzeuganwendungen in der Regel bei etwa 0,7–1,1 l. Weniger kompakte gelötete Heizungswärmetauscher, diese sind insbesondere durch einen Flachrohrmittenabstand von mehr als 7 mm gekennzeichnet, sind speziell bei ganz neuen Fahrzeuganwendungen nur noch in Ausnahmefällen zu finden. Die später noch näher diskutierte Tabelle in [Fig. 4](#) zeigt in diesem Zusammenhang einen Überblick be-

züglich der Dimensionen typischer PKW-Heizungswärmetauscher wie sie heute in der Grosserie bevorzugt verbaut werden, wobei der dort zusätzlich gezeigte Honda Odyssee bereits zum Segment der Großraumlimousinen (Vans) zu zählen ist.

[0010] Allen bekannten Heiz-Klimageräten ist gemeinsam, dass PTC-Zuheizer in Verbindung mit gelöteten wie bei "gesteckten" Heizungswärmetauschern erhebliche Zusatzkosten verursachen: Zum einen bei Fahrzeugen mit Dieselmotor, für den Einbau der PTC-Zuheizerkomponenten.

[0011] Zum anderen aber auch bei Fahrzeugen mit Ottomotor, d. h. bisher in der Regel ohne PTC-Zuheizer: Dort entstehen PTC-bedingte Zusatzkosten, z. B. um am baugleichen Basis-Heiz-Klimagerät den Bauraum und die Randbedingungen für die el. Zuheizung für die Dieselvarianten vorzusehen.

[0012] Hinzu kommt ein erheblicher Kraftstoffmehrverbrauch in allen Betriebssituationen, in denen der PTC-Zuheizer in Betrieb ist. Alternative heute in Großserien-PKW eingesetzte Zuheizkonzepte sind relativ zum PTC-Zuheizer entweder durch einen noch höheren Kraftstoffvermehrverbrauch und/oder noch höhere Zusatzkosten gekennzeichnet.

[0013] Dem gegenüber besteht die Aufgabe, ein Heiz-Klimagerät für PKW-Großserien bereitzustellen, das als Alternative zum heutigen Heiz-Klimageräte-Standard in Diesel-PKW nicht nur die Heizleistungs-Zielwerte liefert, sondern dabei gleichzeitig reduzierte Fertigungsgesamtkosten und einen reduzierten Kraftstoffverbrauch ermöglicht.

[0014] Das Heiz-Klimagerät nach Patentanspruch 1 löst diese Aufgabe in vielen Fahrzeuganwendungen.

[0015] Auch ein Teil der beigeordneten Patentansprüche löst für sich alleine und insbesondere in Verbindung mit Patentanspruch 1 und/oder mit den übrigen beigeordneten Patentansprüchen die obige Aufgabenstellung.

[0016] Mit einem Heizklimagerät nach Patentanspruch 1 lässt sich in Verbindung mit einer geeigneten Fahrzeugintegration insbesondere eine hocheffiziente und kostengünstige Fahrzeugheizung unter Verzicht auf einen PTC-Zuheizer für Dieselfahrzeuge aufbauen, welche auf der weitgehenden Verwendung bereits am Markt verfügbarer Fertigungstechnologien und Halbzeuge für Hochleistungsheizungswärmetauscher mit gelöteter Wärmeübertragungsmatrix basiert, d. h. auf kühlmittelseitigen Flachrohren und luftseitigen Rippen mit einer Vielzahl in Luftströmungsrichtung nacheinander folgender turbulenz erzeugender Einschnitte (Louvres). Dabei erfolgt die Systemauslegung bevorzugt derart, dass das Heizgerät in dem für die Heizung besonders relevanten Betriebs-

punkt mit -20°C Lufteintrittstemperatur ($T_{\text{Luft,HWT-Eintritt}}$), 50°C Kühlmittelintrittstemperatur ($T_{\text{Kühlmittel,HWT-Eintritt}}$), einem Heizungsluftmassenstrom von 5 kg/min und bei 5 l/min Kühlmitteldurchsatz bei Fokussierung des Luftmassenstroms und damit der Heizleistung auf die Fußausströmer eine so hohe mittlere Luftaustrittstemperatur an den vorderen Fußausströmern ($T_{\text{Luft,Fussausströmer,vorne}}$) erreicht, dass der Gesamt-Warmenutzungsgrad Φ , gebildet mit der Gleichung

$$\Phi = 100 \cdot (T_{\text{Luft,Fussausströmer,vorne}} - T_{\text{Luft,HWT-Eintritt}}) / (T_{\text{Kühlmittel,HWT-Eintritt}} - T_{\text{L,HWT-Eintritt}})$$

ohne luftseitige Zuheizung einen Wert von 85% übersteigt.

[0017] Alternativ wird in einer besonders bevorzugten Verfeinerung das System dahin getrimmt, dass der Gesamt Warmenutzungsgrad Φ gemäß obiger Definition und bei den obigen charakteristischen Betriebstemperaturen von -20°C Lufteintrittstemperatur und $+50^{\circ}\text{C}$ Kühlmittelintrittstemperatur bei einem Fahrgeschwindigkeitsprofil gemäß MVEGA bei allen Fahrgeschwindigkeiten einschließlich des Leerlaufs ohne luftseitige Zuheizung oberhalb von 80% bleibt.

[0018] Angesichts der Wärmeverluste im Heizgerät setzen diese Vorgaben bei PKW-typischen Heizgeräten einen extrem leistungsfähigen Heizungswärmetauscher vergrößerten Bauraums voraus.

[0019] Bei entsprechender Anpassung des Kühlkreislaufs in Bezug auf die Kühlmittelleitungsführung und den Durchfluss kann bei Erfüllung dieser Eckpunkte der heute in sehr vielen Dieselfahrzeugen zu findende PTC-Zuheizer bei sehr vielen bekannten Fahrzeugen eingespart werden, verbunden nicht nur mit der Einsparung an Fertigungskosten, sondern verbunden auch mit 0,5–1,0 l/100km Kraftstoffeinsparung relativ zum Betrieb mit PTC-Zuheizer und gleicher Heizleistung.

[0020] Dabei ist das erfindungsgemäße Heiz Klimagerät i. a. sowohl dann kosteneffizient, wenn nur die Dieselfahrzeuge einer Fahrzeugplattform für sich alleine betrachtet werden, als auch dann, wenn sowohl Otto- und Dieselfahrzeuge das gleiche Heiz-Klimagerät erhalten und die gemeinsamen Kosten in der Fahrzeugplattform betrachtet werden. Dies ist insbesondere vor dem Hintergrund von Gleichteile-Strategien innerhalb von Fahrzeug-Plattformen und z. T. auch über die Plattformgrenzen hinweg sehr vorteilhaft.

[0021] Alle bisher am Markt bekannten anderen Technologien, um den PTC-Zuheizer einzusparen, können hier bereits kostenmäßig in keiner Weise konkurrieren, ganz zu schweigen vom Kraftstoffverbrauch. Bei gleichem Heiz-Klimagerät für Otto- und Dieselfahrzeugen ist eine „Best in Class“ Heizleis-

tung bei den Fahrzeugen mit Ottomotor ein willkommener Zusatzvorteil, trotz der Gesamtkostenvorteile für die gesamte Plattform.

[0022] Auch wenn einige Teilaspekte des erfindungsgemäßen Vorgehens ansatzweise bereits aus der jüngeren und älteren Patentliteratur zu entnehmen sind, so zeigt nicht zuletzt der aktuelle Fahrzeugmarkt, dass es selbst erfahrenen Spezialisten für PKW-Heiz-Klima-Geräte bisher nicht gelungen ist, die z. T. veröffentlichten Einzelaspekte so gedanklich anzuwenden bzw. weiterzuentwickeln und zusammenzuführen, dass es ihnen möglich war, ein erfindungsgemäßes Heiz-Klimagerät im PKW zu implementieren, welches den Entfall des PTC-Zuheizers kosten- und gleichzeitig kraftstoffeffizient ermöglicht.

[0023] Auf die Wiederholung des hier angesprochenen vorveröffentlichten Gedankenguts wird an dieser Stelle bewusst verzichtet, auch wenn dessen Kenntnis vorausgesetzt wird, um die auf den ersten Blick etwas eigentümliche Ausgestaltung des erfindungsgemäßen Heiz-Klimageräts komplett zu verstehen.

[0024] So erscheint es vor dem Hintergrund des allgemeinen Trends hin zu kleineren Heiz-Klimageräten und kleinerem Bauraum für die Heizungswärmetauscher und hin zu Motoren mit immer weniger Abwärme für Heizzwecke auf den ersten Blick als wenig zielführend, den Bauraum für den im Hinblick auf die Erfüllung der Erfordernisse der Heizung als besonders kosteneffizient geltenden PTC-Zuheizer aufzugeben und einen vermeintlich überdimensionierten Heizungswärmetauscher unter Ausnutzung des PTC-Bauraums und unter Ausnutzung der Bau-raumeffizienz aber auch der Mehrkosten der modernsten Fertigungstechnologien für gelötete Heizungswärmetauscher zu verwenden.

[0025] Ganz besonders die Aufgabe des PTC-Bauraums scheint hierbei ohne nähere Detailkenntnisse zunächst ein großer Fehler zu sein. Im Gegensatz zur allgemeinen Expertenmeinung zeigt aber der Umbau von Serien-Fahrzeugen auf das erfindungsgemäße Heiz-Klimagerät, dass das erfindungsgemäße Heiz-Klimagerät bei geeigneter Anpassung des Kühlmittelkreislaufs und der lokalen Durchflüsse durch den Heizungswärmetauscher und die übrigen Wärmequellen und Wärmesenken im Motorkühlsystem sehr wohl in der Lage ist, die gleiche Heizleistung zu liefern, wie heutige Serienfahrzeuge mit teuren PTC-Zuheizern. Messungen im Klima-Windkanal und auf der Straße belegen hierbei nicht nur eine ausreichende Kabinenheizleistung, sondern auch bisher nicht für möglich gehaltene Kraftstoffverbrauchseinsparungen im Bereich von 0,5–1,0 l/100km bei gleicher Heizleistung wie bei baugleichen Fahrzeugen mit PTC-Zuheizerbetrieb, und das bei gleichzeitiger Senkung der Kosten des Heiz-Kli-

mageräts.

[0026] Maßgeblich für den Schritt zum erfindungsgemäßen Heiz-Klimagerät ist hierbei zum einen die Kenntnis der Tatsache, dass es wirklich möglich ist, auf den PTC-Zuheizer zu verzichten. Nur bei Anerkennung dieser Eingangsvoraussetzung – hier haben sich bisher alle vom Erfinder angesprochenen Experten für Fahrzeug-Heiz-Klimageräte extrem schwer getan und waren nur durch praktische Vorführungen zu überzeugen – wird es möglich, bei bestehenden Fahrzeugkonzepten Bauraum für den vermeintlich übergroßen Heizungswärmetauscher zu gewinnen.

[0027] Der auf diesem Wege gewonnene Bauraum wird bei der erfindungsgemäßen Vorgehensweise dazu genutzt, den Heizungswärmetauscher noch effizienter zu machen. Die höhere Bautiefe in Luftströmungsrichtung ermöglicht hierbei wahlweise eine gewisse Reduktion des kühlmittelseitigen Druckverlustes und daran gekoppelt einen etwas höheren Kühlmitteldurchsatz, bevorzugt jedoch in den meisten Anwendungen strömungsvergleichmäßigende Sekundärmaßnahmen für eine besonders gleichmäßige Wärmetauscherbeaufschlagung mit Kühlmittel und/oder eine Erhöhung der Strömungsgeschwindigkeit in den Wärmetauscherrohren zur Verbesserung des kühlmittelseitigen Wärmeübergangs und/oder bei Bedarf den Übergang zur besonders effizienten Kreuz-Gegenstrombauweise. Dabei wird es bei sehr vielen Anwendungen am effizientesten sein, mit geringeren Kühlmitteldurchsätzen durch den Heizungswärmetauscher zu arbeiten als es dem heutigen Serienstandard entspricht. In diesem Zusammenhang sei insbesondere auf die Heizleistungsvorteile verwiesen, die sich vielfach ergeben, wenn die thermische Spreizung des Kühlmittels am Heizungswärmetauscher und gegebenenfalls auch am Motor durch Absenkung des Kühlmitteldurchflusses durch den Motor und/oder den Heizungswärmetauscher ohne nennenswerte Einbuße an Heizungswärmetauscher-wirkungsgrad erhöht wird.

[0028] Ein erfindungsgemäßes Heiz-Klimagerät mit Hochleistungswärmetauscher wird aufgrund seiner hohen Effizienz, bei Bedarf aber auch durch die weitere Absenkung der Heizungsrücklauftemperatur durch kühlmitteldurchflussbegrenzende Maßnahmen, letztlich dazu führen, dass das Kühlmittel, die Motorbauteile und oftmals auch das Motoröl – im Mittel über das Gesamtsystem – weniger stark aufgeheizt werden als bei einem konventionellen Heizgerät mit PTC-Zuheizer und gleicher Wärmeabgabe an die Kabinenluft. Geringere Oberflächenwärmeverluste und eine geringere Energie zum Aufheizen der wärmeaktiven Massen sind die maßgeblichen Gründe dafür, dass ein erfindungsgemäßes Heiz-Klimagerät eine stark verbesserte Heizwirkung liefert.

