



(11)

**EP 3 629 366 B1**

(12)

## EUROPÄISCHE PATENTSCHRIFT

(45) Veröffentlichungstag und Bekanntmachung des Hinweises auf die Patenterteilung:  
**11.05.2022 Patentblatt 2022/19**

(51) Internationale Patentklassifikation (IPC):  
**H01J 49/24** <sup>(2006.01)</sup> **F04B 37/06** <sup>(2006.01)</sup>  
**F04B 37/08** <sup>(2006.01)</sup> **F04B 37/14** <sup>(2006.01)</sup>  
**F04D 19/04** <sup>(2006.01)</sup>

(21) Anmeldenummer: **20152401.4**

(52) Gemeinsame Patentklassifikation (CPC):  
**F04B 37/06; F04B 37/08; F04B 37/14;**  
**F04D 19/042; F04D 19/046; H01J 49/24**

(22) Anmeldetag: **17.01.2020**

### (54) **VAKUUMSYSTEM UND VAKUUMPUMPE**

VACUUM SYSTEM AND VACUUM PUMP

SYSTÈME À VIDE ET POMPE À VIDE

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

• **Hofmann, Jan**  
**35305 Grünberg (DE)**

(43) Veröffentlichungstag der Anmeldung:  
**01.04.2020 Patentblatt 2020/14**

(74) Vertreter: **Manitz Finsterwald**  
**Patent- und Rechtsanwaltspartnerschaft mbB**  
**Martin-Greif-Strasse 1**  
**80336 München (DE)**

(73) Patentinhaber: **Pfeiffer Vacuum Technology AG**  
**35614 Asslar (DE)**

(56) Entgegenhaltungen:  
**EP-A2- 1 193 497 WO-A1-2016/142683**  
**US-A1- 2007 148 020**

(72) Erfinder:  
• **Schweighöfer, Michael**  
**35641 Schöffengrund (DE)**

**EP 3 629 366 B1**

Anmerkung: Innerhalb von neun Monaten nach Bekanntmachung des Hinweises auf die Erteilung des europäischen Patents im Europäischen Patentblatt kann jedermann nach Maßgabe der Ausführungsordnung beim Europäischen Patentamt gegen dieses Patent Einspruch einlegen. Der Einspruch gilt erst als eingelegt, wenn die Einspruchsgebühr entrichtet worden ist. (Art. 99(1) Europäisches Patentübereinkommen).

## Beschreibung

**[0001]** Die vorliegende Erfindung betrifft ein Vakuumsystem, insbesondere Gasanalysesystem und/oder Massenspektrometriesystem, umfassend eine Vakuumpumpe mit einem pumpaktiven Bereich, in dem ein Gas mittels eines aktiven Pumpelements förderbar ist, und eine Einrichtung zum Erzeugen eines Strahls von Teilchen. Derartige Vakuumsysteme sind in EP 1 193 497 A2 und US 2007/0148020 A1 offenbart. Weiteren Stand der Technik bildet die WO 2016/142683 A1.

**[0002]** Teilchenstrahlen werden häufig in Vakuumsystemen erzeugt und genutzt, beispielsweise in Massenspektrometriesystemen. In bekannten Massenspektrometriesystemen werden häufig beispielsweise Umlenkeinrichtungen eingesetzt, mittels denen der Strahl derart umlenkbar ist, dass unterschiedliche Bestandteile des Strahls unterschiedlich abgelenkt werden, sodass wenigstens ein erster und ein zweiter Teilstrahl ausbildbar sind. Diese haben einerseits den Zweck, dass der Teilchenstrahl aufgeteilt wird, sodass nur bestimmte, zu analysierende Bestandteile, die insbesondere den ersten Teilstrahl bilden, in eine gewünschte Richtung, insbesondere zu einer Analysatoreinheit, geführt werden. Übrige Bestandteile, die insbesondere den zweiten Teilstrahl bilden, weisen nach Passage der Umlenkeinrichtung eine andere Richtung als die zu analysierenden Bestandteile auf. Die Umlenkeinrichtung wirkt somit als Filter. Andererseits ermöglicht eine derartige Umlenkung, häufig um etwa 90°, eine kompakte Bauform des Massenspektrometriesystems.

**[0003]** Es ist eine Aufgabe der Erfindung, bei einem Vakuumsystem der eingangs genannten Art die Evakuierung im Bereich des Strahls zu verbessern.

**[0004]** Diese Aufgabe wird durch ein Vakuumsystem nach Anspruch 1 gelöst, und insbesondere dadurch, dass der Strahl in den pumpaktiven Bereich der Vakuumpumpe geführt ist.

**[0005]** Hierdurch wird der Strahl bzw. werden dessen Moleküle direkt abgepumpt und die Evakuierung wird verbessert. Bei dem in den pumpaktiven Bereich geführten Strahl kann es sich z.B. um einen Teilstrahl nach Passage einer Filter- und/oder Separierungseinrichtung handeln. Generell wird hier aber ausgenutzt, dass der Strahl einen Teilchenstrom mit einer bestimmten Richtung aufweist und dass diese Richtung vorteilhaft ausgenutzt wird, um die Teilchen direkt einzufangen. Insofern kann es sich auch beispielsweise um eine Art Hauptstrahl und/oder einen Gesamtstrahl handeln. Allgemein ist die Erfindung darauf gerichtet, die Einfangwahrscheinlichkeit eines jeweiligen Teilchens des Strahls zu erhöhen. Dies wird auf konstruktiv besonders einfache Weise durch die Erfindung erreicht.

**[0006]** Bevorzugt kann das Vakuumsystem eine Umlenkeinrichtung umfassen, mittels derer der Strahl derart umlenkbar ist, dass unterschiedliche Bestandteile des Strahls unterschiedlich abgelenkt werden, sodass wenigstens ein erster und ein zweiter Teilstrahl ausbildbar

sind, wobei der zweite Teilstrahl in den pumpaktiven Bereich geführt ist. Allgemein ist der Strahl also insbesondere zumindest teilweise in den pumpaktiven Bereich geführt. Insofern nachfolgend von dem Strahl die Rede ist, versteht es sich, dass auch ein, insbesondere zweiter, Teilstrahl gemeint sein kann.

**[0007]** Die Möglichkeit der Kontamination des ersten Teilstrahls durch Moleküle des zweiten Teilstrahls ist besonders gering. Die Erfindung ermöglicht in diesem Zusammenhang also insbesondere eine gute Separierung der Teilstrahlen und eine hohe Qualität des ersten Teilstrahls, die sich beispielsweise positiv auf eine Analyse des ersten Teilstrahls auswirken kann.

**[0008]** Die Gasbestandteile des zweiten Teilstrahls sind häufig solche Bestandteile, die im Hinblick auf eine Analyseaufgabe unerwünscht sind, also unerwünschte Moleküle darstellen. Diese können als Schmutzpartikel bezeichnet werden. Bei Umlenkeinrichtungen des Standes der Technik landen zweite Teilstrahlen bzw. Schmutzpartikel typischerweise an statischen Bauteilen im Bereich der oder benachbart zur Umlenkeinrichtung. Auch wird häufig der Umlenkeinrichtung nachgeschaltet eine Blende angeordnet, durch die der erste Teilstrahl passieren kann, auf deren Oberfläche abseits des ersten Teilstrahls bzw. eines Durchgangs hierfür aber die Schmutzpartikel auftreten. Alle Schmutzpartikel, die auf statischen Oberflächen landen, desorbieren nach einer gewissen Zeit wieder von der betreffenden Oberfläche mit einer statistischen Verteilung der Richtung. Dies bedeutet einerseits eine erhöhte Wahrscheinlichkeit, dass Schmutzpartikel trotz aller Filtereinrichtungen zur Analysatoreinheit gelangen. Andererseits können die Schmutzpartikel mit zu analysierenden Gasmolekülen des ersten Teilstrahls kollidieren und so dessen Qualität verringern. Denn die Moleküle des ersten Teilstrahl werden hierdurch abgelenkt und die Anzahl derjenigen zu analysierenden Moleküle, die die Analysatoreinheit erreichen, wird reduziert.

**[0009]** Die Erfindung ermöglicht nun, dass Schmutzpartikel unmittelbar durch die Pumpwirkung der Vakuumpumpe abgeführt werden. Dabei wird vorteilhaft die Richtung bzw. kinetische Energie der Schmutzpartikel im Teilchenstrahl ausgenutzt, um diese aktiv dem pumpaktiven Bereich der Vakuumpumpe zuzuführen. Durch den pumpaktiven Bereich wird den Schmutzpartikeln bzw. dem zweiten Teilstrahl sodann aktiv eine Vorzugsrichtung in Pumprichtung verliehen, sodass die Schmutzpartikel aktiv von dem ersten Teilstrahl und insbesondere von einer Analysatoreinheit weggeführt werden. Im Stand der Technik ist eine wirksame Evakuierung von Vakuumkammern eines Gasanalysesystems häufig schwierig, nämlich durch nachteilige Geometrien und Leitwerte. Eine bessere Evakuierung ermöglicht jedoch eine bessere Analysegenauigkeit. Die Erfindung ermöglicht durch die Ausnutzung der Strahlrichtung bzw. der kinetischen Energie der Teilchen und durch die aktive Abführung eine bessere Evakuierung und somit insbesondere eine verbesserte Analysegenauigkeit.

**[0010]** Als pumpaktiver Bereich ist allgemein ein Wirkbereich eines aktiven Pumpelements der Vakuumpumpe, zum Beispiel eines Rotors oder Rotorelements, insbesondere einer Turborotorscheibe, zu verstehen. Im Falle eines Rotors wird der Strahl, insbesondere der zweite Teilstrahl, insbesondere in einen aktiven Rotorbereich geführt. Bei einer Turbomolekularvakuum-  
 5  
 10  
 15  
 20  
 25  
 30  
 35  
 40  
 45  
 50  
 55  
 60  
 65  
 70  
 75  
 80  
 85  
 90  
 95  
 100  
 105  
 110  
 115  
 120  
 125  
 130  
 135  
 140  
 145  
 150  
 155  
 160  
 165  
 170  
 175  
 180  
 185  
 190  
 195  
 200  
 205  
 210  
 215  
 220  
 225  
 230  
 235  
 240  
 245  
 250  
 255  
 260  
 265  
 270  
 275  
 280  
 285  
 290  
 295  
 300  
 305  
 310  
 315  
 320  
 325  
 330  
 335  
 340  
 345  
 350  
 355  
 360  
 365  
 370  
 375  
 380  
 385  
 390  
 395  
 400  
 405  
 410  
 415  
 420  
 425  
 430  
 435  
 440  
 445  
 450  
 455  
 460  
 465  
 470  
 475  
 480  
 485  
 490  
 495  
 500  
 505  
 510  
 515  
 520  
 525  
 530  
 535  
 540  
 545  
 550  
 555  
 560  
 565  
 570  
 575  
 580  
 585  
 590  
 595  
 600  
 605  
 610  
 615  
 620  
 625  
 630  
 635  
 640  
 645  
 650  
 655  
 660  
 665  
 670  
 675  
 680  
 685  
 690  
 695  
 700  
 705  
 710  
 715  
 720  
 725  
 730  
 735  
 740  
 745  
 750  
 755  
 760  
 765  
 770  
 775  
 780  
 785  
 790  
 795  
 800  
 805  
 810  
 815  
 820  
 825  
 830  
 835  
 840  
 845  
 850  
 855  
 860  
 865  
 870  
 875  
 880  
 885  
 890  
 895  
 900  
 905  
 910  
 915  
 920  
 925  
 930  
 935  
 940  
 945  
 950  
 955  
 960  
 965  
 970  
 975  
 980  
 985  
 990  
 995  
 1000  
 1005  
 1010  
 1015  
 1020  
 1025  
 1030  
 1035  
 1040  
 1045  
 1050  
 1055  
 1060  
 1065  
 1070  
 1075  
 1080  
 1085  
 1090  
 1095  
 1100  
 1105  
 1110  
 1115  
 1120  
 1125  
 1130  
 1135  
 1140  
 1145  
 1150  
 1155  
 1160  
 1165  
 1170  
 1175  
 1180  
 1185  
 1190  
 1195  
 1200  
 1205  
 1210  
 1215  
 1220  
 1225  
 1230  
 1235  
 1240  
 1245  
 1250  
 1255  
 1260  
 1265  
 1270  
 1275  
 1280  
 1285  
 1290  
 1295  
 1300  
 1305  
 1310  
 1315  
 1320  
 1325  
 1330  
 1335  
 1340  
 1345  
 1350  
 1355  
 1360  
 1365  
 1370  
 1375  
 1380  
 1385  
 1390  
 1395  
 1400  
 1405  
 1410  
 1415  
 1420  
 1425  
 1430  
 1435  
 1440  
 1445  
 1450  
 1455  
 1460  
 1465  
 1470  
 1475  
 1480  
 1485  
 1490  
 1495  
 1500  
 1505  
 1510  
 1515  
 1520  
 1525  
 1530  
 1535  
 1540  
 1545  
 1550  
 1555  
 1560  
 1565  
 1570  
 1575  
 1580  
 1585  
 1590  
 1595  
 1600  
 1605  
 1610  
 1615  
 1620  
 1625  
 1630  
 1635  
 1640  
 1645  
 1650  
 1655  
 1660  
 1665  
 1670  
 1675  
 1680  
 1685  
 1690  
 1695  
 1700  
 1705  
 1710  
 1715  
 1720  
 1725  
 1730  
 1735  
 1740  
 1745  
 1750  
 1755  
 1760  
 1765  
 1770  
 1775  
 1780  
 1785  
 1790  
 1795  
 1800  
 1805  
 1810  
 1815  
 1820  
 1825  
 1830  
 1835  
 1840  
 1845  
 1850  
 1855  
 1860  
 1865  
 1870  
 1875  
 1880  
 1885  
 1890  
 1895  
 1900  
 1905  
 1910  
 1915  
 1920  
 1925  
 1930  
 1935  
 1940  
 1945  
 1950  
 1955  
 1960  
 1965  
 1970  
 1975  
 1980  
 1985  
 1990  
 1995  
 2000  
 2005  
 2010  
 2015  
 2020  
 2025  
 2030  
 2035  
 2040  
 2045  
 2050  
 2055  
 2060  
 2065  
 2070  
 2075  
 2080  
 2085  
 2090  
 2095  
 2100  
 2105  
 2110  
 2115  
 2120  
 2125  
 2130  
 2135  
 2140  
 2145  
 2150  
 2155  
 2160  
 2165  
 2170  
 2175  
 2180  
 2185  
 2190  
 2195  
 2200  
 2205  
 2210  
 2215  
 2220  
 2225  
 2230  
 2235  
 2240  
 2245  
 2250  
 2255  
 2260  
 2265  
 2270  
 2275  
 2280  
 2285  
 2290  
 2295  
 2300  
 2305  
 2310  
 2315  
 2320  
 2325  
 2330  
 2335  
 2340  
 2345  
 2350  
 2355  
 2360  
 2365  
 2370  
 2375  
 2380  
 2385  
 2390  
 2395  
 2400  
 2405  
 2410  
 2415  
 2420  
 2425  
 2430  
 2435  
 2440  
 2445  
 2450  
 2455  
 2460  
 2465  
 2470  
 2475  
 2480  
 2485  
 2490  
 2495  
 2500  
 2505  
 2510  
 2515  
 2520  
 2525  
 2530  
 2535  
 2540  
 2545  
 2550  
 2555  
 2560  
 2565  
 2570  
 2575  
 2580  
 2585  
 2590  
 2595  
 2600  
 2605  
 2610  
 2615  
 2620  
 2625  
 2630  
 2635  
 2640  
 2645  
 2650  
 2655  
 2660  
 2665  
 2670  
 2675  
 2680  
 2685  
 2690  
 2695  
 2700  
 2705  
 2710  
 2715  
 2720  
 2725  
 2730  
 2735  
 2740  
 2745  
 2750  
 2755  
 2760  
 2765  
 2770  
 2775  
 2780  
 2785  
 2790  
 2795  
 2800  
 2805  
 2810  
 2815  
 2820  
 2825  
 2830  
 2835  
 2840  
 2845  
 2850  
 2855  
 2860  
 2865  
 2870  
 2875  
 2880  
 2885  
 2890  
 2895  
 2900  
 2905  
 2910  
 2915  
 2920  
 2925  
 2930  
 2935  
 2940  
 2945  
 2950  
 2955  
 2960  
 2965  
 2970  
 2975  
 2980  
 2985  
 2990  
 2995  
 3000  
 3005  
 3010  
 3015  
 3020  
 3025  
 3030  
 3035  
 3040  
 3045  
 3050  
 3055  
 3060  
 3065  
 3070  
 3075  
 3080  
 3085  
 3090  
 3095  
 3100  
 3105  
 3110  
 3115  
 3120  
 3125  
 3130  
 3135  
 3140  
 3145  
 3150  
 3155  
 3160  
 3165  
 3170  
 3175  
 3180  
 3185  
 3190  
 3195  
 3200  
 3205  
 3210  
 3215  
 3220  
 3225  
 3230  
 3235  
 3240  
 3245  
 3250  
 3255  
 3260  
 3265  
 3270  
 3275  
 3280  
 3285  
 3290  
 3295  
 3300  
 3305  
 3310  
 3315  
 3320  
 3325  
 3330  
 3335  
 3340  
 3345  
 3350  
 3355  
 3360  
 3365  
 3370  
 3375  
 3380  
 3385  
 3390  
 3395  
 3400  
 3405  
 3410  
 3415  
 3420  
 3425  
 3430  
 3435  
 3440  
 3445  
 3450  
 3455  
 3460  
 3465  
 3470  
 3475  
 3480  
 3485  
 3490  
 3495  
 3500  
 3505  
 3510  
 3515  
 3520  
 3525  
 3530  
 3535  
 3540  
 3545  
 3550  
 3555  
 3560  
 3565  
 3570  
 3575  
 3580  
 3585  
 3590  
 3595  
 3600  
 3605  
 3610  
 3615  
 3620  
 3625  
 3630  
 3635  
 3640  
 3645  
 3650  
 3655  
 3660  
 3665  
 3670  
 3675  
 3680  
 3685  
 3690  
 3695  
 3700  
 3705  
 3710  
 3715  
 3720  
 3725  
 3730  
 3735  
 3740  
 3745  
 3750  
 3755  
 3760  
 3765  
 3770  
 3775  
 3780  
 3785  
 3790  
 3795  
 3800  
 3805  
 3810  
 3815  
 3820  
 3825  
 3830  
 3835  
 3840  
 3845  
 3850  
 3855  
 3860  
 3865  
 3870  
 3875  
 3880  
 3885  
 3890  
 3895  
 3900  
 3905  
 3910  
 3915  
 3920  
 3925  
 3930  
 3935  
 3940  
 3945  
 3950  
 3955  
 3960  
 3965  
 3970  
 3975  
 3980  
 3985  
 3990  
 3995  
 4000  
 4005  
 4010  
 4015  
 4020  
 4025  
 4030  
 4035  
 4040  
 4045  
 4050  
 4055  
 4060  
 4065  
 4070  
 4075  
 4080  
 4085  
 4090  
 4095  
 4100  
 4105  
 4110  
 4115  
 4120  
 4125  
 4130  
 4135  
 4140  
 4145  
 4150  
 4155  
 4160  
 4165  
 4170  
 4175  
 4180  
 4185  
 4190  
 4195  
 4200  
 4205  
 4210  
 4215  
 4220  
 4225  
 4230  
 4235  
 4240  
 4245  
 4250  
 4255  
 4260  
 4265  
 4270  
 4275  
 4280  
 4285  
 4290  
 4295  
 4300  
 4305  
 4310  
 4315  
 4320  
 4325  
 4330  
 4335  
 4340  
 4345  
 4350  
 4355  
 4360  
 4365  
 4370  
 4375  
 4380  
 4385  
 4390  
 4395  
 4400  
 4405  
 4410  
 4415  
 4420  
 4425  
 4430  
 4435  
 4440  
 4445  
 4450  
 4455  
 4460  
 4465  
 4470  
 4475  
 4480  
 4485  
 4490  
 4495  
 4500  
 4505  
 4510  
 4515  
 4520  
 4525  
 4530  
 4535  
 4540  
 4545  
 4550  
 4555  
 4560  
 4565  
 4570  
 4575  
 4580  
 4585  
 4590  
 4595  
 4600  
 4605  
 4610  
 4615  
 4620  
 4625  
 4630  
 4635  
 4640  
 4645  
 4650  
 4655  
 4660  
 4665  
 4670  
 4675  
 4680  
 4685  
 4690  
 4695  
 4700  
 4705  
 4710  
 4715  
 4720  
 4725  
 4730  
 4735  
 4740  
 4745  
 4750  
 4755  
 4760  
 4765  
 4770  
 4775  
 4780  
 4785  
 4790  
 4795  
 4800  
 4805  
 4810  
 4815  
 4820  
 4825  
 4830  
 4835  
 4840  
 4845  
 4850  
 4855  
 4860  
 4865  
 4870  
 4875  
 4880  
 4885  
 4890  
 4895  
 4900  
 4905  
 4910  
 4915  
 4920  
 4925  
 4930  
 4935  
 4940  
 4945  
 4950  
 4955  
 4960  
 4965  
 4970  
 4975  
 4980  
 4985  
 4990  
 4995  
 5000  
 5005  
 5010  
 5015  
 5020  
 5025  
 5030  
 5035  
 5040  
 5045  
 5050  
 5055  
 5060  
 5065  
 5070  
 5075  
 5080  
 5085  
 5090  
 5095  
 5100  
 5105  
 5110  
 5115  
 5120  
 5125  
 5130  
 5135  
 5140  
 5145  
 5150  
 5155  
 5160  
 5165  
 5170  
 5175  
 5180  
 5185  
 5190  
 5195  
 5200  
 5205  
 5210  
 5215  
 5220  
 5225  
 5230  
 5235  
 5240  
 5245  
 5250  
 5255  
 5260  
 5265  
 5270  
 5275  
 5280  
 5285  
 5290  
 5295  
 5300  
 5305  
 5310  
 5315  
 5320  
 5325  
 5330  
 5335  
 5340  
 5345  
 5350  
 5355  
 5360  
 5365  
 5370  
 5375  
 5380  
 5385  
 5390  
 5395  
 5400  
 5405  
 5410  
 5415  
 5420  
 5425  
 5430  
 5435  
 5440  
 5445  
 5450  
 5455  
 5460  
 5465  
 5470  
 5475  
 5480  
 5485  
 5490  
 5495  
 5500  
 5505  
 5510  
 5515  
 5520  
 5525  
 5530  
 5535  
 5540  
 5545  
 5550  
 5555  
 5560  
 5565  
 5570  
 5575  
 5580  
 5585  
 5590  
 5595  
 5600  
 5605  
 5610  
 5615  
 5620  
 5625  
 5630  
 5635  
 5640  
 5645  
 5650  
 5655  
 5660  
 5665  
 5670  
 5675  
 5680  
 5685  
 5690  
 5695  
 5700  
 5705  
 5710  
 5715  
 5720  
 5725  
 5730  
 5735  
 5740  
 5745  
 5750  
 5755  
 5760  
 5765  
 5770  
 5775  
 5780  
 5785  
 5790  
 5795  
 5800  
 5805  
 5810  
 5815  
 5820  
 5825  
 5830  
 5835  
 5840  
 5845  
 5850  
 5855  
 5860  
 5865  
 5870  
 5875  
 5880  
 5885  
 5890  
 5895  
 5900  
 5905  
 5910  
 5915  
 5920  
 5925  
 5930  
 5935  
 5940  
 5945  
 5950  
 5955  
 5960  
 5965  
 5970  
 5975  
 5980  
 5985  
 5990  
 5995  
 6000  
 6005  
 6010  
 6015  
 6020  
 6025  
 6030  
 6035  
 6040  
 6045  
 6050  
 6055  
 6060  
 6065  
 6070  
 6075  
 6080  
 6085  
 6090  
 6095  
 6100  
 6105  
 6110  
 6115  
 6120  
 6125  
 6130  
 6135  
 6140  
 6145  
 6150  
 6155  
 6160  
 6165  
 6170  
 6175  
 6180  
 6185  
 6190  
 6195  
 6200  
 6205  
 6210  
 6215  
 6220  
 6225  
 6230  
 6235  
 6240  
 6245  
 6250  
 6255  
 6260  
 6265  
 6270  
 6275  
 6280  
 6285  
 6290  
 6295  
 6300  
 6305  
 6310  
 6315  
 6320  
 6325  
 6330  
 6335  
 6340  
 6345  
 6350  
 6355  
 6360  
 6365  
 6370  
 6375  
 6380  
 6385  
 6390  
 6395  
 6400  
 6405  
 6410  
 6415  
 6420  
 6425  
 6430  
 6435  
 6440  
 6445  
 6450  
 6455  
 6460  
 6465  
 6470  
 6475  
 6480  
 6485  
 6490  
 6495  
 6500  
 6505  
 6510  
 6515  
 6520  
 6525  
 6530  
 6535  
 6540  
 6545  
 6550  
 6555  
 6560  
 6565  
 6570  
 6575  
 6580  
 6585  
 6590  
 6595  
 6600  
 6605  
 6610  
 6615  
 6620  
 6625  
 6630  
 6635  
 6640  
 6645  
 6650  
 6655  
 6660  
 6665  
 6670  
 6675  
 6680  
 6685  
 6690  
 6695  
 6700  
 6705  
 6710  
 6715  
 6720  
 6725  
 6730  
 6735  
 6740  
 6745  
 6750  
 6755  
 6760  
 6765  
 6770  
 6775  
 6780  
 6785  
 6790  
 6795  
 6800  
 6805  
 6810  
 6815  
 6820  
 6825  
 6830  
 6835  
 6840  
 6845  
 6850  
 6855  
 6860  
 6865  
 6870  
 6875