[0029] Dabei ist es ein ausgesprochener Vorteil des

erfindungsgemäßen Heiz-Klimageräts mit der erfindungsgemäßen Vergrößerung des Heizungswärmetauscherbauvolumens, dass es selbst bei einer Reihenschaltung von zwei oder mehr Kreuzgegenstrom-Stufen mit dem Druckangebot konventioneller Motorkühlmittelpumpen auskommt. Dies gilt ganz besonders für Anwendungen, in denen der Motor ohne Kühler-Bypass, d. h. z. B. ohne den Zweig **6b** in [Fig. 7](#), auskommt oder in denen der Kühler-Bypass bei hohem Heizbedarf mittels eines Spezial-Kühlerthermostaten **6fzs** anstelle des konventionellen Thermostaten **6fz** oder mittels eines Zusatzventils **6bv** geschlossen gehalten wird.

[0030] In einer ganz besonders kosteneffektiven Vereinfachung des Systems entfällt gemäß [Fig. 7b](#) das externe Durchflusskontrollorgan **2**, sowie der Motorölkühlerthermostat **6dv** und anstelle des Bypassventils **6bv** kommt ein Spezialthermostat **6fzs** zum Einsatz, bei dem der weitgehend konventionelle doppelt wirkende Thermostat einen Bypasssteller mit einem verlängerten Federweg aufweist und den Bypasszweig **6b** bei geschlossenem Kühlerzweig federbelastet schließt. Bei hohen Motordrehzahlen öffnet der Saugdruck der Motorkühlmittelpumpe **7** den Bypasszweig **6b** und sorgt für eine ausreichende Motorkühlung. In dieser Auslegung definieren die Heizungswärmetauscherauslegung und die Kühlmittelverschlauchung in Verbindung mit der Öffnungscharakteristik des Bypassfeder-Tellers im Spezial-Kühlerthermostaten **6fzs** den Kühlmitteldurchsatz durch den Heizungswärmetauscher. Wie bereits in [Fig. 7](#) stellt auch in [Fig. 7b](#) ein Thermostatventil **6tv** sicher, dass der Kühlerthermostat **6fzs** bei zu hoher Kühlmitteltemperatur auch bei starker Wärmeentnahme am Heizungswärmetauscher stets sicher öffnet. Bei voll geöffnetem Kühlerzweig **6a**, schließt der Bypasssteller des Spezialthermostaten **6fzs** den Bypasszweig **6b** wie bei konventionellen Thermostaten.

[0031] Bei geringen Motordrehzahlen und Kühlmitteltemperaturen unterhalb der Thermostatöffnungstemperaturen des Spezialkühlerthermostaten **6fzs** und des Zusatzthermostatventils **6tv**, d. h. bei geschlossenem Zweigen **4b**, **6a** und **6b**, liefert diese Vorgehensweise insbesondere eine gewisse Druckreserve, so dass der Heizungskühlmitteldurchfluss im leerlaufnahen Drehzahlbereich auch bei etwas höherem Druckverlust des Heizungswärmetauschers nicht allzu sehr abnimmt. Dies erweitert den Auslegungsspielraum für wärmeübergangssteigernde konstruktive Maßnahmen am Heizungswärmetauscher und auch zur Erhöhung der thermischen Spreizung sowohl am Heizungswärmetauscher als auch am Motor einschließlich der effektiven Nutzung des Motorölkühlers zur Heizwärmegenerierung in ganz erheblichem Maße. Die zu diesem besonders wirksamen und sehr preiswerten Gesamtsystem mit Spezialthermostat **6fzs** gehörigen physikalischen Wechselwirkungen werden in früheren Schutzrechtsan-

meldungen des gleichnamigen Erfinders bereits ausgiebig beschrieben. Dort finden sich auch weitere Verschlauchungsbeispiele mit verschiedenen Auslegungsschwerpunkten.

[0032] Die erfindungsgemäße Vorgehensweise mit stark vergrößertem Heizungswärmetauscherbauvolumen bei gleichzeitiger Nutzung der besonders hohen Effizienz beim Einsatz einer gelöteten Wärmetauschermatrix mit hoher Packungsdichte der kühlmittelseitigen Wärmetauscherrohre und/oder der luftseitigen Rippen, ist ein hocheffizienter Weg, um die Fahrzeugherstellungskosten und den Kraftstoffverbrauch im realen Kundenbetrieb zu senken. Wie bereits weiter oben erwähnt, erschließt sich dieser Weg mit stark vergrößertem Heizungswärmetauschervolumen in der Praxis letztlich nur demjenigen, der bereits weiß, dass mit der erfindungsgemäßen Vorgehensweise wirklich der PTC-Zuheizer entfallen kann und der PTC-Bauraum für den stark vergrößerten Wärmetauscher verfügbar ist. Dies gilt bereits bei Beibehaltung solcher Kühlmitteldurchsätze durch den Heizungswärmetauscher, die dem heutigen Serienstandard entsprechen, ganz besonders jedoch bei unter dem heutigen Serienstandard liegenden Kühlmitteldurchsätzen durch den Heizungswärmetauscher.

[0033] Die einzelnen Patentansprüche zielen in einem ersten Schritt darauf ab, den besonderen erfinderischen Schritt zu schützen, der erforderlich ist, um sich von der heutigen Standardvorgehensweise zu lösen, d. h. trotz gelöteter Hochleistungswärmetauscher mit modernsten d. h. technisch derzeit kleinstmöglichen Rippen- und Rohr-Mittenabständen sowie z. T. kleinstmöglichen Kanalhöhen und Wandstärken der typischen Flachrohrkühlmittelkanäle im Heizungswärmetauscher dennoch den Heizungswärmetauscher so groß wie irgend möglich auszugestalten und sogar den vermeintlich unverzichtbaren PTC-Bauraum zu nutzen und dabei insbesondere auch keine alternative Zuheizmöglichkeit vorzusehen.

[0034] Um sicherzustellen, dass keine zufallsbedingte Neuheitsschädliche Vorverwendung entgegengehalten werden kann, beschränken sich viele Patentansprüche der vorliegenden Anmeldung auf Großserienanwendungen in PKW unterhalb 2000 kg Leergewicht und solche Heizgeräte- bzw. Heizungswärmetauschergeometrien, wie sie eindeutig heutigen Großserienanwendungen zugeordnet werden können. Als Grosserie sei hierbei eine Jahresproduktion von mehr als 50.000 Fahrzeugen pro Jahr verstanden, die alle das gleiche Heizgerät erhalten. Diese Grenze wurde bewusst relativ hoch gewählt, um sich von nicht mit letzter Sicherheit auszuschließenden Fällen abzugrenzen, bei denen u. U. einmal ein Hersteller zugunsten einer Gleichteilestrategie oder innerhalb sehr großer Fahrzeuge bzw. bei Fahrzeug-

gen der Luxusklasse zufällig übergroße Heizungs-wärmetauscher eingesetzt hat. Im echten Volumen-segment – und darauf richtet sich die vorliegende Schutzrechtsanmeldung in erster Linie – zeigt sich bei jedem Hersteller die bereits beschriebene Tendenz, möglichst kleinvolumige und besonders preiswerte Heizungswärmetauscher zu verwenden und damit am Heizungswärmetauscher Kosten zu sparen. Vor diesem Hintergrund hat es im echten Volumensegment im Vergleich zum Premiumsegment auch etwas länger gedauert, bis sich gelötete Aluminiumheizungswärmetauscher gegenüber weniger effizienten gesteckten Heizungswärmetauschern durchgesetzt haben. Wo es der Bauraum zulässt, finden sich bis heute aus Kostengründen noch Anwendungen, bei denen weniger effiziente gesteckte Heizungswärmetauscher zum Einsatz kommen, so wie sie z. B. auch beim VW Golf 2 und Golf 3 lange Jahre üblich waren.

[0035] Die erfindungsgemäße Vorgehensweise zielt im Gegensatz hierzu darauf ab, zum einen möglichst bauraumeffiziente gelötete Heizungswärmetauscher zu verwenden und zum anderen das Heizungs-wärmetauschervolumen wesentlich größer zu wählen, als dies beim Übergang auf gelötete Aluminiumheizungs-wärmetauscher bisher erfolgt ist.

[0036] Als Vergleichsbasis heutiger Fahrzeuge mit typischen Vertretern gelöteter Heizungs-wärmetauscher zeigt in diesem Zusammenhang [Fig. 4](#) eine Tabelle mit einigen charakteristischen Merkmalen zu Klassifizierung.

[0037] Die großvolumigsten gelöteten Wärmetauscher weisen hierbei ca. 1,5 l bzw. 1,6 l Matrixvolumen auf, allerdings mit relativ grobmaschigem Abstand der kühlmittelseitigen Flachrohre von ca. 9 bzw. 10,5 mm. Speziell bei den neueren Heizungs-wärmetauscherdesigns mit besonders kleinen Rohr-Mittenabständen t_{Rohr} und Rippenmittenabständen t_{Rippe} geht das Matrixvolumen in der Golfklasse z. T. inzwischen herab bis auf Werte von ca. 0,7 l. Und selbst bei den größeren Fahrzeugen wie 3er und 5er BMW bzw. Mercedes E-Klasse weist die Heizungs-wärmetauschermatrix angesichts der Fertigungsfortschritte bezüglich der Verfeinerung der Rohre und Rippen inzwischen nur noch etwa 1 l auf. Die Machbarkeit kleinerer Rohrmittenabstände t_{Rohr} bei gleichzeitig kleinen Mittenabständen t_{Rippe} der luftseitigen Verrippung sind der maßgebliche Grund dafür, dass die Verkleinerung des Wärmetauschermatrixvolumens in PKW-Großserienanwendungen möglich wurde. Wie die Praxis zeigt, wurde inzwischen von dieser Möglichkeit seitens der Fahrzeughersteller auch gerne Gebrauch gemacht. Die als „spezifisches Wärmetauschervolumen“ gebildete Kennzahl V_{Spec} , gebildet mit der Gleichung $V_{\text{Spec}} = V_{\text{Matrix}} / (t_{\text{Rohr}} + (4 \cdot t_{\text{Rippe}}))$, reflektiert diesen Sachverhalt in vereinfachter und gleichzeitig

sehr gut handhabbarer Weise. Indirekt ist darin auch die Tatsache enthalten, dass es inzwischen technisch und wirtschaftlich möglich ist, auch sehr dünnwandige Materialien für die Rippen und Rohre zu verwenden und auch sehr geringe kühlmittelseitige Kanalhöhen zu realisieren.

[0038] Die Betrachtung typischer gelöteter PKW-Heizungs-wärmetauscher in [Fig. 4](#) zeigt, dass das spezifische Wärmetauschervolumen V_{Spec} , gebildet mit der Gleichung $V_{\text{Spec}} = V_{\text{Matrix}} / (t_{\text{Rohr}} + (4 \cdot t_{\text{Rippe}}))$, in typischen PKW-Großserienanwendungen einen oberen Grenzwert von 0,118 m² nicht übersteigt und dass dieser Wert selbst beim größten dem Erfinder bekannten Wert an einem Wärmetauscher in einem Mini-Van 0,122 m² nicht übersteigt.

[0039] Betrachtet man neben dem Ford Focus – hier sind wegen des grundsätzlichen Verzichts auf einen motorseitigen Kühlerbypass **6b** bei manchen Motoren dieses Fahrzeugtyps motorspezifische Belange der maßgebliche Treiber für die Heizungs-wärmetauschergröße – die übrigen Fahrzeuge der Golfklasse, so liegt der aktuelle Großserienwert für das spezifische Wärmetauschervolumen V_{Spec} eher in der Größenordnung von 0,7–0,8 m². Diese Beobachtung ist auch sehr gut in Übereinstimmung mit der Feststellung, dass die Kenngröße V_{Spec} bei den etwas größeren und teureren Fahrzeugen und insbesondere auch mit etwas gehobenem Komfortanspruch, wie z. B. Audi A4, 3er und 5er BMW sowie Mercedes E-Klasse, mit ca. 1,0 l etwas höher liegt, aber deutlich unterhalb des Ford Focus.

[0040] Bei Beibehaltung der luftseitigen Rippen und der kühlmittelflachrohre führt die erfindungsgemäße Vorgehensweise in der Regel auf Heizungs-wärmetauscher die 1,5 bis 2,5 mal so viel Heizungs-wärmetauschermatrixvolumen aufweisen, wie die entsprechenden derzeitigen Serienanwendungen. [Fig. 5](#) und [Fig. 6](#) zeigen in diesem Zusammenhang noch einmal auf, wie der Übergang von einer reinen Betrachtung des Wärmetauschermatrixvolumens V_{Matrix} gemäß [Fig. 5](#) auf eine spezifische Betrachtung der Wärmetauschermatrix mit der Kenngröße V_{Spec} speziell im Bezug auf die Serien-Heizungs-wärmetauscher aus [Fig. 4](#) einzuordnen ist.

[0041] Zur weiteren Konkretisierung des erfindungsgemäßen Heizgeräts sind in den beigeordneten Ansprüchen konkrete Angaben gemacht, welche Bauweisen und welche baulichen und geometrischen Merkmale ein erfindungsgemäßes Heizgerät bzw. ein dafür brauchbarer Heizungs-wärmetauscher vorteilhafter Weise hat, um in Verbindung mit der erfindungsgemäße Vergrößerung des Bauvolumens letztlich eine ausreichende Heizleistung für den Entfall des PTC-Zuheizers zu liefern. In diesem Zusammenhang zeigt [Fig. 1](#) ein typisches Heizgerät, wie es heute in Großserien-PKW zum Einsatz kommt mit der er-

findungsgemäßen Änderung. In diesem Ausführungsbeispiel saugt ein Gebläse **50** Frischluft über den Einlass **5fe** an und fördert diese über den Verdampfer **51** der Klimaanlage und im Heizbetrieb bei Wärmedefizit, d. h. bei Stellung der Temperatur-Mischklappe **5b/5c** auf maximales Heizen abgesehen von gewissen Leckagen vollständig durch den erfindungsgemäßen Heizungswärmetauscher **4m**. Der Heizungswärmetauscher **4m** nimmt dabei das mit **(4)** und **(90)** gekennzeichnete Volumen des bisherigen Serienheizungswärmetauschers **(4)** und des Serien-PTC **(90)** ein. Die zugehörige Einbausituation der entsprechenden bisherigen Serien-Anwendung ist in [Fig. 2](#) gezeigt mit dem Heizungswärmetauscher **4** und dem el. PTC-Zuheizer **90**. Bei Einstellung auf maximale Heizleistung wird in der Regel der größte Anteil der in die Fahrgastzelle eingebrachten Luft über die Fußraumausströmer **5ff** geleitet. Je nach Fahrzeugklasse und Anspruch an den Klimakomfort haben manche Fahrzeuge lediglich Fußraumausströmer im Bereich der Vordersitze, oder bei höherem Komfortanspruch auch an den Hintersitzen.