Analysatoreinheit.

**[0017]** Die Umlenkeinrichtung teilt den Teilchenstrahl in Teilstrahlen auf. Dabei wird der Strahl vor Passage der Umlenkeinrichtung hier auch als gemeinsamer (Teilchen-) Strahl bezeichnet, dies in Abgrenzung zu den Teilstrahlen, die sich bei und/oder nach Passage der Umlenkeinrichtung ausbilden.

**[0018]** Grundsätzlich kann das Vakuumsystem beispielsweise auch mehrere Umlenkeinrichtungen, zum Beispiel jeweils mit vorteilhafter Führung eines Teilstrahls in einen pumpaktiven Bereich einer Vakuumpumpe, aufweisen. Allgemein können, beispielsweise auch neben einer Umlenkeinrichtung, auch verschiedenste andere Filterelemente zum Einsatz kommen, wie zum Beispiel eine Blende und/oder ein Quadrupol.

**[0019]** Gemäß einer Ausführungsform ist vorgesehen, dass der Strahl zumindest mit einer Richtungskomponente in Pumprichtung in den pumpaktiven Bereich geführt ist. Hierdurch wird die Pumpwirkung des pumpaktiven Bereichs unterstützt und die Moleküle des Strahls werden besonders wirksam abgeführt.

**[0020]** Insbesondere kann es vorgesehen sein, dass der erste Teilstrahl nicht in den pumpaktiven Bereich geführt ist. Alternativ oder zusätzlich kann der erste Teilstrahl zu einem Bereich außerhalb der Vakuumpumpe geführt sein. Insbesondere kann der erste Teilstrahl zu einer Analysatoreinheit geführt sein, beispielsweise direkt oder durch wenigstens ein weiteres Filterelement, insbesondere eine Blende, hindurch. Grundsätzlich kann der erste Teilstrahl an einem Gehäuse der Vakuumpumpe vorbei oder durch ein solches hindurchgeführt sein.

**[0021]** Allgemein kann die Vakuumpumpe einen Rotor umfassen, der zur Rotation um eine Rotorachse antreibbar ist. Ein aktives Pumpelement der Vakuumpumpe bzw. des pumpaktiven Bereichs kann mit dem Rotor gekoppelt sein, sodass der Rotor das Pumpelement antreibt. Der Strahl kann insbesondere in einen aktiven Rotorbereich des Rotors bzw. des aktiven Pumpelements geführt sein.

**[0022]** Gemäß einer weiteren Ausführungsform ist vorgesehen, dass eine Pumprichtung und/oder eine Rotorachse eines aktiven Pumpelements und/oder der Vakuumpumpe schräg in Bezug auf eine Richtung des Strahls, insbesondere vor Passage einer oder der Umlenkeinrichtung, ausgerichtet ist. Hierdurch kann der Strahl und insbesondere ein in Bezug auf einen gemeinsamen Strahl geradeaus gerichteter, zweiter Teilstrahl besonders vorteilhaft im Hinblick auf die Pumpwirkung in den pumpaktiven Bereich geführt werden. Zudem ist eine derartige Anordnung im Hinblick auf den Bauraum besonders vorteilhaft. Insbesondere kann ein Winkel zwischen einer Pumprichtung und/oder einer Rotorachse des aktiven Pumpelements und/oder der Vakuumpumpe und einer Richtung des Strahls, insbesondere vor Passage einer oder der Umlenkeinrichtung, im Bereich von 40° bis 60° liegen, bevorzugt im Bereich von 50° bis 55°. Diese Werte werden durch die Teilchengeschwindigkeit, die Rotorschaufelumlaufgeschwindigkeit im

"Zielbereich" des Strahls und den dortigen Rotorschaufelwinkel bzw. Anstellwinkel beeinflusst. Der Winkel kann fallbezogen dreidimensional optimiert werden.

**[0023]** Bevorzugt kann eine Pumprichtung und/oder eine Rotorachse des aktiven Pumpelements und/oder der Vakuumpumpe schräg in Bezug auf eine Richtung des ersten und/oder des zweiten Teilstrahls nach Passage der Umlenkeinrichtung ausgerichtet sein. Auch dies ist förderlich für eine kompakte Bauweise.

**[0024]** Allgemein kann die Vakuumpumpe beispielsweise ein- oder mehrstufig ausgebildet sein. Mehrstufig bedeutet, dass die Vakuumpumpe wenigstens zwei Pumpstufen aufweist. Wenigstens zwei Pumpstufen können bevorzugt in Reihe geschaltet sein. Die Pumpstufen können beispielsweise durch einen gemeinsamen Rotor angetrieben sein.

**[0025]** Bei einer Ausführungsform ist vorgesehen, dass die Vakuumpumpe wenigstens zwei, bevorzugt in Reihe geschaltete, Pumpstufen aufweist, wobei, insbesondere in Pumprichtung, zwischen den Pumpstufen ein Zwischenstufenbereich angeordnet ist. Über diesen Zwischenstufenbereich können die Pumpstufen insbesondere beabstandet sein. Der Strahl ist bevorzugt durch den Zwischenstufenbereich geführt. Grundsätzlich kann der Strahl, insbesondere ein zweiter Teilstrahl, in eine Pumpstufe geführt sein, die insbesondere in Pumprichtung stromabwärts des Zwischenstufenbereichs angeordnet ist. Somit werden einerseits eine besonders kompakte Bauform und andererseits eine besonders gute Abführung der Teilchen, insbesondere von Schmutzpartikeln, ermöglicht.

**[0026]** Eine Pumpstufe ist insbesondere durch ein aktives Pumpelement definiert, insbesondere in Zusammenarbeit mit einem statischen und/oder passiven Element. Bei einer Turbomolekularpumpe bildet somit eine umfängliche Reihe von Rotorschaufeln, insbesondere einer Turborotorscheibe, insbesondere in Zusammenarbeit mit einer Statorscheibe, eine Pumpstufe. In diesem Zusammenhang sei erwähnt, dass ein Turborotor grundsätzlich beispielsweise mit mehreren einteilig verbundenen Schaufelreihen ausgeführt sein kann und/oder ein oder mehrere Turborotorscheiben aufweisen kann.

**[0027]** Der Strahl kann allgemein bevorzugt in den Wirkbereich des aktiven Pumpelements und/oder auf ein drehendes Element, beispielsweise eine Turborotorscheibe, gerichtet sein.

**[0028]** Der erste Teilstrahl kann bevorzugt nach Passage des Zwischenstufenbereichs und/oder einer Umlenkeinrichtung aus der Vakuumpumpe herausgeführt sein, beispielsweise zu einer Analysatoreinheit. Allgemein kann eine Analysatoreinheit zum Beispiel als Detektor ausgebildet sein.

**[0029]** Gemäß einer Weiterbildung ist vorgesehen, dass die Vakuumpumpe am Zwischenstufenbereich einen ersten Zwischenanschluss zum Eintritt des Strahls in den Zwischenstufenbereich und/oder einen zweiten Zwischenanschluss zum Austritt des ersten Teilstrahls

aus dem Zwischenstufenbereich aufweist. Der erste und/oder der zweite Zwischenanschluss können beispielsweise einen, insbesondere eigenen, Flansch aufweisen.

**[0030]** Die Zwischenanschlüsse können bevorzugt, insbesondere in Bezug auf eine Rotorachse und/oder Pumprichtung, zumindest im Wesentlichen gegenüberliegend voneinander angeordnet sein. Der, insbesondere gemeinsame, Strahl und/oder der erste Teilstrahl können somit vorteilhaft in den Zwischenstufenbereich eintreten bzw. hieraus austreten. Die Zwischenanschlüsse sind aber nicht notwendigerweise exakt radial gegenüberliegend, d. h. um 180° um die Rotorachse versetzt, angeordnet. Bevorzugt ist hingegen eine außermittige Verbindungsachse der Zwischenanschlüsse, die insbesondere an einem Rotorkern vorbeiführt. Hierdurch wird eine besonders vorteilhafte Gasführung ermöglicht. Gleichwohl sind radial gegenüberliegende Zwischenanschlüsse grundsätzlich möglich, insbesondere in Verbindung mit einer Umlenkeinrichtung, die den Gasstrahl zumindest teilweise um einen Rotorkern herum umlenkt.

**[0031]** Bevorzugt können die Zwischenanschlüsse separat voneinander ausgebildet und/oder in Umfangsrichtung beabstandet angeordnet sein. Dabei erstreckt sich vorzugsweise eine Gehäusewand in Umfangsrichtung zwischen den Zwischenanschlüssen, insbesondere über wenigstens 20°, bevorzugt wenigstens 35°. Durch die Trennung der Zwischenanschlüsse wird die Güte des ersten Teilstrahls weiter verbessert.

**[0032]** Eine Umlenkeinrichtung kann beispielsweise ein magnetisches und/oder elektrisches Feld aufweisen. Ein magnetisches Feld kann beispielsweise durch einen Dauermagneten oder zum Beispiel auch durch einen Elektromagneten bereitgestellt werden. Ein magnetisches und/oder elektrisches Feld bewirkt die unterschiedliche Ablenkung von geladenen Teilchen, insbesondere in Abhängigkeit von ihrer Masse. Entsprechend kann die Umlenkeinrichtung eine Felderzeugungseinrichtung aufweisen, wie z.B. einen Magneten oder eine Elektrode.

**[0033]** Die Umlenkeinrichtung kann bevorzugt im oder am Zwischenstufenbereich wirksam und/oder angeordnet sein. Der Begriff "wirksam" bezieht sich insbesondere auf das elektrische und/oder magnetische Feld der Umlenkeinrichtung, also allgemein auf ihren Wirkbereich. Die Umlenkeinrichtung kann beispielsweise auch Komponenten, wie z.B. eine Felderzeugungseinrichtung, außerhalb ihres Wirkbereichs aufweisen. Folglich bezieht sich der Begriff "angeordnet" zumindest auch auf den Wirkbereich der Umlenkeinrichtung. Insbesondere kann ein elektrisches und/oder magnetisches Feld der Umlenkeinrichtung im und oder am Zwischenstufenbereich angeordnet sein. Alternativ oder zusätzlich kann eine Umlenkeinrichtung bzw. ein elektrisches und/oder magnetisches Feld beispielsweise auch radial außerhalb des Zwischenstufenbereichs, beispielsweise am oder im Bereich eines Zwischenanschlusses, insbesondere desjenigen Zwischenanschlusses zum Eintritt des gemeinsa-

men Strahls, angeordnet sein.

**[0034]** Die Anordnung einer, insbesondere (elektro-)magnetischen, Umlenkeinrichtung im Bereich wenigstens eines der Zwischenanschlüsse ist ebenfalls vorteilhaft möglich. Sowohl eine Anordnung von passiven und/oder permanentmagnetischen als auch von aktiven Umlenkelementen ist einerseits im Vakuumbereich oder andererseits auch außerhalb des Vakuumbereichs bzw. in Atmosphäre möglich. So kann eine Umlenkeinrichtung bzw. ein Umlenkelement z.B. im Bereich des Pumpengehäuses und/oder außen am Pumpengehäuse angeordnet werden. Grundsätzlich kann auch die Umlenkeinrichtung selbst außerhalb des Vakuumbereichs derart angeordnet sein, dass sie im Vakuumbereich wirksam ist, dass sich also insbesondere ein elektrisches und/oder magnetisches Feld in den Vakuumbereich, insbesondere in den Zwischenstufenbereich, erstreckt.

**[0035]** Es können beispielsweise auch mehrere Umlenkeinrichtungen vorgesehen sein, auch im oder am Zwischenstufenbereich. So können zum Beispiel zwei Umlenkeinrichtungen bei, in oder an den jeweiligen Zwischenanschlüssen vorgesehen sein. Die Verwendung von mehreren Umlenkeinrichtungen ist insbesondere im Hinblick auf den Bauraum vorteilhaft. So muss nicht eine große Umlenkeinrichtung vorgesehen sein, die die gewünschte Umlenkung vollständig erfüllt, sondern die gewünschte Umlenkung kann auf mehrere Umlenkeinrichtungen aufgeteilt werden, die in der Folge kleiner ausgeführt werden können. So lassen sich diese günstiger im Hinblick auf den insgesamt nötigen Bauraum anordnen.

**[0036]** Allgemein vorteilhaft ist es, wenn ein magnetisches und/oder elektrisches Feld einer Umlenkeinrichtung die rotierenden Teile eines Rotors möglichst wenig durchdringt. In diesem Zusammenhang erweisen sich mehrere und/oder kleine Umlenkeinrichtungen, die bevorzugt auch außerhalb des Zwischenstufenbereichs angeordnet sein können, als vorteilhaft. So können Wirbelstromverluste im Rotor und eine hiermit einhergehende, unerwünschte Erwärmung im Rotor verringert werden.

**[0037]** Der Strahl kann bevorzugt außermittig in Bezug auf eine Rotorachse der Vakuumpumpe ausgerichtet sein und/oder an einem, insbesondere nicht pumpaktiven, Rotorkern vorbeigeführt sein. Dies gilt insbesondere für den gemeinsamen Strahl, also vor Passage der Umlenkeinrichtung, und/oder für den ersten und/oder zweiten Teilstrahl.

**[0038]** Vorteilhafterweise kann es vorgesehen sein, dass der Strahl, insbesondere der zweite Teilstrahl, in einer die Pumpwirkung unterstützenden Richtung in den pumpaktiven Bereich geführt ist. Somit kann unter Ausnutzung des zugrunde liegenden Pumpprinzips der Strahl derart in den pumpaktiven Bereich geführt werden, dass die Teilchen des Strahls besonders zuverlässig eingefangen werden. Im Fall einer Turbomolekularvakuum-pumpe bzw. Turbopumpstufe kann der Strahl bevorzugt eine Richtung aufweisen, die bei Eintritt in den pumpaktiven Bereich zumindest mit einer Komponente entgegen der Drehrichtung des Turborotors verläuft. Der Strahl

läuft somit den Rotorscheaufeln entgegen. Dabei hat der Strahl bevorzugt außerdem eine Richtungskomponente in Pumprichtung bzw. parallel zur Rotorachse in Richtung des Auslasses. Auch wenn eine gegenläufige Einleitung des Strahls vorteilhaft ist, versteht es sich, dass es ebenso und in gewisser Hinsicht ebenfalls vorteilhaft möglich ist, dass der Strahl mitläufig mit den Rotorscheaufeln in den pumpaktiven Bereich geführt ist, also mit einer Richtungskomponente in Drehrichtung der Rotorscheaufeln. Grundsätzlich ist auch eine Einleitung des Strahls parallel zur Rotorachse, also weder gegen- noch mitläufig, möglich.

**[0039]** Besonders vorteilhaft ist insbesondere bei einer Turbomolekularpumpe eine Eintrittsrichtung des Strahls entgegen dem lokalen Drehrichtungssinn des Rotors, so dass die Teilchen bestenfalls die erste Rotorscheibe ohne Schaufelkontakt passieren können und erst an der darunter liegenden Statorscheibe einen Erstkontakt mit anschließender Ablenkung in der üblichen Kosinusverteilung im molekularen Druckbereich erhalten. Allgemein bevorzugt kann der Strahl derart geführt sein, dass seine Teilchen möglichst ohne Kollision mit als Rotorelementen ausgebildeten Pumpelementen, wie zum Beispiel Turborotorscheaufeln, von diesen eingefangen werden. Vorzugsweise sollen also möglichst viele Teilchen des Strahls die Ebene der Turborotorscheaufeln ohne Kollision durchtreten können. Hierzu wird der Strahl insbesondere unter Berücksichtigung seiner Teilchengeschwindigkeit, des Anstellwinkels der Rotorscheaufeln und/oder der Drehgeschwindigkeit des Rotors bzw. der Rotorscheaufeln ausgerichtet.

**[0040]** Auch die Wahl des Eintrittspunkts des Strahls in den pumpaktiven Bereich in Relation zum aktiven Rotorscheibendurchmesser bzw. zu den effektiven Außen- und Innendurchmessern der Rotorscheaufeln unterliegt der Optimierung, da damit der erste Ablenkpunkt an einer dahinter liegenden Statorscheibe maßgeblich mitbestimmt wird. Dieser Ablenkpunkt sollte vorteilhaft innerhalb eines gedachten Ringzylinders in axialer Fortführung des von den Rotorscheaufeln überstrichenen Bereichs liegen, so dass ein optimales Weiterpumpen erfolgen kann. Zum Beispiel kann es vorgesehen sein, dass das aktive Pumpelement durch eine Turborotorscheibe mit mehreren über den Umfang der Turborotorscheibe verteilt angeordneten Rotorscheaufeln gebildet ist, wobei die Rotorscheaufeln eine radiale Erstreckung von einem radial inneren Ende zu einem radial äußeren Ende der Rotorscheaufeln aufweisen. Dabei kann bevorzugt der Strahl auf einen radialen Bereich der Rotorscheaufeln geführt sein, der vom radial inneren Ende und/oder vom radial äußeren Ende der Rotorscheaufeln um wenigstens ein Viertel der radialen Erstreckung beabstandet ist. Insbesondere kann der Strahl etwa radial mittig oder etwa bei einem Drittel der radialen Erstreckung gemessen vom radial äußeren Ende der Rotorscheaufeln auf diese geführt sein. Diese Merkmale dienen dazu, möglichst viele Teilchen des Strahls, insbesondere des zweiten Teilstrahls bzw. möglichst viele Schmutz-

artikel, einfangen zu können.