[0042] Neben dem Austritt über die Fußraumausströmer ist über Regelklappen, z. B. **5fd** für die Frontscheiben und/oder **5fm** als sogenannte Mannanströmer eine bedarfsgerechte Luftverteilung einstellbar. Außerdem wird i. a. stets ein Teil der Kabinenluft an die Scheiben geführt, um ein Beschlagen der Scheiben zu vermeiden. In der Heizungsteillast übernimmt die Temperaturmischklappe **5b/5c** die Drosselung der Heizung, gegebenenfalls in Abstimmung mit einem Absenken der Gebläseleistung.

[0043] Wesentlich an der erfindungsgemäßen Vorgehensweise ist, dass wie in [Fig. 1](#) gezeigt, ein wesentlich leistungsfähigerer und auch großvolumigerer Heizungswärmetauscher **4m** zum Einsatz kommt als bisher üblich und insbesondere, dass hinter dem Heizungswärmetauscher kein Bauraum für einen PTC-Zuheizer mehr verfügbar ist oder vorgehalten wird.

[0044] Neben der Anhebung des Wärmetauscherbauvolumens um zumindest das Bauvolumen des PTC-Zuheizers einschließlich des Montagezwischenpaltes zwischen dem Heizungswärmetauscher und dem PTC-Zuheizer ist es dabei besonders vorteilhaft, wenn das Heiz-Klimagerät mit einem gelöteten Hochleistungsheizungswärmetauscher, bevorzugt aus Aluminium, Kupfer oder Messing, ausgestattet ist, der dadurch gekennzeichnet ist, dass der Heizungswärmetauscher aus mindestens einer Stufe, bevorzugt aber zwei oder mehr Stufen aufgebaut ist, bestehend aus

- einer gelöteten Wärmetauscher-Rippen-Rohr-Matrix in PKW-typischer Kreuzstrombauweise mit
- flachrohrrohrartigen Wärmetauscherkanälen für das flüssige Kühlmittel und mit

- luftseitigen Strömungskanälen, gebildet aus den dem Kühlmittel abgewandten Oberflächen der kühlmittelseitigen Wärmetauscher-Kanäle und daran angelöteten luftseitigen Metallrippen welche mit
- einer Vielzahl turbulenz erzeugender Einschnitte der luftseitigen Wärmeübertragungsrippen quer zur Luftströmung („Louvres“) versehen sind.

[0045] Ein derartiger Hochleistungswärmetauscher weist bevorzugt einen Mittenabstand t_{Rippe} der parallel durchströmten luftseitigen Wärmeübertragungsrippen von weniger als 1,3 mm auf und/oder der Mittenabstand t_{Rohr} der parallel durchströmten kühlmittelseitigen Strömungskanäle beträgt weniger als 7 mm. Des weiteren ist es angesichts des heutigen Standes der Fertigungsmöglichkeiten vorteilhaft, die kühlmittelseitigen Strömungskanäle als flachrohrartige Kanäle mit weniger als 1 mm Kanalhöhe auszubilden.

[0046] Ergeben sich aus den Randbedingungen bestehender Fertigungsanlagen Begrenzungen, die sehr dünnwandige kühlmittelseitige Strömungskanäle nicht zulassen, so kann mit gewissen Einschränkungen bezüglich des Gesamt-Heizpotentials auch eine Matrix mit einem Mittenabstand der luftseitigen Wärmeübertragungsrippen kleiner als 0,8 mm eingesetzt werden in Verbindung mit als 9,0–11 mm Mittenabstand der parallel durchströmten kühlmittelseitigen Strömungskanäle. Die kühlmittelseitigen Strömungskanäle sind bei einem derartigen Heizungswärmetauscher dann als flachrohrartige Kanäle mit 1–2 mm Kanalhöhe ausgebildet wobei das Matrixvolumen mindestens 1,7 l bevorzugt sogar 2,0 l beträgt. Der größere Rohrmittenabstand und das größere Matrixvolumen ist hierbei hilfreich, um bei dieser Konfiguration die luftseitigen Druckverluste in Grenzen zu halten. Daneben kompensieren das größere Matrixvolumen V_{Matrix} und der besonders kleine Rippenabstand t_{Rippe} gewisse Defizite beim kühlmittelseitigen Wärmeübergang.

[0047] Die oben beschriebenen Wärmetauscher mit Hochleistungswärmetauschermatrix sind prinzipiell bekannt, ein Beispiel ist der bereits erwähnte Heizungswärmetauscher im aktuellen 3er BMW, weitere Beispiele finden sich in [Fig. 4](#). Neu ist jedoch der Einsatz der an sich bekannten Hochleistungswärmetauschermatrix mit einem weit über das bisher bekannte Maß erweiterten Bauvolumen und das, obwohl die Anwender bisher i. a. davon ausgehen, dass ihre Serienheizungswärmetauscher bereits weitgehend in der thermischen Sättigung betrieben werden und eine Vergrößerung daher keinen Sinn macht, aber wegen des benötigten PTC-Bauraums auch nicht machbar wäre.

[0048] Die starke Vergrößerung des Bauvolumens erschließt sich also – wie bereits erwähnt – in der Pra-

xis nur demjenigen, der weiß, dass es möglich ist mit der erfindungsgemäßen Vorgehensweise den PTC-Zuheizer wirklich entfallen zu lassen. Dabei ist es eine weitere wichtige Option der erfindungsgemäßen Vorgehensweise, gegebenenfalls auch eine signifikante Erhöhung der luftseitigen Druckverluste am Heizungswärmetauscher in Kauf zu nehmen. Im einfachsten Fall wird erfindungsgemäß die bereits hochkompakte Wärmetauschermatrix des Serienheizungswärmetauschers beibehalten und der Wärmetauscher in Luftströmungsrichtung um den Faktor 1,5–2,5 tiefer ausgestaltet, d. h. das Matrixvolumen erhöht sich um den Faktor 1,5–2,5. Trotz des Entfalls des PTC-Zuheizers erhöht sich damit auch der luftseitige Druckverlust am Heizungswärmetauscher fast um den Faktor 1,5–2,5. Wie praktische Versuche aber zeigen, ist dies – im Gegensatz zu den auf den ersten Blick i. a. erwarteten Problemen mit dem Luftdurchsatz – durchaus in sehr vielen Fällen darstellbar. Bei Fahrzeugneuentwicklungen kann u. U. natürlich auch die Breite oder die Höhe der Matrix zur erfindungsgemäßen Matrixvolumenvergrößerung verwendet werden.

[0049] Die erfindungsgemäße Erhöhung der Matrixbautiefe in Luftströmungsrichtung eröffnet in einem dritten Schritt auch ein weites Feld, um den kühlmittelseitigen Druckverlust bzw. den Kühlmitteldurchsatz des Heizungswärmetauschers an den jeweiligen Anwendungsfall optimal anzupassen.

[0050] Dies ist je nach Motorenspektrum der jeweiligen Fahrzeugplattform ganz grundsätzlich von Interesse, ganz besonders aber für den Einbau von Maßnahmen zur Vergleichmäßigung der kühlmittelseitigen Wärmetauscherrohrdurchströmung über der Wärmetauscherbreite sowie für den Übergang zur ganz besonders effizienten Kreuzgegenstrombauweise mit zwei oder mehr Stufen.

[0051] Eine gut messbare Methode, um besonders effektive Ausgestaltungen des erfindungsgemäßen Heizgerät mit Hochleistungsheizungswärmetauscher gegen den Stand der Technik abzugrenzen stellt der sogenannte Q100-Wert dar, der die Leistungsabgabe des Heizungswärmetauschers bei Durchströmung mit 100 K Temperaturdifferenz zwischen Kühlmittelintrittstemperatur und Lufteintrittstemperatur beschreibt. Gute PKW-Heizungswärmetauscher haben heute bei einem Luftmassenstrom von 6 kg/min und einem Kühlmittelmassenstrom von 10 l/min bei 50/50 Vol. % Wasser/Glycol einen Q100-Wert von ca. 8,0–9,0 kW.

[0052] Betrachtet man die am Markt befindlichen PKW Wärmetauscher mit den höchsten Leistungen pro Matrixvolumen bis hin zur gehobenen Mittelklasse – diese haben ein Wärmetauschermatrixvolumen von ca. 0,72–1,1 l – so ergeben sich in Verbindung mit den obigen Q100-Werten von 8,0–9,0 kW maxi-

male volumenbezogene Leistungen heutiger Hochleistungs-PKW-Heizungswärmetauscher von etwa 11–12,5 kW/l Wärmetauschermatrix.

[0053] Vor diesem Hintergrund bedeutet z. B. die erfindungsgemäße Volumenvergrößerung der Wärmetauschermatrix von z. B. 1,0 l auf über 1,4 l, eine bewusste Absenkung der spezifischen Leistung auf Werte deutlich unter 7,1 kW/l (= 10,0 kW/1,4 l).

[0054] Eine erfindungsgemäß besonders bevorzugte Reihenschaltung von zwei oder mehr Hochleistungs-Kreuzstromheizungswärmetauschern im Kreuzgegenstrom bedeutet in diesem Zusammenhang, dass Einzel-Kreuzstromwärmetauscher mit jeweils einer volumenbezogenen Einzel-Leistung von mehr als 11 kW/l durch die Reihenschaltung – trotz des Kreuz-Gegenstrombetriebs – bewusst auf weniger als 7,1 kW/l herabgesetzt werden. In der Praxis fällt die Herabsetzung der spezifischen Leistung sogar noch etwas stärker aus, u. a. da in manchen Anwendungen gewisse Kompromisse beim luftseitigen Rippenabstand gemacht werden müssen, um die luftseitigen Druckverluste des erfindungsgemäßen Heizungswärmetauschers in Grenzen zu halten.

[0055] Auch wenn die erfindungsgemäße Vorgehensweise primär auf den kompletten Entfall des PTC-Zuheizers abzielt, so ist ganz grundsätzlich natürlich auch eine Vorgehensweise denkbar, die die erfindungsgemäße Vergrößerung des spezifischen Matrixvolumens V_{spec} in Verbindung mit einem el. PTC-Zuheizer vorsieht. Wichtig ist in diesem Zusammenhang natürlich das Vorhalten eines entsprechend großen Bauraums, wobei dies voraussichtlich nur in Ausnahmefällen wirklich in die Praxis umsetzbar sein dürfte. Die ursprüngliche Aufgabenstellung verschiebt sich dann dahingehend, den PTC-Betrieb auf möglichst wenig el. Leistung bzw. Einschaltdauer und somit möglichst wenig PTC-bedingten Kraftstoffmehrerbrauch zu begrenzen und/oder den PTC-Einbau auf Kaltränder zu begrenzen und/oder PTC-bedingte Zusatzkosten für größere Lichtmaschinen etc. einzusparen.

[0056] Den maximalen Nutzen bietet das erfindungsgemäße Vorgehen jedoch erst, wenn der PTC völlig aus allen Anwendungen der Fahrzeugbaureihe verschwindet, so dass das erfindungsgemäße Heiz-Klimagerät keinerlei Vorbereitungsmaßnahmen, insbesondere vorgehaltenes Bauvolumen oder Befestigungsvorrichtungen oder el. Anschlüsse, für eine luftseitige PTC-Zuheizung oder eine andere Zusatzheizvorrichtung, im Heiz-Klimagerät vorsehen muss. Diese sind heute oftmals unnötig eingebaut, um es zu ermöglichen, dass das Fahrzeug mit wenigen Handgriffen bei unverändertem Basis-Heiz-Klimagerät motorspezifisch oder länderspezifisch oder kundenspezifisch mit und ohne Zusatzheizvorrichtung ausgeliefert werden kann.

[0057] Ganz besonders effizient ist ein erfindungsgemäßes Heizgerät, wenn der Hochleistungswärmetauscher aus mindestens zwei, bevorzugt aber 3 oder 4, Kreuzstromwärmetauschern im Kreuzgegenstrom aufgebaut ist. Dabei ist es insbesondere vorteilhaft, wenn das Kühlmittel vor oder bei der Überleitung von einer Wärmetauscherstufe zur nächsten mit Querschnittsverengungen durchmischt und hierdurch auch etwas gedrosselt wird. Diese Maßnahme wirkt sich insbesondere positiv auf den Anlauf des Heizungswärmetauschers bei sehr kaltem Kühlmittel und ungleichmäßiger Luftbeaufschlagung aus, da auf diesem Wege jede einzelne Stufe homogenere Kühlmittelleintrittstemperaturen über die Wasserkastenbreite aufweist. Kühlmitteltemperaturinhomogenitäten verstärken sich durch diese Maßnahme im Kreuzgegenstrombetrieb weniger stark von Stufe zu Stufe, da ein Ausweichen der Kühlmittelströmung zu Kanälen mit höherer Kühlmitteltemperatur bzw. niedrigerer Kühlmittelviskosität weniger stark induziert wird.