**[0041]** In dieser Hinsicht ebenfalls vorteilhaft aber unabhängig hiervon kann es vorgesehen sein, dass das pumpaktive Element ein Rotorelement ist, wobei der Strahl derart in den pumpaktiven Bereich des Rotorelements geführt ist, dass an einem Eintrittspunkt des Strahls in den pumpaktiven Bereich der Strahl eine Richtung, insbesondere in Bezug auf einen Querschnitt senkrecht zur Rotorachse, aufweist, die nach außen, tangential oder nach innen gerichtet ist.

**[0042]** Bei weiteren Ausführungsformen ist vorgesehen, dass das aktive Pumpelement durch eine Turborotorscheibe mit mehreren über den Umfang der Turborotorscheibe verteilt angeordneten Rotorscheaufeln gebildet ist, wobei die Rotorscheaufeln einen Anstellwinkel in Bezug auf die Rotorachse aufweisen und wobei der Strahl beim Eintritt in den pumpaktiven Bereich flacher angestellt ist als die Rotorscheaufeln, entsprechend den Rotorscheaufeln angestellt ist oder steiler angestellt ist als die Rotorscheaufeln. Ein vorteilhafter Winkel unterliegt der Optimierung und ist abhängig von vielen Randbedingungen.

**[0043]** Gemäß einer weiteren Ausführungsform ist vorgesehen, dass die Vakuumpumpe mehrstufig ausgebildet ist, der zweite Teilstrahl in eine Pumpstufe geführt ist und der erste Teilstrahl in eine Kammer geführt ist, die an einer weiteren, insbesondere in Pumprichtung vorgeschalteten, insbesondere in Pumprichtung ersten, Pumpstufe der Vakuumpumpe angeschlossen ist. Diese Ausführungsform erlaubt eine besonders kompakte Bauweise bei gleichzeitig hoher Güte des ersten Teilstrahls, indem dieselbe Vakuumpumpe einerseits den zweiten Teilstrahl einfängt und andererseits die Kammer evakuiert. Die Pumpstufe, in die der zweite Teilstrahl geführt ist, ist insbesondere in Pumprichtung der an die Kammer angeschlossenen, insbesondere ersten, Pumpstufe nachgeordnet und schließt sich insbesondere in Pumprichtung an einen Zwischenstufenbereich an, insbesondere durch den der Strahl hindurchgeleitet ist.

**[0044]** Die Vakuumpumpe kann zum Beispiel allgemein als Molekularpumpe ausgebildet sein, zum Beispiel als Turbomolekularpumpe und/oder Holweckpumpe. Grundsätzlich kann die Vakuumpumpe auch als Kryopumpe ausgebildet sein. Schließlich sind Kombinationen verschiedener Pumpentypen, beispielsweise in Form von unterschiedlichen Pumpstufen, vorteilhaft.

**[0045]** Die Aufgabe der Erfindung wird auch gelöst durch eine Vakuumpumpe nach dem hierauf gerichteten, unabhängigen Anspruch. Die Vakuumpumpe umfasst wenigstens zwei, insbesondere in Reihe geschaltete, Pumpstufen, wobei, insbesondere in Pumprichtung, zwischen den Pumpstufen ein Zwischenstufenbereich angeordnet ist. Die Vakuumpumpe weist am Zwischenstufenbereich einen ersten Zwischenanschluss zum Eintritt eines Teilchenstrahls in den Zwischenstufenbereich und einen zweiten Zwischenanschluss zum Austritt eines Teilchenstrahls aus dem Zwischenstufenbereich auf. Die Zwischenanschlüsse sind in Umfangsrichtung voneinander

der getrennt und beabstandet. Die Trennung und beabstandete Anordnung der Zwischenanschlüsse verbessert die Qualität des austretenden, ersten Teilstrahls und somit das Analyseergebnis.

**[0046]** Insbesondere können am Zwischenstufenbereich genau zwei Zwischenanschlüsse vorgesehen sein. Grundsätzlich sind aber auch mehr als zwei Zwischenanschlüsse am Zwischenstufenbereich möglich. Wenigstens einer der Zwischenanschlüsse, bevorzugt beide Zwischenanschlüsse, kann beispielsweise einen eigenen Flansch aufweisen.

**[0047]** Außerdem können grundsätzlich auch mehrere Zwischenstufenbereiche mit Durchleitung des Teilchenstrahls vorgesehen sein.

**[0048]** Die Zwischenanschlüsse sind in Umfangsrichtung voneinander getrennt und beabstandet, insbesondere wobei sich eine Gehäusewand in Umfangsrichtung zwischen den Zwischenanschlüssen erstreckt. Die Gehäusewand erstreckt sich bevorzugt in Umfangsrichtung über einen Winkelbereich von wenigstens 20°, insbesondere wenigstens 40°, in Bezug auf eine Zentral- und/oder Rotorachse.

**[0049]** Gemäß einer Ausführungsform ist vorgesehen, dass die Zwischenanschlüsse derart angeordnet sind, dass sich keine gerade Linie durch die Zwischenanschlüsse legen lässt. Die Zwischenanschlüsse sind demnach nicht "optisch durchsichtig" und man kann durch die Zwischenanschlüsse nicht "geradeaus durchgucken".

**[0050]** Allgemein können die Zwischenanschlüsse bevorzugt pfeilförmig angeordnet bzw. ausgerichtet sein, wobei die Pfeilrichtung bevorzugt im Wesentlichen in Pumprichtung der Vakuumpumpe zeigt.

**[0051]** Beispielsweise kann wenigstens einer der Zwischenanschlüsse eine Flanschebene aufweisen, die schräg in Bezug auf eine Rotorachse angeordnet ist. Ein Winkel zwischen der Flanschebene und der Rotorachse kann dabei bevorzugt im Bereich von 40° bis 60° liegen. Insbesondere können beide Zwischenanschlüsse schräg und insbesondere mit dem angegebenen Winkelbereich zur Rotorachse angeordnet sein.

**[0052]** Ein Teilchenstrahl ist durch den Zwischenstufenbereich derart hindurchführbar, dass ein Teil des Strahls, nämlich ein erster Teilstrahl, wieder aus dem Zwischenstufenbereich austritt und dass ein anderer Teil des Strahls, nämlich ein zweiter Teilstrahl, in einen pumpaktiven Bereich der Vakuumpumpe geführt ist.

**[0053]** Die Vakuumpumpe umfasst gemäß einer Ausführungsform eine Umlenkeinrichtung für einen Teilchenstrahl im Zwischenstufenbereich, mittels derer der Strahl in wenigstens zwei Teilstrahlen aufteilbar ist und die dazu eingerichtet ist, dass ein erster Teilstrahl zum zweiten Zwischenanschluss, und insbesondere durch diesen hindurch zu einer Analysatoreinheit, geführt ist und ein zweiter Teilstrahl in eine dem Zwischenstufenbereich nachgeordnete Pumpstufe geführt ist.

**[0054]** Die Zwischenanschlüsse können mit Vorteil zumindest im Wesentlichen gegenüberliegend angeordnet

sein, dabei bevorzugt nicht radial gegenüberliegend, sondern mit einer in Bezug auf einen Pumpenquerschnitt außermittig verlaufenden Verbindungslinie.

**[0055]** Die Aufgabe wird auch gelöst durch ein Gasanalyseverfahren, insbesondere Massenspektrometrie- verfahren, nach dem hierauf gerichteten Anspruch. Insbesondere wird dieses Verfahren mit einem Vakuumsystem wie hierin offenbart und/oder mit einer Vakuumpumpe wie hierin offenbart durchgeführt. Dabei wird eine bzw. die Vakuumpumpe mit einem pumpaktiven Bereich, in dem ein Gas mittels eines aktiven Pumpelements förderbar ist, bereitgestellt, ein Strahl von zu analysierenden Teilchen erzeugt und der Strahl mittels einer Umlenkeinrichtung derart umgelenkt, dass unterschiedliche Bestandteile des Strahls unterschiedlich abgelenkt werden, sodass wenigstens ein erster und ein zweiter Teilstrahl ausgebildet werden, wobei der zweite Teilstrahl in den pumpaktiven Bereich der Vakuumpumpe geführt wird, und wobei der erste Teilstrahl nicht in den pumpaktiven Bereich der Vakuumpumpe geführt, sondern analysiert wird.

**[0056]** Es versteht sich, dass das erfindungsgemäße Vakuumsystem und seine Ausführungsformen durch die Merkmale der erfindungsgemäßen Vakuumpumpe und des Gasanalyseverfahrens sowie ihrer Ausführungsformen einzeln und in Kombination zumindest sinngemäß vorteilhaft weitergebildet werden können, und umgekehrt.

**[0057]** Nachfolgend wird die Erfindung beispielhaft anhand vorteilhafter Ausführungsformen unter Bezugnahme auf die beigefügten Figuren beschrieben. Es zeigen, jeweils schematisch:

- |    |              |  |
|----|--------------|--|
| 35 | Fig. 1       | eine perspektivische Ansicht einer Turbomolekularpumpe,  |
|    | Fig. 2       | eine Ansicht der Unterseite der Turbomolekularpumpe von Fig. 1,                                  |
| 40 | Fig. 3       | einen Querschnitt der Turbomolekularpumpe längs der in Fig. 2 gezeigten Schnittlinie A-A,        |
| 45 | Fig. 4       | eine Querschnittsansicht der Turbomolekularpumpe längs der in Fig. 2 gezeigten Schnittlinie B-B, |
|    | Fig. 5       | eine Querschnittsansicht der Turbomolekularpumpe längs der in Fig. 2 gezeigten Schnittlinie C-C, |
| 50 | Fig. 6 bis 9 | schematisch verschiedene Ausführungsformen eines erfindungsgemäßen Vakuumsystems,                |
| 55 | Fig. 10      | eine Vakuumpumpe im Querschnitt mit einer Umlenkeinrichtung,                                     |

Fig. 11 eine mehrstufige Vakuumpumpe mit Zwischenanschlüssen,

Fig. 12 bis 14 verschiedene Ausrichtungsmöglichkeiten für den Strahl in Bezug auf einen Rotor einer Turbomolekularpumpe.

**[0058]** Die in Fig. 1 gezeigte Turbomolekularpumpe 111 umfasst einen von einem Einlassflansch 113 umgebenen Pumpeneinlass 115, an welchen in an sich bekannter Weise ein nicht dargestellter Rezipient angeschlossen werden kann. Das Gas aus dem Rezipienten kann über den Pumpeneinlass 115 aus dem Rezipienten gesaugt und durch die Pumpe hindurch zu einem Pumpenauslass 117 gefördert werden, an den eine Vorvakuumpumpe, wie etwa eine Drehschieberpumpe, angeschlossen sein kann.