[0058] Die Drosselwirkung dieser Maßnahme ist in vielen Anwendungen ein erwünschter Nebeneffekt, da sie die Kühlmitteltemperaturspreizung am Heizungswärmetauscher und gegebenenfalls auch am Motor erhöht und somit – bei hinreichender Dimensionierung des Heizungswärmetauschers – die Heizung verbessert.

[0059] Ganz besonders effizient und einfach kann die Durchmischung dadurch erfolgen, dass das gesamte Kühlmittelvolumen eines ersten Wasserkastens über eine gemeinsame Bohrung oder eine gemeinsame Verbindungsleitung zum nachfolgenden Wasserkasten der nächsten Stufe geleitet wird. **Fig. 8** zeigt einen entsprechend aufgebauten Heizungswärmetauscher im Kreuzgegenstrom. Die Kühlmittelzuströmung erfolgt hierbei über den Einlass **204**, die erste Kreuzstromstufe wird durch die Flachrohrreihe **206** gebildet, mit einer ersten konventionellen Umlenkung Im Wasserkasten **211** zur zweiten Kreuzstromstufe **207**. Die Überleitung von der zweiten zur dritten Kreuzstromstufe **208** erfolgt über eine externe Verbindungsleitung **202/200** in welcher zwangsläufig eine Durchmischung und somit thermische Vergleichmäßigung des Kühlmittels vor der dritten Stufe erfolgt.

[0060] Die Durchmischungsstelle kann gegebenenfalls auch in den Wasserkasten integriert werden, z. B. über eine oder mehrere Blenden oder Strömungsumlenkungen, wichtig ist dabei jedoch, dass eine weitgehende Temperaturvergleichmäßigung des Kühlmittels vor der dritten Stufe erfolgt. Je nach Einbaulage und Entlüftungsbedarf sorgt gegebenenfalls eine zusätzliche Entlüftungsbohrung im Wasserkasten-Trennblech **212** oder **203/201** für einen sicheren Betrieb. Eine ganz analoge Vorgehensweise zeigt **Fig. 9**, wobei in **Fig. 9** die Leitung **202** die Aufgabe der Durchmischung übernimmt, indem sie das Kühl-

mittel der ersten Kreuzstromstufe **208** zu den beiden parallel liegenden Rohrreihen **207** und **208** der zweiten Kreuzstromstufe fördert.

[0061] Der Einbau von Heizungswärmetauschern gemäß **Fig. 8** oder **Fig. 9** erfolgt bevorzugt liegend wobei der Kühlmittelzufluss **204** unten liegt oder mit stehenden Wärmetauscherrohren **206**, **207** und **208**. Dabei ist es ein ausgesprochener Vorteil der gezeigten Bauweise, dass es durch den liegenden bzw. stehenden Einbau möglich ist, die Wärmeübertragungsrohre des Heizungswärmetauschers parallel zur Fahrtrichtung anzuordnen, da sich hierdurch eine gleichmäßigere Kühlmitteldurchströmung bei der besonders wichtigen Einstellung auf maximales Heizen in Fußraumstellung ergibt. Die bevorzugte Einbauposition wird in diesem Zusammenhang in den meisten zukünftigen Fahrzeuganwendungen Zukunft wohl so aussehen, dass der Austrittswasserkasten bzw. der Kühlmittelauslass **221** bei stehenden Wärmeübertragungsrohren **206**, **207**, **208** oben liegt.

[0062] Etwas weniger Druckverlust als eine einzige Überströmleitung **202** liefert eine ähnliche Vorgehensweise, bei der die Durchmischung dadurch erfolgt, dass das Kühlmittelvolumen eines ersten Wasserkastens durch genau zwei Bohrungen oder zwei Verbindungsleitungen zum nachfolgenden Wasserkasten der nächsten Stufe geleitet wird und ein Trennblech im Wasserkasten die beiden Strömungspfade trennt.

[0063] Zur Einsparung an kühlmittelseitigem Druckverlust erfolgt in **Fig. 8** die Durchmischung nur beim Übergang zur letzten und somit kühlmittelseitig kältesten Stufe. Da die letzte, d. h. die kälteste, Stufe am empfindlichsten auf Temperaturinhomogenitäten am Eintritt der einzelnen parallelen Kühlmittelkanäle reagiert, ist hier die erfindungsgemäße Durchmischung besonders effektiv und kommt über die besonders homogenen Luftaustrittstemperaturen auch den luftseitig weiter stromab liegenden Stufen zugute.

[0064] Das erfindungsgemäße Heizgerät liefert in fast allen Anwendungen eine verbesserte Heizleistung. Je nach Motor sind jedoch zusätzliche kühlssystemseitige Maßnahmen zu nutzen, um in allen Betriebssituationen die gleiche Heizleistung wie beim heutigen PTC-Zuheizer zu erreichen.

[0065] So ist es insbesondere besonders vorteilhaft, das Kühl- und Heizsystem so auszulegen, dass der Hauptkühlmittelstrom zur Kühlung der Verbrennungskraftmaschine in einer ersten Betriebsart mit geringer Abwärme primär durch den Heizungswärmetauscher strömt und in einer zweiten Betriebsart mit hoher Abwärme auch durch den Fahrzeugkühlerzweig **6a** und/oder den Kühlerbypasszweig **6b** und dass in der zweiten Betriebsart im Leerlaufnahmen Drehzahlbereich der Verbrennungskraftmaschine

auch bei hohem Kabinenheizbedarf weniger als 2,5 l/min durch den Heizungswärmetauscher strömen. Ein derart ausgelegtes Kühlsystem widerspricht zwar wieder den Auslegungsrichtlinien heutiger Fahrzeuge mit Verbrennungsmotor, da bei konventionellen Heizungswärmetauschern und weniger als 2,5 l/min Heizungskühlmitteldurchfluss die Wärmetauscherwirksamkeit einbricht und sich vielfach völlig undefiniert verhält. Beim erfindungsgemäßen Heiz-Klimagerät, ist dies jedoch angesichts der Leistungsreserven des Heizungswärmetauschers zulässig. Ein derart ausgelegtes System liefert in der zweiten Betriebsart genügend Heizleistung, da der Thermostat nur ab einer relativ hohen Temperatur öffnet. In der ersten Betriebsart zeigt sich speziell im Leerlauf eine erhöhte Spreizung, die es ermöglicht den Motor bzw. das Motoröl vorübergehend als zusätzliche Wärmequelle zu verwenden, um die Kühlmitteltemperatur am Motorausstritt etwas zu erhöhen sowie um die Oberflächenwärmeverluste in dieser besonders heizleistungskritischen Betriebsituation zu minimieren.

[0066] Die erfindungsgemäße Ausgestaltung zielt insbesondere darauf ab, den Heizungswärmetauscher in einem weiten Betriebsbereich des Motors und in einem weiten Betriebsbereich der Kühlmitteldurchflüsse durch den Heizungswärmetauscher nahe am thermodynamisch maximal möglichen Wirkungsgrad zu betreiben, über die Eindämmung der Oberflächenwärmeverluste und Einsparung von Wärmeleistung für die Aufheizung der mit Kühlmittel und Motoröl in Kontakt kommenden Bauteile dennoch eine ausreichende Heizleistung bereitzustellen und über den Entfall der el. Leistung für den PTC-Zuheizer Kraftstoff zu sparen. Zur Maximierung des Wärmenutzungsgrades am Heizungswärmetauscher und im Heizgerät ist es dabei besonders vorteilhaft, auch die heizgeräteseitigen Verluste zu minimieren, die dadurch entstehen, dass bei luftseitiger Temperaturregelung ein gewisser Anteil der Kabinenluft nicht durch die Wärmetauschermatrix strömt sondern durch Leckagestellen der geschlossenen Temperaturregelklappen des Heizgeräts. Vor diesem Hintergrund ist es sehr hilfreich, insbesondere für den Fall dass das Heiz-Klimagerät eine luftseitige Temperaturregelung aufweist, mittels hochwirksamer Dichtflächen an den einzelnen Regelklappen und gegebenenfalls besonders hohen Anpresskräften durch deren Stellmotoren sicherzustellen, dass bei voll geöffneter Heizung mehr als 95% der in die Kabine geförderten Luft die Heizungswärmetauschermatrix passiert. Eine Minimierung der Leckageluft stellt in diesem Zusammenhang sicher, dass die Vorteile des erfindungsgemäßen Heizungswärmetauschers nicht unnötig limitiert werden.

[0067] Ein Fahrzeug mit einer erfindungsgemäßen Ausgestaltung des Heiz-Klimageräts wird bei richtiger Ausgestaltung des Motorkühlkreislaufs in der

Lage sein, die gleiche Heizleistung zu liefern wie heutige Fahrzeuge mit teuren und kraftstoffverbrauchsintensiven PTC-Zuheizern. Bei den typischen Randbedingungen eines winterlichen Heizungstests, z. B. gemäß VDA-Richtlinie, wird sich eine befriedigende Heizleistung einstellen, selbst wenn das Motorkühlmittel kälter bleibt als bei heutigem PTC-Betrieb. Eine besonders vorteilhafte Abstimmung des erfindungsgemäßen Gesamtsystems ist in vielen Anwendungsfällen daran zu erkennen, dass das Heiz-Klimagerät in einem Personenkraftfahrzeug mit Dieselmotor keinen PTC-Zuheizer oder sonstigen luftseitigen Zuheizer aufweist und bei einer typischen Wintertest-Konstantfahrt, mit

- 50 km/h, in der von der Automatik-Schaltung automatisch eingestellten Fahrstufe oder bei manueller Gangschaltung im größten ruckelfrei fahrbaren Gang und bei
- -20°C Umgebungstemperatur und mit
- Heizungseinstellung auf maximales Heizen gemäß Fahrzeugbetriebsanleitung

in den ersten 30 Minuten eine Kühlmitteltemperatur von 50°C am Heizungswärmetauschereintritt nicht überschreitet.

[0068] Darüber hinaus wird in vielen Fällen auch eine Abstimmung vorteilhaft sein, bei der in den ersten 30 Minuten eine Kühlmitteltemperatur von 40°C am Heizungswärmetauscheraustritt nicht überschritten wird, so dass sich über die thermische Spreizung am Heizungswärmetauscher zusätzliche Einsparungen an Wärme ergeben.

[0069] Die hohe Wärmeentnahme am Heizungswärmetauscher und die Abstimmung auf eine relativ hohe thermische Spreizung am Heizungswärmetauscher wird im Leerlauf insbesondere sogar dazu führen, dass z. B. die Kühlmitteltemperatur am Heizungswärmetauscheraustritt, im unmittelbaren Anschluss an die ersten 30 Minuten des Heizungstests bei -20°C und bei 50 km/h gemäß den obigen Ausführungen, nach weiteren 15 Minuten Leerlaufphase mit laufendem Motor und stehendem Fahrzeug auf Temperaturen unter 25°C abfällt und dennoch annähernd die gleiche Heizleistung liefert, wie heutige Fahrzeuge bei eingeschaltetem PTC.

[0070] Die erfindungsgemäße Vorgehensweise mit starker Vergrößerung des Wärmetauschervolumens ermöglicht es insbesondere, Heizungswärmetauscher mit mehreren im Kreuz-Gegenstrom in Reihe geschalteten Kreuzstromwärmetauschern und trotzdem auch mit sehr geringen Kanalhöhen der Wärmetauscherflachrohre zu verwenden. Bei geringen Umgebungstemperaturen zeigt sich aufgrund der Reihenschaltung und der geringen Kanalhöhen z. T. eine gewisse Verzögerung im thermischen Anlauf, d. h. bis der gesamte Heizkreislauf mit teilerwärmtem Kühlmittel befüllt ist. Um diesen thermi-

schen Anlauf zu beschleunigen ist es besonders vorteilhaft, wenn ein Ventil, welches insbesondere ein ab einer bestimmten Druckdifferenz öffnendes Ventil ist, bei extrem niedrigen Kühlmitteltemperaturen eine, mehrere oder alle Kreuzstromwärmetauscherstufen temporär partiell oder komplett bypasst. [Fig. 10](#) zeigt ein entsprechendes Ventil V202 an einem erfindungsgemäßen Heizungswärmetauscher.

[0071] Besonders günstig ist es in diesem Zusammenhang, wenn im Bypassbetrieb die dem kalten Lufteintritt zugewandte(n) Wärmetauscherstufe(n) bevorzugt mit warmem Kühlmittel beaufschlagt wird und somit das Kühlmittel in der (den) luftseitig nachfolgenden Stufe(n) über die Luft erwärmt, so dass diese über die Abnahme der Kühlmittelviskosität nach und nach mehr durchströmt werden.

[0072] Es wurde bereits mehrfach diskutiert, dass es für die erfindungsgemäße Vorgehensweise vielfach sehr vorteilhaft ist, sich von den bisherigen Vorgaben in den Lastenheften für Heiz-Klimageräte bezüglich des Kühlmitteldurchsatzes bzw. des Luftdurchsatzes zu lösen und größere Druckverluste am Heizungswärmetauscher zuzulassen. Dies betrifft sowohl die Luftseite als auch die Kühlmittelseite. Speziell bei Motoren, die positiv auf eine große thermische Spreizung reagieren, ist es vielfach von Vorteil, bereits den Heizungswärmetauscher so auszulegen, dass er im Vergleich zum heutigen Standard für gelötete Heizungswärmetauscher nicht kühlmittelseitige Druckverluste in der Größenordnung von 7–25 mbar bei 5 l/min und 80°C Kühlmitteldurchsatz erzeugt sondern mehr als 40 mbar. Obwohl also die erfindungsgemäße Erhöhung des Bauvolumens bzw. der Bautiefe grundsätzlich eine auf den ersten Blick als attraktiv erscheinende Absenkung des kühlmittelseitigen Druckverlusts prinzipiell begünstigt, ist es bei solchen Motoren vielfach besser, das Druckpotential in eine Verbesserung des kühlmittelseitigen Wärmeübergangs zu investieren. Dies kann u. a. über eine Reduktion der Kühlmittelkanalhöhe der Wärmetauscherrohre erfolgen oder über eine Erhöhung der Anzahl an Kreuz-Gegenstromstufen oder lediglich über druckverlusterhöhende Maßnahmen, die für eine gleichmäßigere Kühlmitteldurchströmung der Wärmetauscherrohre sorgen.

[0073] Ebenso wie auf der Wasserseite zeigt die praktische Erprobung auch auf der Luftseite, dass eine luftseitige Druckverlusterhöhung am Heizungswärmetauscher bis hin zum Faktor 2 im Vergleich zu heutigen Großserienbeispielen durchaus zu verkräften ist. Dies liegt insbesondere daran, dass der Heizungswärmetauscher nur einen vergleichsweise geringen Anteil am Gesamtdruckverlust auf der Luftseite ausmacht, zum anderen daran, dass ein geringfügiger Abfall des Luftmassenstroms den Wärmetauscher vielfach in einen etwas günstigeren Bereich des Wärmenutzungsgrades Φ verlagert und darü-

ber hinaus auch die Wärmeverluste durch das Ausströmen teilerwärmter Kabinenluft aus dem Fahrzeuginnern etwas mindert. Vor diesem Hintergrund hat es sich nicht nur als machbar, sondern in vielen Fällen auch als besonders vorteilhaft erwiesen, auch bei hochkompakter Wärmetauschermatrix, d. h. insbesondere bei Rohr-Mittenabsänden t_{Rohr} unter 7 mm, eine Bautiefe der Wärmetauschermatrix in Luftströmungsrichtung von mehr als 48 mm, insbesondere bis hin zu 58 mm und mehr, zu wählen und/oder einen isothermen luftseitigen Druckverlust am Heizungswärmetauscher von mehr als 200 Pa bei 6 kg/min Luft von 25°C zuzulassen. Im Vergleich speziell zu den hochkompakten Varianten an Großserienwärmetauschern gemäß [Fig. 4](#) ist das sowohl eine ganz erhebliche Erhöhung der Bautiefe – die größte Matrixbautiefe in Luftströmungsrichtung bei den Varianten mit weniger als 7 mm Rohrmittenabstand beträgt dort 27 mm – als auch eine ganz erhebliche luftseitige Druckverlusterhöhung, doch hat sich dies beim Einbau von Prototypen des erfindungsgemäßen Heizgeräts in heutige Großserien-PKW durchaus als vorteilhaft erwiesen.

[0074] Die Fertigung eines erfindungsgemäßen Heizungswärmetauschers gestaltet sich angesichts der obigen Ausführungen relativ einfach, da bereits großserienerprobte Werkzeuge und Halbzeuge für die Wärmetauscher-Flachrohre, die luftseitigen Rippen und auch für den Füge- bzw. Lötvorgang verwendet werden können. Für eine ganz besonders schnelle Serieneinführung ist jedoch eine Vorgehensweise besonders vorteilhaft, die bereits in Großserie gefertigte Heizungswärmetauscher verwendet. Der durch den Entfall des PTC gewonnene Bauraum ermöglicht es hier in manchen Fahrzeugen einfach zwei oder mehr im Kreuzgegenstrom in Reihe geschaltete Einzelwärmetauscher zu verwenden, die weitgehend baugleich sind mit bereits in Grosserie gefertigten Einzelheizungswärmetauschern. Im einfachsten Fall wenden einfach zwei hochkompakte gelötete Heizungswärmetauscher über die Kühlmittelzu- und -ableitung oder über eine Anpassung des Wasserkastens in Reihe geschaltet. Die geringe Bautiefe in Luftströmungsrichtung einiger hochkompakter Heizungswärmetauscher lässt dies bei Entfall des PTC-Zuheizers auch bei heutigen Heizgeräten bereits mit rel. geringen Änderungen am Heizgerätegehäuse zu. Bei geeigneter Auswahl des Heizungswärmetauschers und gegebenenfalls mittels leichter Änderungen am Wasserkasten sind auf diesem Wege durchaus auch 3 und mehr Kreuzgegenstromstufen mit vertretbarem Aufwand realisierbar. Dies ist immer noch wesentlich kostengünstiger als die Verwendung eines PTC-Zuheizers und liefert gleichzeitig die erfindungsgemäßen Vorteile bezüglich des Kraftstoffverbrauchs.

[0075] Die erfindungsgemäße Vorgehensweise ist grundsätzlich an Fahrzeugen mit und ohne Kühlerbypasszweig **6b** verwendbar. Dabei ist zu beachten,

dass im Falle ohne Bypasszweig **6b** bei geschlossenem Kühlerzweig **6a** eine hinreichende Kühlmittelmenge durch den Motor strömt, zum einen um eine lokale Motorüberhitzung bei erhöhter Motorlast sicher zu vermeiden, zum anderen um eine saubere Regelung des Kühlerthermostaten während des Thermostatöffnungsvorgangs sicherzustellen. Vor diesem Hintergrund ist es ohne Bypasszweig **6b** insbesondere vorteilhaft, den Heizungswärmetauscherzweig für einen höheren Durchfluss auszulegen und/oder einen zum Heizungswärmetauscher parallelen und zumindest bei warmer Motor immer offenen Zweig vorzusehen. In der Regel wird man in diesem Fall bevorzugt den erfindungsgemäßen Heizungswärmetauscher mit noch etwas mehr Bauvolumen versehen und eine Auslegung in Richtung höheren Heizungskühlmitteldurchflusses vornehmen.

Patentansprüche

1. Heiz-Klimagerät mit Hochleistungsheizungswärmetauscher zur Klimatisierung der Fahrzeugkabine von Personenkraftfahrzeugen unterhalb 2000 kg Leergewicht, welches innerhalb einer Fahrzeugplattform in mehr als 50.000 Fahrzeugen pro Jahr mit einem in den Hauptabmessungen baugleichen Heizungswärmetauscher verbaut wird, mit der Abwärme der flüssigkeitsgeköhlten Antriebsmaschine und/oder deren Komponenten, **dadurch gekennzeichnet**, dass dieses einen Hochleistungsheizungswärmetauscher mit gelöteter Wärmeübertragungsmatrix bestehend aus kühlmittelseitigen Flachrohren und luftseitigen Rippen mit einer Vielzahl in Luftströmungsrichtung nacheinander folgender turbulenz erzeugender Einschnitte (Louvres) aufweist, welcher ein solches Volumen V_{Matrix} der von der Heizungsluft umspülten Wärmetauschermatrix, einen solchen Mittenabstand der luftseitigen Rippen t_{Rippe} sowie einen solchen Mittenabstand der Kühlmittelflachrohre t_{Rohr} aufweist, dass das daraus gebildete spezifische Wärmetauschervolumen V_{Spec} , gebildet mit der Gleichung $V_{\text{Spec}} = V_{\text{Matrix}} / (t_{\text{Rohr}} + (4 \cdot t_{\text{Rippe}}))$, einen unteren Grenzwert von 0,140 m² übersteigt.

2. Heiz-Klimagerät mit Hochleistungsheizungswärmetauscher zur Klimatisierung der Fahrzeugkabine von Personenkraftfahrzeugen unterhalb 2000 kg Leergewicht, welches innerhalb einer Fahrzeugplattform in mehr als 50.000 Fahrzeugen pro Jahr mit einem in den Hauptabmessungen baugleichen Heizungswärmetauscher verbaut wird, mit der Abwärme der flüssigkeitsgeköhlten Antriebsmaschine und/oder deren Komponenten, insbesondere Heiz-Klimagerät nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass dieses einen Hochleistungsheizungswärmetauscher mit gelöteter Wärmeübertragungsmatrix bestehend aus kühlmittelseitigen Flachrohren und luftseitigen Rippen mit einer Vielzahl in Luftströmungsrichtung nacheinander folgender turbulenz erzeugender Einschnit-

te (Louvres) aufweist, und der in dem für die Heizung besonders relevanten Betriebspunkt mit -20°C Luft-eintrittstemperatur ($T_{\text{Luft,HWT-Eintritt}}$), 50°C Kühlmittelleintrittstemperatur ($T_{\text{Kühlmittel,HWT-Eintritt}}$), einem Heizungsluftmassenstrom von 5 kg/min und bei 5 l/min Kühlmitteldurchsatz bei Fokussierung des Luftmassenstroms und damit der Heizleistung auf die Fußraumausströmer eine so hohe mittlere Luftaustrittstemperatur an den vorderen Fußraumausströmern ($T_{\text{Luft,Fussausströmer,vorne}}$) erreicht, dass der Gesamt-Wärmenutzungsgrad Φ , gebildet mit der Gleichung

$$\Phi = 100 \cdot (T_{\text{Luft,Fussausströmer,vorne}} - T_{\text{Luft,HWT-Eintritt}}) / (T_{\text{Kühlmittel,HWT-Eintritt}} - T_{\text{L,HWT-Eintritt}})$$

ohne luftseitige Zuheizung einen Wert von 85% übersteigt.

3. Heiz-Klimagerät nach einem der Ansprüche 1–2, dadurch gekennzeichnet, dass der Gesamt-Wärmenutzungsgrad gemäß Definition in Anspruch 2 und bei den ebenfalls in Anspruch 2 verwendeten charakteristischen Betriebstemperaturen von -20°C Lufteintrittstemperatur und +50°C Kühlmittelleintrittstemperatur bei einem Fahrgeschwindigkeitsprofil gemäß MVEGA bei allen Fahrgeschwindigkeiten einschließlich des Leerlaufs ohne luftseitige Zuheizung oberhalb von 80% bleibt.

4. Heiz-Klimagerät nach einem der Ansprüche 1–3, dadurch gekennzeichnet, dass der Rohrmittenabstand t_{Rohr} weniger als 7 mm beträgt und das Volumen der Heizungswärmetauschermatrix V_{Matrix} mindestens 1,4 l beträgt und insbesondere dass das Volumen der Heizungswärmetauschermatrix im Bereich zwischen 1,4 l und 2,5 l liegt

5. Heiz-Klimagerät mit Hochleistungsheizungswärmetauscher nach einem der Ansprüche 1–4, dadurch gekennzeichnet, dass der Heizungswärmetauscher aus mindestens einer Stufe, bevorzugt aber zwei oder mehr Stufen aufgebaut ist, bestehend aus

- einer gelöteten Wärmetauscher-Rippen-Rohr-Matrix mit einem Matrixvolumen V_{Matrix} von mehr als 1,4 l in PKW-typischer Matrix-Bauweise mit
- flachrohrrohrartigen Wärmetauscherkanälen für das flüssige Kühlmittel mit einem Flachrohrmittenabstand t_{Rohr} von weniger als 7 mm und mit
- luftseitigen Strömungskanälen, gebildet aus den dem Kühlmittel abgewandten Oberflächen der kühlmittelseitigen Wärmetauscher-Kanäle und daran angelöteten luftseitigen Metallrippen welche mit einer Vielzahl turbulenz erzeugender Einschnitte der luftseitigen Wärmeübertragungsrippen quer zur Luftströmung ("Louvres") versehen sind und einen Rippenmittenabstand t_{Rippe} von weniger als 1,3 mm aufweisen.

6. Heiz-Klimagerät nach einem der Ansprüche 1–4, dadurch gekennzeichnet, dass der Mittenab-

stand der parallel durchströmten luftseitigen Wärmeübertragungsrippen weniger als 1,0 mm und/oder der Mittenabstand der parallel durchströmten kühlmittelseitigen Strömungskanäle weniger als 7 mm.

7. Heiz-Klimagerät nach einem der Ansprüche 1–6, dadurch gekennzeichnet, dass die kühlmittelseitigen Strömungskanäle als flachrohrartige Kanäle mit weniger als 1 mm Kanalhöhe ausgebildet sind.

8. Heiz-Klimagerät nach einem der Ansprüche 1–4, dadurch gekennzeichnet, dass das Volumen der Heizungswärmetauschermatrix V_{Matrix} größer als 1,7 l ist, der Mittenabstand der luftseitigen Wärmeübertragungsrippen (Rippe kleiner als 0,8 mm, der Mittenabstand der parallel durchströmten kühlmittelseitigen Strömungskanäle t_{Rohr} 9–11 mm beträgt und dass die kühlmittelseitigen Strömungskanäle als flachrohrartige Kanäle mit 1–1,5 mm Kanalhöhe ausgebildet sind.

9. Heiz-Klimagerät nach einem der Ansprüche 1–8, dadurch gekennzeichnet, dass es keinerlei Vorbereitungsmaßnahmen, insbesondere vorgehaltenes Bauvolumen oder Befestigungsvorrichtungen oder el. Anschlüsse für eine luftseitige PTC-Zuheizung oder eine andere luftseitige Zusatzheizvorrichtung im Heiz-Klimagerät aufweist, die es ermöglichen, dass das Fahrzeug bei unverändertem Basis-Heiz-Klimagerät motorspezifisch oder länderspezifisch oder kundenspezifisch mit und ohne Zusatzheizvorrichtung ausgeliefert werden kann.

10. Heiz-Klimagerät nach einem der Ansprüche 1–9, dadurch gekennzeichnet, dass der Hochleistungswärmetauscher aus mindestens zwei, bevorzugt aber 3 oder 4, Kreuzstromwärmetauschern im Kreuzgegenstrom aufgebaut ist, und dass das Kühlmittel vor oder bei der Überleitung von einer Wärmetauscherstufe zur nächsten mit Querschnittsverengungen durchmischt und gedrosselt wird.