**[0059]** Der Einlassflansch 113 bildet bei der Ausrichtung der Vakuumpumpe gemäß Fig. 1 das obere Ende des Gehäuses 119 der Turbomolekularpumpe 111. Das Gehäuse 119 umfasst ein Unterteil 121, an welchem seitlich ein Elektronikgehäuse 123 angeordnet ist. In dem Elektronikgehäuse 123 sind elektrische und/oder elektronische Komponenten der Vakuumpumpe 111 untergebracht, z.B. zum Betreiben eines in der Vakuumpumpe angeordneten Elektromotors 125. Am Elektronikgehäuse 123 sind mehrere Anschlüsse 127 für Zubehör vorgesehen. Außerdem sind eine Datenschnittstelle 129, z.B. gemäß dem RS485-Standard, und ein Stromversorgungsanschluss 131 am Elektronikgehäuse 123 angeordnet.

**[0060]** Am Gehäuse 119 der Turbomolekularpumpe 111 ist ein Fluteinlass 133, insbesondere in Form eines Flutventils, vorgesehen, über den die Vakuumpumpe 111 geflutet werden kann. Im Bereich des Unterteils 121 ist ferner noch ein Sperrgasanschluss 135, der auch als Spülgasanschluss bezeichnet wird, angeordnet, über welchen Spülgas zum Schutz des Elektromotors 125 (siehe z.B. Fig. 3) vor dem von der Pumpe geförderten Gas in den Motorraum 137, in welchem der Elektromotor 125 in der Vakuumpumpe 111 untergebracht ist, gebracht werden kann. Im Unterteil 121 sind ferner noch zwei Kühlmittelanschlüsse 139 angeordnet, wobei einer der Kühlmittelanschlüsse als Einlass und der andere Kühlmittelanschluss als Auslass für Kühlmittel vorgesehen ist, das zu Kühlzwecken in die Vakuumpumpe geleitet werden kann.

**[0061]** Die untere Seite 141 der Vakuumpumpe kann als Standfläche dienen, sodass die Vakuumpumpe 111 auf der Unterseite 141 stehend betrieben werden kann. Die Vakuumpumpe 111 kann aber auch über den Einlassflansch 113 an einem Rezipienten befestigt werden und somit gewissermaßen hängend betrieben werden. Außerdem kann die Vakuumpumpe 111 so gestaltet sein, dass sie auch in Betrieb genommen werden kann, wenn sie auf andere Weise ausgerichtet ist als in Fig. 1 gezeigt ist. Es lassen sich auch Ausführungsformen der Vakuumpumpe realisieren, bei der die Unterseite 141 nicht nach unten, sondern zur Seite gewandt oder nach

oben gerichtet angeordnet werden kann.

**[0062]** An der Unterseite 141, die in Fig. 2 dargestellt ist, sind noch diverse Schrauben 143 angeordnet, mittels denen hier nicht weiter spezifizierte Bauteile der Vakuumpumpe aneinander befestigt sind. Beispielsweise ist ein Lagerdeckel 145 an der Unterseite 141 befestigt.

**[0063]** An der Unterseite 141 sind außerdem Befestigungsbohrungen 147 angeordnet, über welche die Pumpe 111 beispielsweise an einer Auflagefläche befestigt werden kann.

**[0064]** In den Figuren 2 bis 5 ist eine Kühlmittelleitung 148 dargestellt, in welcher das über die Kühlmittelanschlüsse 139 ein- und ausgeleitete Kühlmittel zirkulieren kann.

**[0065]** Wie die Schnittdarstellungen der Figuren 3 bis 5 zeigen, umfasst die Vakuumpumpe mehrere Prozessgaspumpstufen zur Förderung des an dem Pumpeneinlass 115 anstehenden Prozessgases zu dem Pumpenauslass 117.

**[0066]** In dem Gehäuse 119 ist ein Rotor 149 angeordnet, der eine um eine Rotationsachse 151 drehbare Rotorwelle 153 aufweist.

**[0067]** Die Turbomolekularpumpe 111 umfasst mehrere pumpwirksam miteinander in Serie geschaltete turbomolekulare Pumpstufen mit mehreren an der Rotorwelle 153 befestigten radialen Rotorscheiben 155 und zwischen den Rotorscheiben 155 angeordneten und in dem Gehäuse 119 festgelegten Statorscheiben 157. Dabei bilden eine Rotorscheibe 155 und eine benachbarte Statorscheibe 157 jeweils eine turbomolekulare Pumpstufe. Die Statorscheiben 157 sind durch Abstandsringe 159 in einem gewünschten axialen Abstand zueinander gehalten.

**[0068]** Die Vakuumpumpe umfasst außerdem in radialer Richtung ineinander angeordnete und pumpwirksam miteinander in Serie geschaltete Holweck-Pumpstufen. Der Rotor der Holweck-Pumpstufen umfasst eine an der Rotorwelle 153 angeordnete Rotornabe 161 und zwei an der Rotornabe 161 befestigte und von dieser getragene zylindermantelförmige Holweck-Rotorhülsen 163, 165, die coaxial zur Rotationsachse 151 orientiert und in radialer Richtung ineinander geschachtelt sind. Ferner sind zwei zylindermantelförmige Holweck-Statorhülsen 167, 169 vorgesehen, die ebenfalls coaxial zu der Rotationsachse 151 orientiert und in radialer Richtung gesehen ineinander geschachtelt sind.

**[0069]** Die pumpaktiven Oberflächen der Holweck-Pumpstufen sind durch die Mantelflächen, also durch die radialen Innen- und/oder Außenflächen, der Holweck-Rotorhülsen 163, 165 und der Holweck-Statorhülsen 167, 169 gebildet. Die radiale Innenfläche der äußeren Holweck-Statorhülse 167 liegt der radialen Außenfläche der äußeren Holweck-Rotorhülse 163 unter Ausbildung eines radialen Holweck-Spalts 171 gegenüber und bildet mit dieser die der Turbomolekularpumpen nachfolgende erste Holweck-Pumpstufe. Die radiale Innenfläche der äußeren Holweck-Rotorhülse 163 steht der radialen Außenfläche der inneren Holweck-Statorhülse 169 unter

Ausbildung eines radialen Holweck-Spalts 173 gegenüber und bildet mit dieser eine zweite Holweck-Pumpstufe. Die radiale Innenfläche der inneren Holweck-Statorhülse 169 liegt der radialen Außenfläche der inneren Holweck-Rotorhülse 165 unter Ausbildung eines radialen Holweck-Spalts 175 gegenüber und bildet mit dieser die dritte Holweck-Pumpstufe.

**[0070]** Am unteren Ende der Holweck-Rotorhülse 163 kann ein radial verlaufender Kanal vorgesehen sein, über den der radial außenliegende Holweck-Spalt 171 mit dem mittleren Holweck-Spalt 173 verbunden ist. Außerdem kann am oberen Ende der inneren Holweck-Statorhülse 169 ein radial verlaufender Kanal vorgesehen sein, über den der mittlere Holweck-Spalt 173 mit dem radial innenliegenden Holweck-Spalt 175 verbunden ist. Dadurch werden die ineinander geschachtelten Holweck-Pumpstufen in Serie miteinander geschaltet. Am unteren Ende der radial innenliegenden Holweck-Rotorhülse 165 kann ferner ein Verbindungskanal 179 zum Auslass 117 vorgesehen sein.

**[0071]** Die vorstehend genannten pumpaktiven Oberflächen der Holweck-Statorhülsen 163, 165 weisen jeweils mehrere spiralförmig um die Rotationsachse 151 herum in axialer Richtung verlaufende Holweck-Nuten auf, während die gegenüberliegenden Mantelflächen der Holweck-Rotorhülsen 163, 165 glatt ausgebildet sind und das Gas zum Betrieb der Vakuumpumpe 111 in den Holweck-Nuten vorantreiben.

**[0072]** Zur drehbaren Lagerung der Rotorwelle 153 sind ein Wälzlager 181 im Bereich des Pumpenauslasses 117 und ein Permanentmagnetlager 183 im Bereich des Pumpeneinlasses 115 vorgesehen.

**[0073]** Im Bereich des Wälzlagers 181 ist an der Rotorwelle 153 eine konische Spritzmutter 185 mit einem zu dem Wälzlager 181 hin zunehmenden Außendurchmesser vorgesehen. Die Spritzmutter 185 steht mit mindestens einem Abstreifer eines Betriebsmittelspeichers in gleitendem Kontakt. Der Betriebsmittelspeicher umfasst mehrere aufeinander gestapelte saugfähige Scheiben 187, die mit einem Betriebsmittel für das Wälzlager 181, z.B. mit einem Schmiermittel, getränkt sind.

**[0074]** Im Betrieb der Vakuumpumpe 111 wird das Betriebsmittel durch kapillare Wirkung von dem Betriebsmittelspeicher über den Abstreifer auf die rotierende Spritzmutter 185 übertragen und in Folge der Zentrifugalkraft entlang der Spritzmutter 185 in Richtung des größer werdenden Außendurchmessers der Spritzmutter 185 zu dem Wälzlager 181 hin gefördert, wo es z.B. eine schmierende Funktion erfüllt. Das Wälzlager 181 und der Betriebsmittelspeicher sind durch einen wannenförmigen Einsatz 189 und den Lagerdeckel 145 in der Vakuumpumpe eingefasst.

**[0075]** Das Permanentmagnetlager 183 umfasst eine rotorseitige Lagerhälfte 191 und eine statorseitige Lagerhälfte 193, welche jeweils einen Ringstapel aus mehreren in axialer Richtung aufeinander gestapelten permanentmagnetischen Ringen 195, 197 umfassen. Die Ringmagnete 195, 197 liegen einander unter Ausbildung ei-

nes radialen Lagerspalts 199 gegenüber, wobei die rotorseitigen Ringmagnete 195 radial außen und die statorseitigen Ringmagnete 197 radial innen angeordnet sind. Das in dem Lagerspalt 199 vorhandene magnetische Feld ruft magnetische Abstoßungskräfte zwischen den Ringmagneten 195, 197 hervor, welche eine radiale Lagerung der Rotorwelle 153 bewirken. Die rotorseitigen Ringmagnete 195 sind von einem Trägerabschnitt 201 der Rotorwelle 153 getragen, welcher die Ringmagnete 195 radial außenseitig umgibt. Die statorseitigen Ringmagnete 197 sind von einem statorseitigen Trägerabschnitt 203 getragen, welcher sich durch die Ringmagnete 197 hindurch erstreckt und an radialen Streben 205 des Gehäuses 119 aufgehängt ist. Parallel zu der Rotationsachse 151 sind die rotorseitigen Ringmagnete 195 durch ein mit dem Trägerabschnitt 203 gekoppeltes Deckelelement 207 festgelegt. Die statorseitigen Ringmagnete 197 sind parallel zu der Rotationsachse 151 in der einen Richtung durch einen mit dem Trägerabschnitt 203 verbundenen Befestigungsring 209 sowie einen mit dem Trägerabschnitt 203 verbundenen Befestigungsring 211 festgelegt. Zwischen dem Befestigungsring 211 und den Ringmagneten 197 kann außerdem eine Tellerfeder 213 vorgesehen sein.