11. Wärmetauscher nach Anspruch 10, dadurch gekennzeichnet, dass die Durchmischung dadurch erfolgt, dass der gesamte Kühlmittelvolumenstrom eines ersten Wasserkastens durch eine gemeinsame Bohrung oder eine gemeinsame Verbindungsleitung zum nachfolgenden Wasserkasten der nächsten Stufe geleitet wird.

12. Wärmetauscher nach Anspruch 10, dadurch gekennzeichnet, dass die Durchmischung dadurch erfolgt, dass das Kühlmittelvolumen eines ersten Wasserkastens durch genau zwei Bohrungen oder zwei Verbindungsleitungen zum nachfolgenden Wasserkasten der nächsten Stufe geleitet wird und insbesondere, dass ein Trennblech im Wasserkasten die beiden Strömungspfade trennt.

13. Wärmetauscher nach einem der Ansprüche

10–12, dadurch gekennzeichnet, dass die Durchmischung nur beim Übergang zur letzten und somit kühlmittelseitig kältesten Stufe erfolgt.

14. Heiz-Klimagerät mit Hochleistungsheizungswärmetauscher nach einem der Ansprüche 1–13, dadurch gekennzeichnet, dass der Hauptkühlmittelstrom zur Kühlung einer Verbrennungskraftmaschine in einer ersten Betriebsart mit geringer Abwärme primär durch den Heizungswärmetauscher strömt und in einer zweiten Betriebsart mit hoher Abwärme und/oder hoher Kühlmitteltemperatur auch durch den Fahrzeugkühler und/oder den Kühlerbypass und dass in der zweiten Betriebsart im leerlaufnahen Drehzahlbereich der Verbrennungskraftmaschine auch bei hohem Kabinenheizbedarf weniger als 2,5 l/min durch den Heizungswärmetauscher strömen.

15. Heiz-Klimagerät mit Hochleistungsheizungswärmetauscher, insbesondere Heiz-Klimagerät nach einem der Ansprüche 1–14, dadurch gekennzeichnet, dass das Heiz-Klimagerät eine luftseitige Temperaturregelung aufweist und mittels hochwirksamer Dichtflächen an den einzelnen Regelkuppen und gegebenenfalls besonders hohen Anpresskräften durch deren Stellmotoren sichergestellt wird, dass bei voll geöffneter Heizung mehr als 95% der in die Kabine geförderten Luft die Heizungswärmetauschermatrix passiert.

16. Heiz-Klimagerät mit Hochleistungsheizungswärmetauscher, insbesondere Heiz-Klimagerät nach einem der Ansprüche 1–15, dadurch gekennzeichnet, dass das Heiz-Klimagerät in einem Personenkraftfahrzeug mit Dieselmotor keinen PTC-Zuheizer oder sonstigen Zuheizter aufweist und bei einer typischen Wintertest-Konstantfahrt, mit

- 50 km/h, in der von der Automatik-Schaltung automatisch eingestellten Fahrstufe oder bei manueller Gangschaltung im größten ruckelfrei fahrbaren Gang und bei
 - -20°C Umgebungstemperatur und mit
 - Heizungseinstellung auf maximales Heizen gemäß Fahrzeugbetriebsanleitung
- in den ersten 30 Minuten eine Kühlmitteltemperatur von 50°C am Heizungswärmetauschereintritt nicht überschreitet.

17. Heiz-Klimagerät mit Hochleistungsheizungswärmetauscher, insbesondere Heiz-Klimagerät nach einem der Ansprüche 1–16, dadurch gekennzeichnet, dass das Heiz-Klimagerät in einem Personenkraftfahrzeug mit Dieselmotor keinen PTC-Zuheizer oder sonstigen Zuheizter aufweist und bei einer typischen Wintertest-Konstantfahrt, mit

- 50 km/h, in der von der Automatik-Schaltung automatisch eingestellten Fahrstufe oder bei manueller Gangschaltung im größten ruckelfrei fahrbaren Gang und bei
- -20°C Umgebungstemperatur und mit

• Heizungseinstellung auf maximales Heizen gemäß Fahrzeugbetriebsanleitung
in den ersten 30 Minuten eine Kühlmitteltemperatur von 40°C am Heizungswärmetauscheraustritt nicht überschreitet.

18. Heiz-Klimagerät mit Hochleistungsheizungswärmetauscher nach einem der Ansprüche 16–17, dadurch gekennzeichnet, dass die Kühlmitteltemperatur am Heizungswärmetauscheraustritt, im unmittelbaren Anschluss an 30 Minuten Warmlauf mit 50 km/h gemäß einem der Ansprüche 16–17, nach 15 Minuten Leerlaufphase mit laufendem Motor und stehendem Fahrzeug auf Temperaturen unter 25°C abfällt.

19. Heiz-Klimagerät mit einem Hochleistungsheizungswärmetauscher, insbesondere Heiz-Klimagerät nach einem der Ansprüche 1–18, dadurch gekennzeichnet, dass das Heiz-Klimagerät in einem Personenkraftfahrzeug mit Dieselmotor keinen PTC-Zuheizer oder sonstigen luftseitigen Zuheizer aufweist und der Heizungswärmetauscher aus mindestens 2 in Reihe geschalteten Kreuzstromwärmetauschern mit spezifischen Einzel-Leistungen von mehr als 8,0 kW pro Liter Wärmetauschermatrixvolumen bei jeweils 100 K Eintrittstemperaturdifferenz und bei 6 kg/min Luftmassenstrom und 10 l/min Kühlmitteldurchsatz aufgebaut ist, welche bei gleichen Randbedingungen von 100 K Eintrittstemperaturdifferenz am Gesamtheizungswärmetauscher, 6 kg/min Luft, 10 l/min Kühlmittel, durch die Reihenschaltung auf eine spezifische Leistung von weniger als 7,1 kW pro Liter Wärmetauschermatrixvolumen gesenkt werden.

20. Heizungswärmetauscher für ein Heiz-Klimagerät in Großserien-PKW mit weniger als 2000 kg Leergewicht, dadurch gekennzeichnet, dass er die Dimensionen und/oder die Eigenschaften für ein Heiz-Klimagerät nach einem der Ansprüche 1–19 aufweist.

21. Heizungswärmetauscher für ein Heiz-Klimagerät in Großserien-PKW mit weniger als 2000 kg Leergewicht, insbesondere Heizungswärmetauscher für ein Heiz-Klimagerät nach einem der Ansprüche 1–19, dadurch gekennzeichnet, dass dieser

- eine gelötete Wärmetauscher-Rippen-Rohr-Matrix, mit einem Matrixvolumen V_{Matrix} von mehr als 1,4 l in PKW-typischer Matrix-Bauweise, aufweist, mit
- flachrohrrohrartigen Wärmetauscherkanälen für das flüssige Kühlmittel mit einem Flachrohrmittenabstand t_{Rohr} von weniger als 7 mm und mit
- luftseitigen Strömungskanälen, gebildet aus den dem Kühlmittel abgewandten Oberflächen der kühlmittelseitigen Wärmetauscher-Kanäle und daran angelöteten luftseitigen Metallrippen welche mit einer Vielzahl turbulenzzeugender Einschnitte der luftseitigen Wärmeübertragungsrippen quer zur Luftströmung

("Louvres") versehen sind und einen Rippenmittenabstand t_{Rippe} von weniger als 1,3 mm aufweisen und welcher

- in mindestens einer Fahrzeugbaureihe in einer Stückzahl von mehr als 50.000 Einheiten pro Jahr verbaut wird
- und weicher insbesondere Aluminiumlegierungen für die luftseitigen Rippen und die kühlmittelseitigen Strömungskanäle verwendet.

22. Heizungswärmetauscher mit gelöteter Wärmetauschermatrix für Großserien-PKW mit weniger als 2000 kg Leergewicht und einem Flachrohrmittenabstand t_{Rohr} von weniger als 7 mm, insbesondere Heizungswärmetauscher nach einem der Ansprüche 20–21, dadurch gekennzeichnet, dass er bei 100 K Eintrittstemperaturdifferenz und bei 6 kg/min Luftmassenstrom und bei 10 l/min Kühlmitteldurchsatz eine spezifische Leistung von weniger als 7,1 kW pro Liter Wärmetauschermatrixvolumen aufweist.

23. Heizungswärmetauscher mit gelöteter Wärmetauschermatrix, insbesondere Wärmetauscher nach einem der Ansprüche 1–22, dadurch gekennzeichnet, dass dieser aus mindestens 2 im Kreuzgegenstrom in Reihe geschalteten Kreuzstromwärmetauschern aufgebaut ist und dass ein Ventil, welches insbesondere ein ab einer bestimmten Kühlmitteldruckdifferenz öffnendes Ventil ist, bei extrem niedrigen Kühlmitteltemperaturen eine oder mehrere Kreuzstromwärmetauscherstufen temporär partiell oder komplett bypassst und somit nur einzelne Heizungswärmetauscherbereiche voll durchströmt werden.

24. Heizungswärmetauscher nach Anspruch 23, dadurch gekennzeichnet, dass im Bypassbetrieb die dem kalten Lufteintritt zugewandte(n) Wärmetauscherstufe(n) bevorzugt mit warmer Kühlmittel beaufschlagt wird(werden) und somit das Kühlmittel in der(den) luftseitig nachfolgenden Stufe(n) über die Luft erwärmt, so dass diese über die Abnahme der Kühlmittelviskosität nach und nach mehr durchströmt werden.

25. Heizungswärmetauscher für ein Heiz-Klimagerät in Großserien-PKW mit weniger als 2000 kg Leergewicht nach Anspruch 21, dadurch gekennzeichnet, dass dieser eine Bautiefe der Wärmetauschermatrix in Luftströmungsrichtung von mehr als 48 mm aufweist und/oder einen isothermen luftseitigen Druckverlust von mehr als 200Pa bei 6 kg/min Luft von 25°C.

26. Heizungswärmetauscher für ein Heiz-Klimagerät in Großserien-PKW mit weniger als 2000 kg Leergewicht nach einem der Ansprüche 21 und 25, dadurch gekennzeichnet, dass dieser eine Bautiefe der Wärmetauschermatrix in Luftströmungsrichtung von mehr als 48 mm aufweist und einen isothermen

kühlmittelseitigen Druckverlust von mehr als 40 mbar bei einem Kühlmitteldurchsatz von 5 l/min und bei einer Kühlmitteltemperatur von 80°C.

27. Heiz-Klimagerät in einem Großserien-PKW der gehobenen Mittelklasse oder darunter, insbesondere Heizgerät nach einem der Ansprüche 1–26, dadurch gekennzeichnet, dass der Heizungswärmetauscher ein Flachrohr-Rippen-Matrixvolumen V_{Matrix} von mehr als 1,5-0,99 l = 1,48 l aufweist und einen Rohrmittenabstand t_{Rohr} von weniger als 6,5 mm sowie einen Rippenmittenabstand t_{Rippe} von weniger als 1,3 mm.

28. Heiz-Klimagerät in einem Großserien-PKW der Golfklasse oder darunter, insbesondere Heizgerät nach einem der Ansprüche 1–26, dadurch gekennzeichnet, dass der Heizungswärmetauscher ein Flachrohr-Rippen-Matrixvolumen V_{Matrix} von mehr als 1,5-0,72 l = 1,08 l aufweist und einen Rohrmittenabstand t_{Rohr} von weniger als 6,5 mm sowie einen Rippenmittenabstand t_{Rippe} von weniger als 1,3 mm.

29. Heiz-Klimagerät nach einem der Ansprüche 1–28 in einer Kfz-Grosserianwendung von mehr als 50.000 Heizgeräten pro Jahr, dadurch gekennzeichnet, dass es zwei oder mehr im Kreuzgegenstrom in Reihe geschaltete Einzelwärmetauscher verwendet, die weitgehend baugleich sind mit bereits bis zum heutigen Datum oder in Zukunft in Grosserie gefertigten Einzelheizungswärmetauschern und welche zumindest in allen Wärmetauschermatrix-Abmessungen, bevorzugt aber auch in den wesentlichen Abmessungen des Wasserkastens, mit diesen übereinstimmen.

30. Heiz-Klimagerät nach einem der Ansprüche 1–29, dadurch gekennzeichnet, dass es in einer Fahrzeugbaureihe mit mehr als 50.000 Fahrzeugen pro Jahr verbaut wird, in der alle Motoren einen Bypasszweig 6b aufweisen, der bei hoher Motorlast und geschlossenem Thermostaten zumindest temporär einen Kühlmitteldurchsatz aufweist, der größer als der Heizungskühlmitteldurchsatz ist.