**[0076]** Innerhalb des Magnetlagers ist ein Not- bzw. Fanglager 215 vorgesehen, welches im normalen Betrieb der Vakuumpumpe 111 ohne Berührung leer läuft und erst bei einer übermäßigen radialen Auslenkung des Rotors 149 relativ zu dem Stator in Eingriff gelangt, um einen radialen Anschlag für den Rotor 149 zu bilden, da eine Kollision der rotorseitigen Strukturen mit den statorseitigen Strukturen verhindert wird. Das Fanglager 215 ist als ungeschmiertes Wälzlager ausgebildet und bildet mit dem Rotor 149 und/oder dem Stator einen radialen Spalt, welcher bewirkt, dass das Fanglager 215 im normalen Pumpbetrieb außer Eingriff ist. Die radiale Auslenkung, bei der das Fanglager 215 in Eingriff gelangt, ist groß genug bemessen, sodass das Fanglager 215 im normalen Betrieb der Vakuumpumpe nicht in Eingriff gelangt, und gleichzeitig klein genug, sodass eine Kollision der rotorseitigen Strukturen mit den statorseitigen Strukturen unter allen Umständen verhindert wird.

**[0077]** Die Vakuumpumpe 111 umfasst den Elektromotor 125 zum drehenden Antreiben des Rotors 149. Der Anker des Elektromotors 125 ist durch den Rotor 149 gebildet, dessen Rotorwelle 153 sich durch den Motorstator 217 hindurch erstreckt. Auf den sich durch den Motorstator 217 hindurch erstreckenden Abschnitt der Rotorwelle 153 kann radial außenseitig oder eingebettet eine Permanentmagnetanordnung angeordnet sein. Zwischen dem Motorstator 217 und dem sich durch den Motorstator 217 hindurch erstreckenden Abschnitt des Rotors 149 ist ein Zwischenraum 219 angeordnet, welcher einen radialen Motorspalt umfasst, über den sich der Motorstator 217 und die Permanentmagnetanordnung zur Übertragung des Antriebsmoments magnetisch beeinflussen können.

**[0078]** Der Motorstator 217 ist in dem Gehäuse inner-

halb des für den Elektromotor 125 vorgesehenen Motorraums 137 festgelegt. Über den Sperrgasanschluss 135 kann ein Sperrgas, das auch als Spülgas bezeichnet wird, und bei dem es sich beispielsweise um Luft oder um Stickstoff handeln kann, in den Motorraum 137 gelangen. Über das Sperrgas kann der Elektromotor 125 vor Prozessgas, z.B. vor korrosiv wirkenden Anteilen des Prozessgases, geschützt werden. Der Motorraum 137 kann auch über den Pumpenauslass 117 evakuiert werden, d.h. im Motorraum 137 herrscht zumindest annäherungsweise der von der am Pumpenauslass 117 angeschlossenen Vorvakuumpumpe bewirkte Vakuumdruck.

**[0079]** Zwischen der Rotornabe 161 und einer den Motorraum 137 begrenzenden Wandung 221 kann außerdem eine sog. und an sich bekannte Labyrinthdichtung 223 vorgesehen sein, insbesondere um eine bessere Abdichtung des Motorraums 217 gegenüber den radial außerhalb liegenden Holweck-Pumpstufen zu erreichen.

**[0080]** Die nachfolgend beschriebenen Pumpen und Systeme sind stark schematisiert und vereinfacht dargestellt. Sie sind zwecks praktischer Umsetzung vorteilhaft mit einzelnen oder mehreren Merkmalen der vorstehend insbesondere anhand der Fig. 1 bis 5 beschriebenen Pumpe ausführbar.

**[0081]** In Fig. 6 ist ein Gasanalysesystem 20 gezeigt, welches eine Vakuumpumpe 22, eine Umlenkeinrichtung 24 für einen Teilchenstrahl 26 sowie eine Analysatoreinheit 28 umfasst. Die Umlenkeinrichtung 24 ist dazu eingerichtet, den Strahl 26 in wenigstens einen ersten Teilstrahl 30 und einen zweiten Teilstrahl 32 aufzuteilen, indem die Bestandteile der betreffenden Teilstrahlen durch die Umlenkeinrichtung 24 unterschiedlich stark abgelenkt werden.

**[0082]** Die Umlenkeinrichtung 24 ist hier lediglich durch einen Kreis angedeutet, der ein durch die Umlenkeinrichtung 24 erzeugtes Magnetfeld oder elektrisches Feld symbolisiert.

**[0083]** Die Moleküle des Strahls 26 vor Passage der Umlenkeinrichtung 24, also des gemeinsamen Strahls, haben eine bestimmte Geschwindigkeit und sind teilweise geladen. Im Feld der Umlenkeinrichtung 24 werden die Moleküle insbesondere in Abhängigkeit von ihrer Masse und ihrer Ladung (bei unterschiedlicher Geschwindigkeit auch abhängig von dieser) unterschiedlich stark abgelenkt. Ungeladene Moleküle werden nicht abgelenkt und fliegen geradeaus. Diese Moleküle bilden hier den zweiten Teilstrahl 32, der hier und im Folgenden gepunktet dargestellt ist.

**[0084]** Geladene Teilchen einer bestimmten Art werden entsprechend der gestrichelten Linie des ersten Teilstrahls 30 abgelenkt und sind zu der Analysatoreinheit 28 geführt. Diese Teilchen sind es, die durch die Analysatoreinheit 28 zu detektieren sind. Die Teilchen des zweiten Teilstrahls 32 bilden in diesem Zusammenhang Schmutzpartikel und sind im Bereich der Analysatoreinheit 28 nicht erwünscht.

**[0085]** Es versteht sich, dass typische Teilchenstrahlen 26 von Gasanalysesystemen meist mehr als zwei

Bestandteile, also mehr als zwei verschiedene Molekülararten aufweisen. Folglich werden typischerweise nicht lediglich zwei diskrete Teilstrahlen 30, 32 ausgebildet, sondern tatsächlich bildet sich ein ganzer Fächer von Teilstrahlen aus. Dieser Fächer enthält zum großen Teil Schmutzpartikel, also Teilstrahlen, die nicht zur Analysatoreinheit 28 geführt werden sollen. Das Ziel ist es, möglichst viele Schmutzpartikel und möglichst viele zweite Teilstrahlen, die Schmutzpartikel umfassen, in einen pumpaktiven Bereich 34 der Vakuumpumpe 22 zu führen. Hierdurch werden die Schmutzpartikel aktiv abgeführt und eine Kontamination des ersten Teilstrahls 30 sowie des Bereichs der Analysatoreinheit 28 wird reduziert.

**[0086]** Der pumpaktive Bereich 34 ist hier zumindest durch eine in Pumprichtung der Vakuumpumpe 22 erste Turborotorscheibe 36 gebildet und konkret durch deren über den Umfang verteilt angeordnete Rotorscheaufeln. Die Vakuumpumpe 22 umfasst beispielhaft mehrere Turborotorscheiben 36, allgemein Turbokstufen, sowie eine Holweckstufe 38.

**[0087]** Bei der Ausführungsform der Fig. 6 ist der zweite Teilstrahl 32 parallel zur Rotorachse 40 der Vakuumpumpe 22 und parallel zu deren Pumprichtung in den pumpaktiven Bereich 34 geführt. Bei der Ausführungsform der Fig. 7 ist der zweite Teilstrahl 32 hingegen schräg zur Rotorachse 40 in den pumpaktiven Bereich 34 geführt. In Fig. 7 ist zudem eine Blende 42 für den ersten Teilstrahl 30 angedeutet, die der Umlenkeinrichtung 24 nachgeschaltet ist und die Selektion der Teilstrahlen weiter verbessert.

**[0088]** Insbesondere mit Blick auf die Fig. 6 und 7 lässt sich außerdem eine nicht separat dargestellte, gleichwohl hiermit offenbarte erfindungsgemäße Ausführungsform eines Vakuumsystems beschreiben, bei der keine Umlenkeinrichtung vorgesehen ist und bei der keine Teilstrahlen ausgebildet werden. Dabei wird insbesondere der Strahl 26 in den pumpaktiven Bereich der Pumpstufe 36 geführt, wobei der Weg des Strahls 26 insbesondere demjenigen des zweiten Teilstrahls 32 bzw. dem gepunkteten Pfeil entspricht. Die Teilchen des in die Pumpstufe 36 geführten Strahls 26 bzw. 32 werden direkt von der Pumpstufe 36 eingefangen und vorteilhaft abgeführt, unabhängig davon, ob zuvor Teile des Strahls 26 umgelenkt wurden.

**[0089]** In Fig. 8 ist ein Gasanalysesystem 20 mit einer mehrstufigen Vakuumpumpe 22 dargestellt, wobei der Strahl 26 bzw. die Teilstrahlen 30 und 32 durch einen Zwischenstufenbereich 44 geführt sind. Dabei ist der zweite Teilstrahl 32 in einen pumpaktiven Bereich einer dem Zwischenstufenbereich 44 in Pumprichtung nachgeordneten Turborotorscheibe 36 geführt.

**[0090]** Der gemeinsame Strahl 26 ist in den Zwischenstufenbereich 44 durch einen ersten Zwischenanschluss 46 geführt. Der erste Teilstrahl 30 tritt aus dem Zwischenstufenbereich 44 durch einen zweiten Zwischenanschluss 48 aus.

**[0091]** Die Umlenkeinrichtung 24 ist im Zwischenstu-

fenbereich 44 angeordnet bzw. wirksam und bewirkt dort die Aufteilung des gemeinsamen Strahls 26 in die Teilstrahlen 30, 32.

**[0092]** Bei der Ausführungsform der Fig. 8 ist der Zwischenanschluss 48 an eine Kammer 50 angeschlossen. In dieser Kammer 50 befindet sich die Analysatoreinheit 28 und der erste Teilstrahl 30 ist durch den Zwischenanschluss 48 zu der Analysatoreinheit 28 geführt. Die Kammer 50 ist zudem an einen Einlass 52 der Vakuumpumpe 22 angeschlossen, wobei in dieser Ausführungsform ein weiterer Satz von Turborotorscheiben 54 am Einlass 52 angeordnet ist und die Kammer 50 evakuiert.

**[0093]** Die Turborotorscheiben 36 und 54 sind auf einer gemeinsamen Rotorwelle 56 angeordnet, auf der sich in diesem Beispiel auch ein Holweckrotor der Holweck-pumpstufe 38 befindet.

**[0094]** Die Vakuumpumpe 22 wird in dieser Ausführungsform einerseits zur verbesserten Auftrennung der Teilstrahlen 30 und 32 eingesetzt, indem die Moleküle des zweiten Teilstrahls 32 aktiv abgeführt werden und somit der erste Teilstrahl 30 gewissermaßen gereinigt wird. Andererseits dient die Vakuumpumpe 22 gleichzeitig der Evakuierung der Kammer 50, in der sich die Analysatoreinheit 28 befindet. Hieraus ergibt sich eine äußerst kompakte Bauweise bei vorteilhafter Analysegenauigkeit.