Es folgen 11 Blatt Zeichnungen

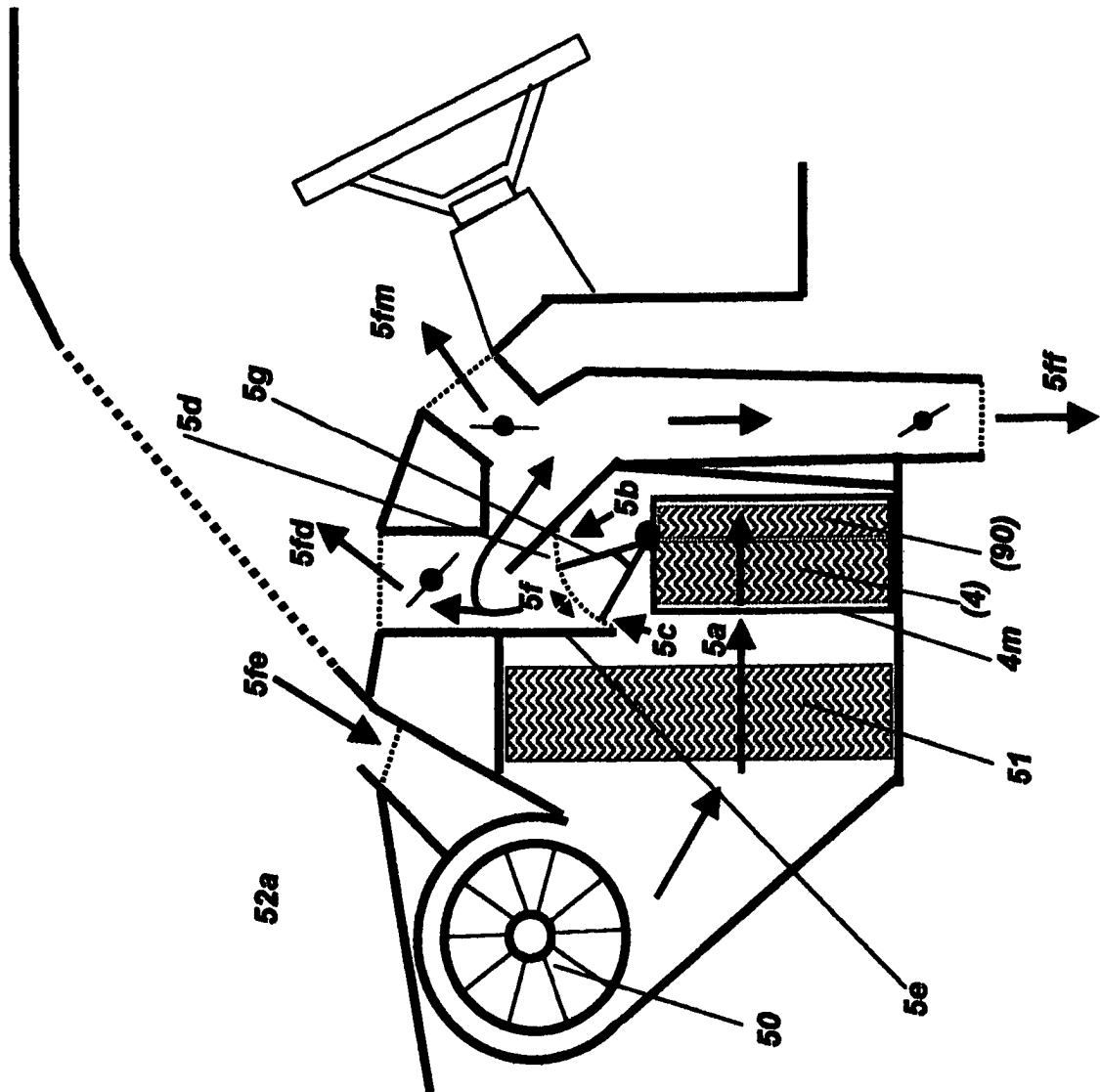


Fig. 1

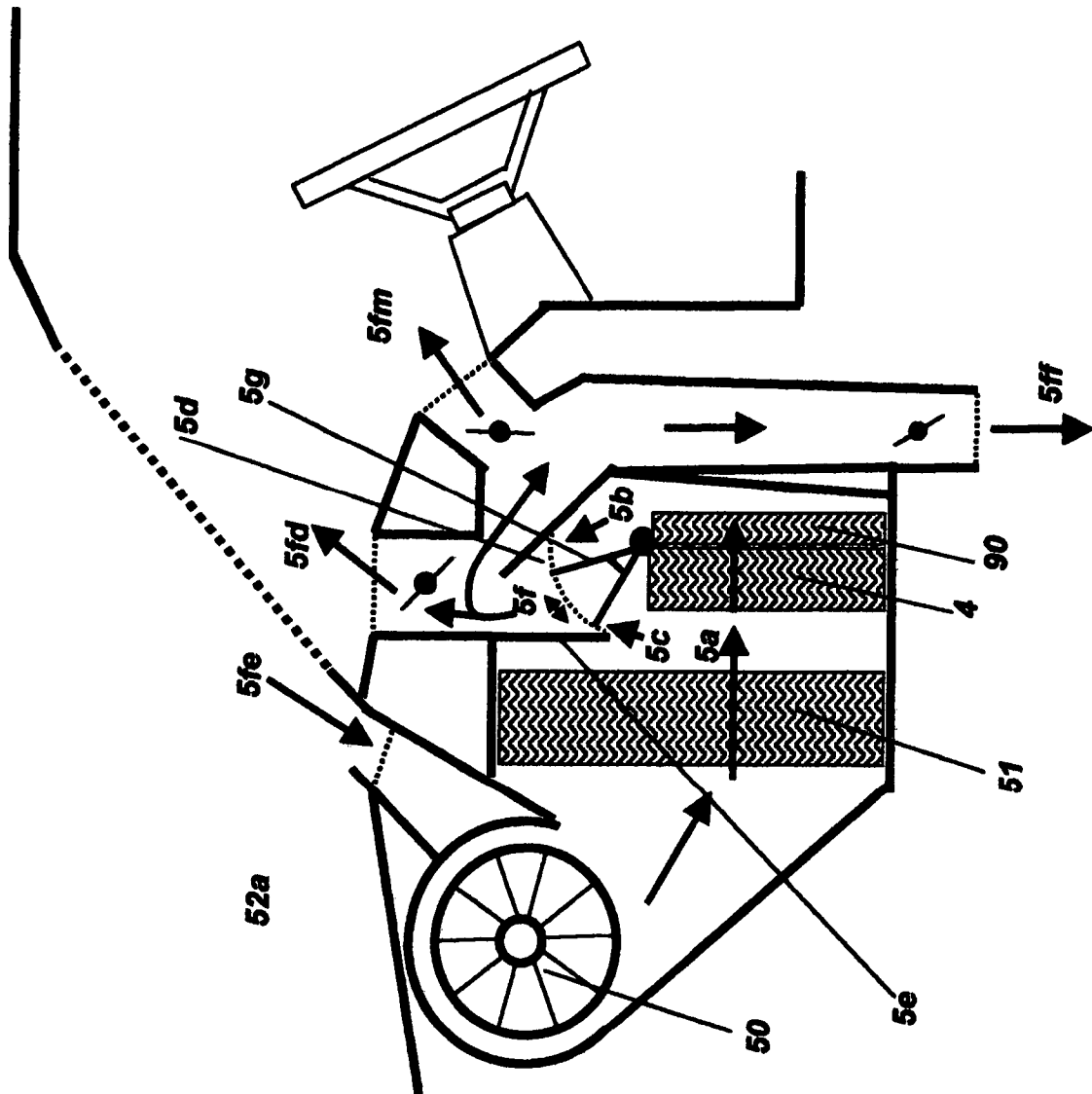
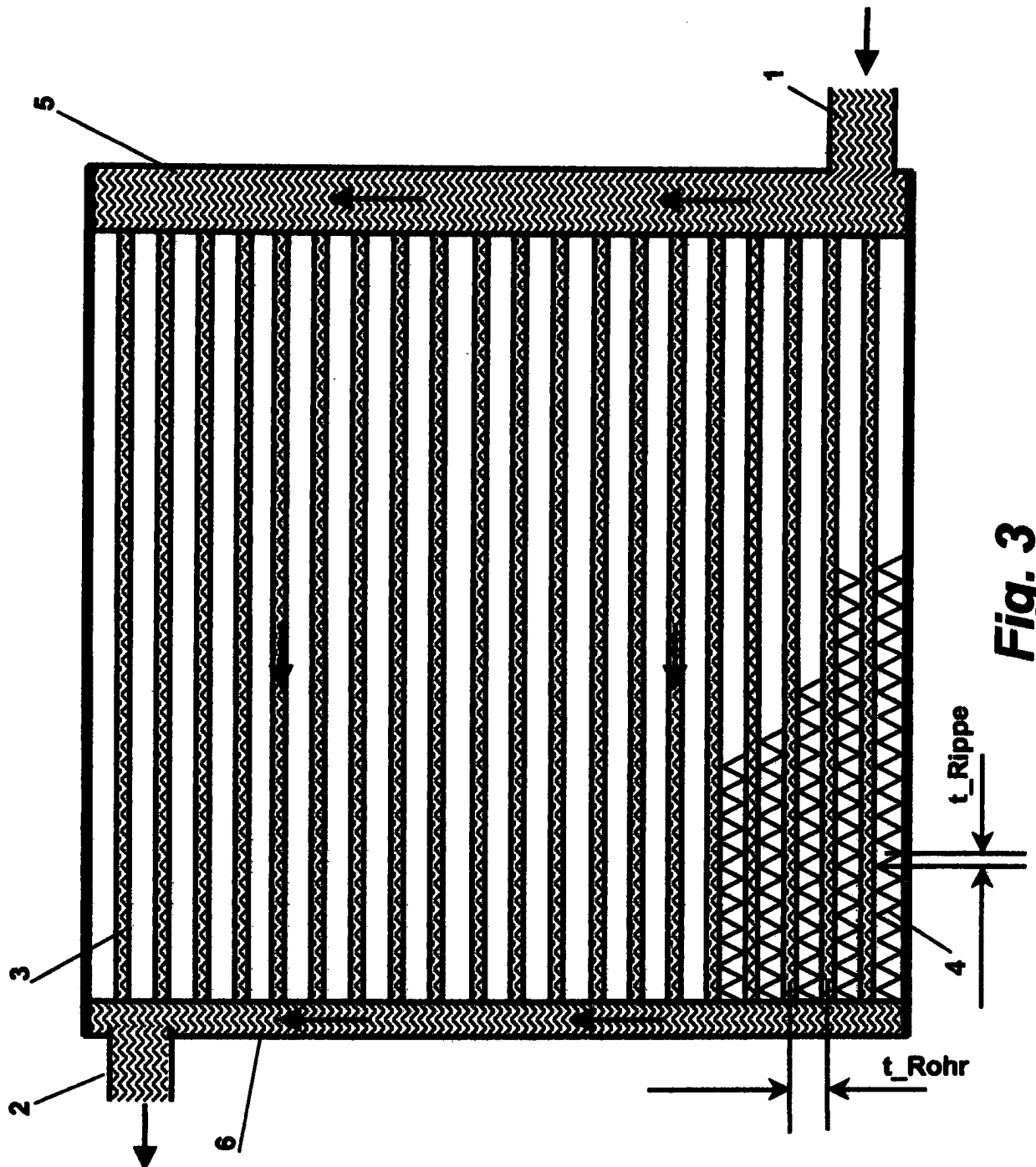


Fig. 2



	Ford Ka	Ford Fiesta	Golf V	Ford Focus 2002 MY	Ford Focus II / C-Max	Audi A3	DC A-Klasse	Golf Plus	Audi A4	BMW 3er	Honda Odyssee	BMW Ser	DC E-Klasse
Fahrzeug-Leergewicht (m)	800	1150	1340	1360	1380	1430	1460	1470	1480	1480	1930	1980	2000
Matrix-Volumen (V_Matrix) [dm³]	0,908	0,908	1,132	1,491	1,608	1,132	1,132	0,723	1,466	0,976	1,016	0,930	0,987
Tiefe_Matrix (in Luftströmungsrichtung) [m]	0,018	0,018	0,034	0,042	0,045	0,034	0,034	0,027	0,042	0,027	0,021	0,028	0,028
Rohr-Mittenabstand (t_Rohr) [m]	0,00895	0,00895	0,0105	0,00895	0,009	0,0105	0,0105	0,0052	0,01075	0,0052	0,00526	0,00642	0,00642
Rippen-Mittenabstand (t_Rippe) [m]	0,00075	0,00091	0,00113	0,00098	0,00116	0,00113	0,00113	0,00128	0,00113	0,00085	0,00077	0,00098	0,00098
Spezifisches HWT-Matrixvolumen (=V_spec = V_Matrix / (t_Rohr + 4 * t_Rippe)) [m²]	0,076	0,072	0,075	0,116	0,118	0,075	0,075	0,070	0,086	0,113	0,122	0,090	0,085

Fig. 4

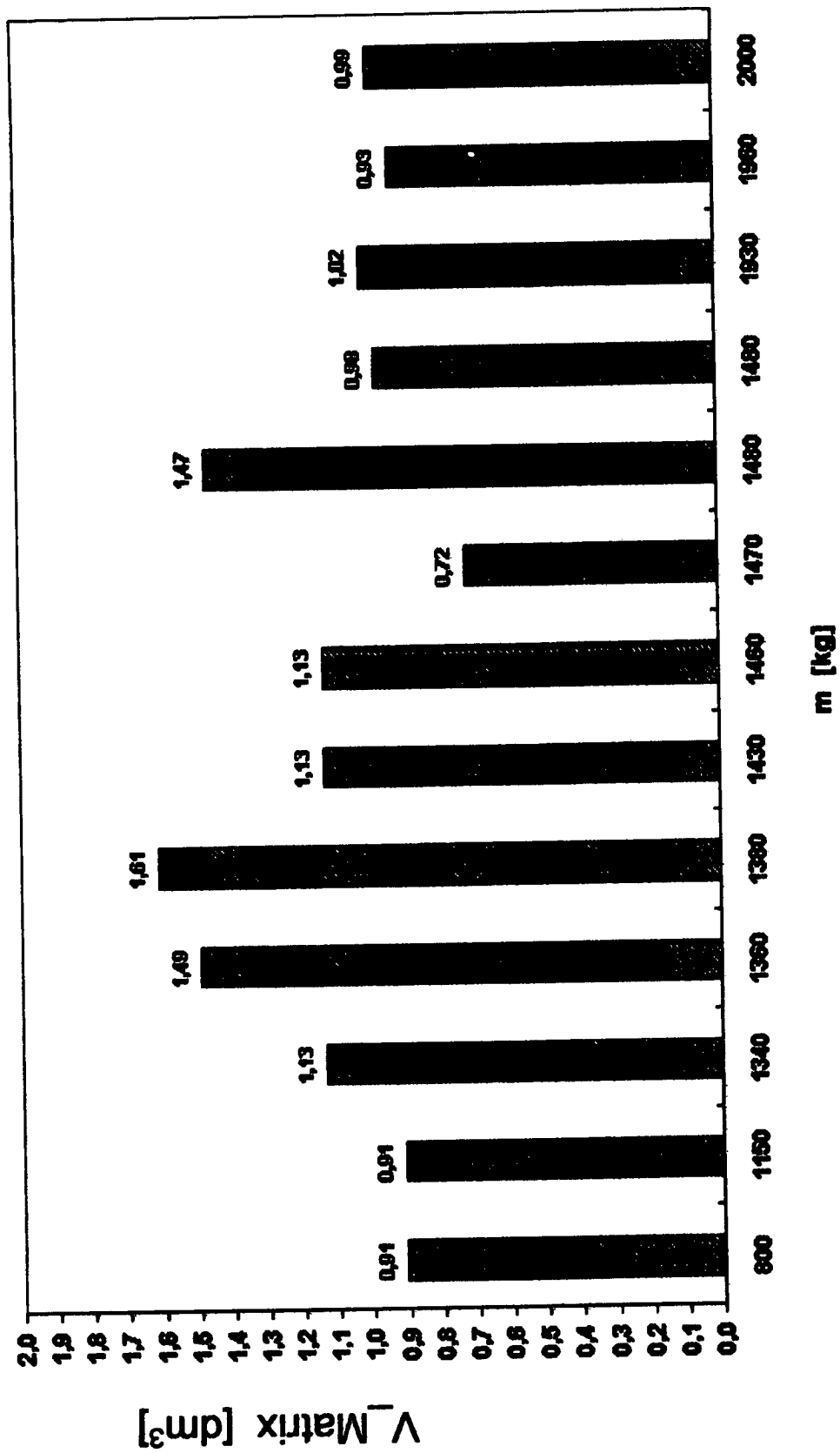
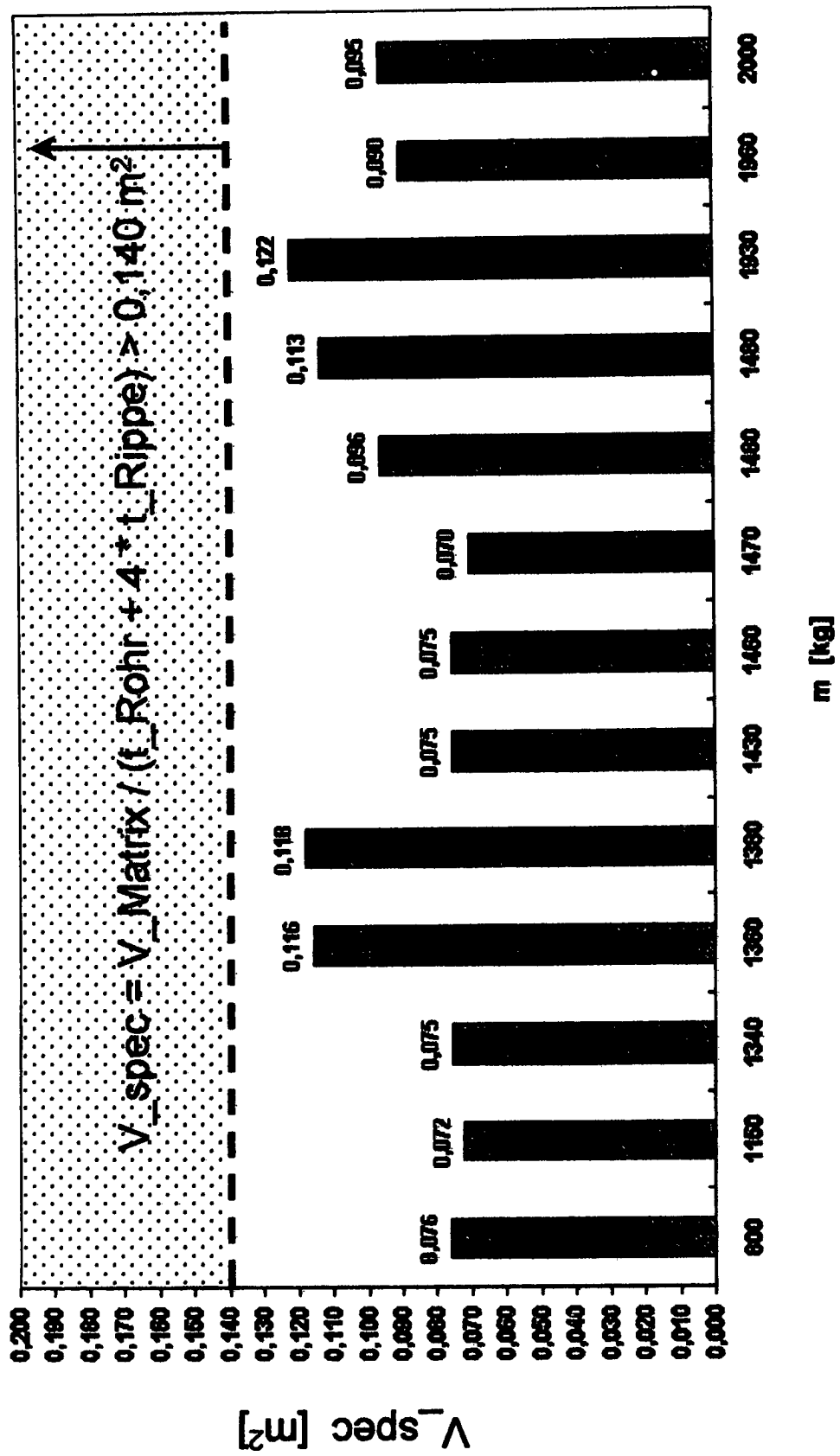


Fig. 5

**Fig. 6**

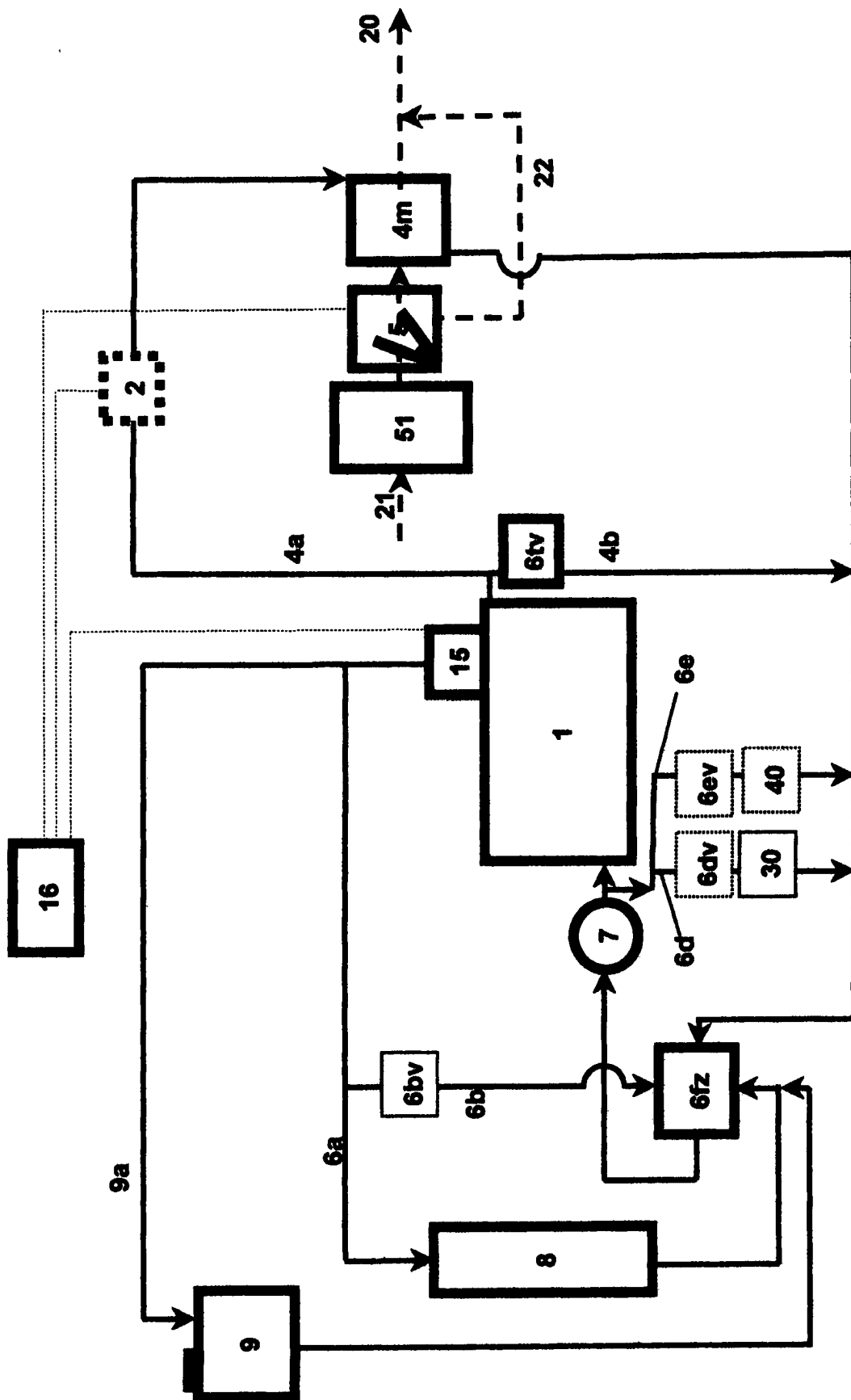


Fig. 7

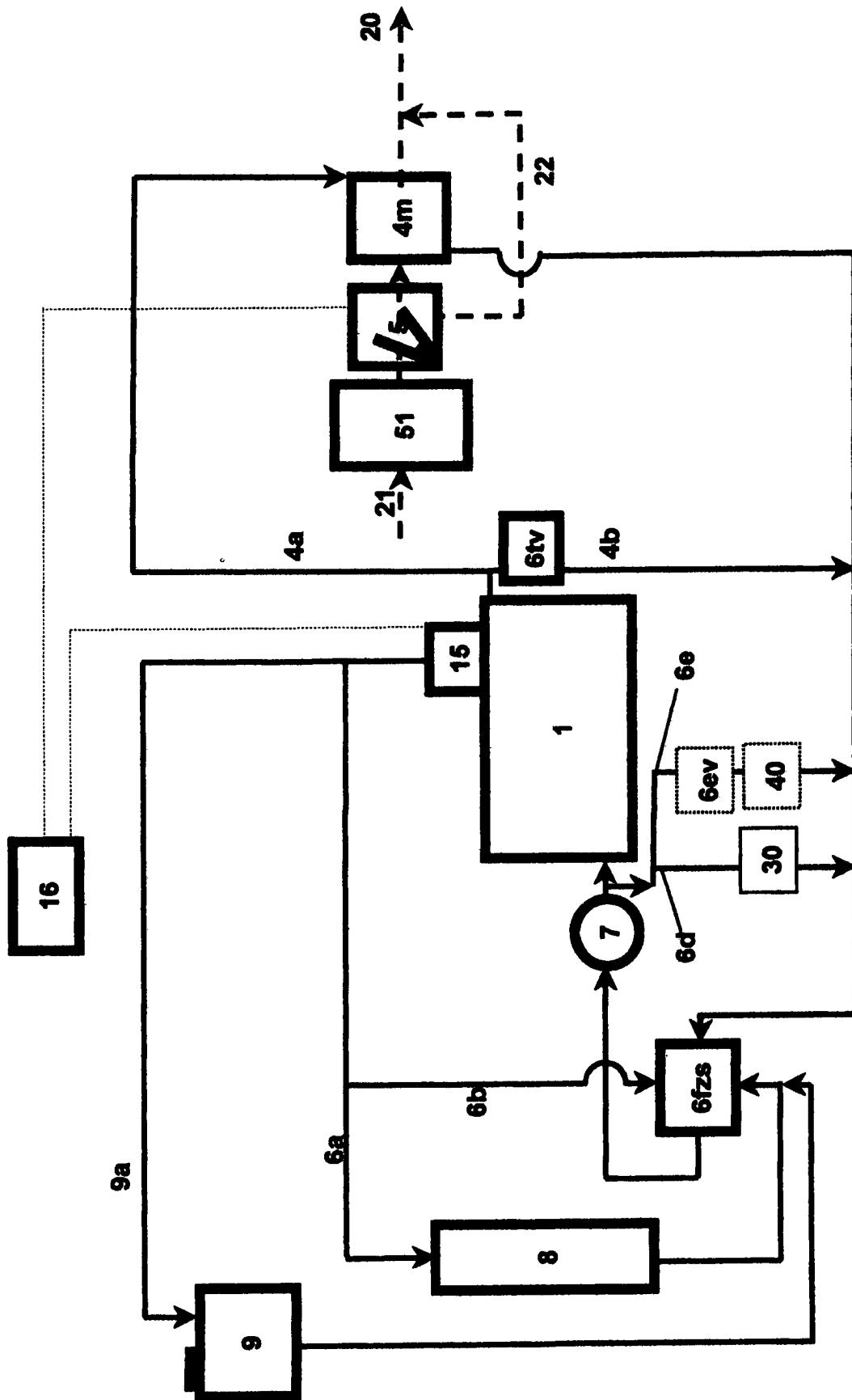


Fig. 7b