**[0095]** Bei der gezeigten Ausführungsform sind zudem der gemeinsame Strahl 26 und der erste Teilstrahl 30 schräg in Bezug auf die Rotorachse bzw. die Rotorwelle 56 ausgerichtet. Aus Fig. 8 ergibt sich, dass dies ebenfalls der kompakten Bauweise zuträglich ist.

**[0096]** Allgemein und am Beispiel der Fig. 8 anschaulich nachvollziehbar gilt, dass der gemeinsame Teilchenstrahl 26 auch Moleküle umfassen kann, die stärker geladen sind und/oder leichter sind als diejenigen des ersten Teilstrahls 30. Allgemein kann der gemeinsame Strahl 26 also Moleküle umfassen, die noch stärker abgelenkt werden als der erste Teilstrahl 30. Ein hieraus resultierender, der Übersichtlichkeit halber in den Figuren nicht gezeigter, dritter Teilstrahl wird durch die Umlenkeinrichtung 24 also entgegen der Pumprichtung auf die in Pumprichtung letzte der Turborotorscheiben 54 geführt. Auch dieser dritte Teilstrahl ist damit auf einen pumpaktiven Bereich geführt, anders als der zweite Teilstrahl 32 allerdings nicht in Pumprichtung, sondern entgegen der Pumprichtung. Gleichwohl verleiht die betreffende Turborotorscheibe 54 bzw. deren Rotorscheaufeln den Molekülen des dritten Teilstrahls eine Vorzugsrichtung in Pumprichtung, sodass auch diese Moleküle aktiv abgeführt werden. Bei diesen Molekülen ist zwar dann eine Kollision mit den Molekülen des ersten Teilstrahls 30 möglich. Gleichwohl wird insgesamt die Wahrscheinlichkeit verringert, dass die Moleküle des dritten Teilstrahls durch den Zwischenanschluss 48 austreten bzw. zur Analysatoreinheit 28 gelangen. Auch in Bezug auf den dritten Teilstrahl wird somit das Analyseergebnis verbessert.

**[0097]** Grundsätzlich kann der dritte Teilstrahl auch auf

eine Statorscheibe geführt sein, die der letzten der Turborotorscheiben 54 nachgeordnet ist. In diesem Zusammenhang sei erwähnt, dass in den Figuren 6 bis 14 keine Statorscheiben gezeigt sind, dass jedoch allgemein vorteilhaft eine solche einer jeweiligen Turborotorscheibe zugeordnet, insbesondere nachgeordnet, ist. Auch eine Statorscheibe als Scheibe, auf welche der dritte Teilstrahl trifft, ist grundsätzlich vorteilhaft in diesem Zusammenhang, wenngleich sie auch nicht aktiv wirkt. Denn ihre dem Zwischenstufenbereich 44 zugewandte Oberfläche gibt eine vorteilhafte Desorptionsrichtungsverteilung für ein daran haftendes Teilchen vor, wobei die Wahrscheinlichkeit für eine Desorption mit Bewegungskomponente in Pumprichtung hoch ist.

**[0098]** Wie bereits angedeutet, bilden sich zwischen dem ersten Teilstrahl 30 und dem zweiten Teilstrahl 32 einerseits sowie zwischen dem ersten Teilstrahl 30 und dem vorstehend beschriebenen dritten Teilstrahl in der Praxis zahlreiche weitere Teilstrahlen aus, die im Wesentlichen fächerartig ausgerichtet sind. Einige dieser Teilstrahlen landen auf passiven Bauteilen, insbesondere auf einer Gehäuseinnenwand. Diese Moleküle desorbieren von der Gehäuseinnenwand mit statistischer Richtungsverteilung, was allgemein ungünstig im Hinblick auf das Ziel ist, möglichst wenige Schmutzpartikel zu der Analysatoreinheit 28 gelangen zu lassen. Folglich gilt es, möglichst viele Teilstrahlen und möglichst viele Moleküle, die vom ersten Teilstrahl 30 verschieden sind, also möglichst viele Schmutzpartikel, zu einem pumpaktiven Bereich der Vakuumpumpe 22, insbesondere zu den Turborotorscheaufeln, zu führen.

**[0099]** Die Ausführungsform der Fig. 9 ist derjenigen der Fig. 8 insgesamt ähnlich, zeichnet sich aber dadurch aus, dass hier zwei Umlenkeinrichtungen 24 im Zwischenstufenbereich 44 vorgesehen sind, dies im Gegensatz zu der beispielhaft einzigen Umlenkeinrichtung 24 der Ausführungsform der Fig. 8.

**[0100]** Eine in Richtung des Strahls 26 erste Umlenkeinrichtung 24 trennt die Teilstrahlen 30 und 32 auf. Die nachgeordnete Umlenkeinrichtung 24 dient hingegen lediglich der weiteren Umlenkung bzw. weiteren Reinigung des ersten Teilstrahls 30. Grundsätzlich sind verschiedene Anordnungen von Umlenkeinrichtungen möglich.

**[0101]** Die Felder der zwei Umlenkeinrichtungen 24 der Ausführungsform der Fig. 9 durchdringen den Rotor der Vakuumpumpe 22 und dessen rotierende Teile in deutlich geringerem Maße, als das Feld der Umlenkeinrichtung 24 der Ausführungsform der Fig. 8. Es ergeben sich somit bei dieser Ausführungsform deutlich geringere Wirbelstromverluste und somit eine geringere Erwärmung des Rotors.

**[0102]** In Fig. 10 ist eine Vakuumpumpe 22, zum Beispiel diejenige der Ausführungsform der Fig. 8, im Querschnitt dargestellt, wobei die Schnittebene senkrecht zu einer Rotorwelle 56 ausgerichtet und insbesondere auf axialer Höhe eines Zwischenstufenbereichs 44 angeordnet ist. An dem Zwischenstufenbereich 44 sind ein erster Zwischenanschluss 46 und ein zweiter Zwischenan-

schluss 48 vorgesehen. Diese sind separat voneinander ausgeführt und in Umfangsrichtung in Bezug auf die Rotorwelle 56 beabstandet. In Umfangsrichtung zwischen den Zwischenanschlüssen 46 und 48 erstreckt sich eine Gehäusewand 58 der Vakuumpumpe 22. Zwischen der Gehäusewand 58 und der Rotorwelle ist ein Umlenkeinrichtung 24 wirksam.

**[0103]** Die Zwischenanschlüsse 46 und 48 sind gegenüberliegend voneinander angeordnet, nämlich derart, dass eine Verbindungslinie außermittig an der Rotorwelle 56 vorbei verläuft.

**[0104]** Ein Strahl 26 ist durch eine hier durchgehend dargestellte Linie angedeutet. Denn aufgrund der gewählten Perspektive sind hier der erste Teilstrahl 30 und der zweite Teilstrahl 32 nicht separat sichtbar, sondern liegen übereinander. Es versteht sich aber, dass die hier gewählte Strahlausrichtung, mit Strahlebene parallel zur Rotorachse bzw. zur Rotorwelle 56, beispielhaft ist.

**[0105]** Der gemeinsame Strahl 26 tritt durch den ersten Zwischenanschluss in den Zwischenstufenbereich 44 ein und gelangt in den Wirkbereich der Umlenkeinrichtung 24. Dort wird der Strahl 26 in die Teilstrahlen 30, 32 aufgeteilt, wobei der erste Teilstrahl 30 durch den zweiten Zwischenanschluss 48 aus dem Zwischenstufenbereich 44 herausgeführt ist.

**[0106]** Der zweite Teilstrahl 32 ist auf den pumpaktiven Bereich der sichtbaren Turborotorscheibe 36, konkret auf den von den mehreren Rotorscheaufeln 60 überstrichenen Bereich geführt. Bevorzugt verläuft die Rotationsrichtung der Rotorwelle 56 bzw. der Turborotorscheibe 36 hier mit dem Uhrzeigersinn.

**[0107]** Fig. 11 zeigt eine Vakuumpumpe 22 mit Zwischenanschlüssen 46 und 48 an einem Zwischenstufenbereich 44. Ein jeweiliger Zwischenanschluss 46 umfasst einen Flansch 62 bzw. 64 zum dichten Anschluss der Zwischenanschlüsse 46, 48 an weitere Komponenten. Der Flansch 62 weist eine Flanschebene 66 auf, die schräg zur Rotorachse 40 verläuft. Auch der Flansch 64 weist eine Flanschebene 68 auf, die schräg zur Rotorachse 40 ausgerichtet ist.

**[0108]** Die Zwischenanschlüsse 46 und 48 sind derart angeordnet, dass sich keine gerade Linie durch die Zwischenanschlüsse legen lässt, dass die Zwischenanschlüsse also nicht optisch durchsichtig sind.

**[0109]** Die Zwischenanschlüsse 46 und 48 sind in dieser Ausführungsform pfeilförmig angeordnet. Typischerweise werden mögliche Winkel der Zwischenanschlüsse und/oder Flanschebenen in Bezug auf die Rotorachse mit denjenigen der Strahlen 26 und 30 korrelieren. Die Winkel der Zwischenanschlüsse und/oder Flanschebenen können aber auch in einem deutlich weiteren Winkelbereich liegen, da gegebenenfalls die eigentliche Umlenkung in der Umgebung der Anschlussebene erfolgen kann und damit eine weitgehend freie Winkelwahl möglich wird.

**[0110]** Die Vakuumpumpe 22 weist einen Einlass 52 auf. Dieser kann zum Beispiel an eine Kammer angeschlossen sein, zum Beispiel ebenfalls über einen

Flansch. Dabei kann die Flanschebene zum Beispiel senkrecht zur Rotorachse 40 verlaufen oder ebenfalls schräg verlaufen. Zum Beispiel kann die Flanschebene des Einlasses 52 auch parallel zu derjenigen des Flansches 64 ausgerichtet sein, sodass die Pumpe 22 mit den Anschlüssen 48 und 52 vorteilhaft an ein Kammergehäuse angeschlossen werden kann.

**[0111]** In Fig. 12 ist eine Rotorwelle 56 mit Rotorscheaufeln 60 einer Turborotorscheibe im Querschnitt dargestellt. Eine Drehrichtung ist entgegen dem Uhrzeigersinn angedeutet. Unterschiedlich ausgerichtete zweite Teilstrahlen 32 sind durch Pfeile angedeutet. Der Bezug auf zweite Teilstrahlen 32 ist hier und im Folgenden beispielhaft und zur erleichterten Anknüpfung an die vorstehend beschriebenen Beispiele mit Umlenkeinrichtung gewählt. Es versteht sich, dass die mit Bezug auf die Fig. 12 bis 14 veranschaulichten Möglichkeiten der Strahlausrichtung auch für einen Strahl im Allgemeinen Gültigkeit besitzen, unabhängig davon, ob dieser zuvor separiert und/oder umgelenkt wurde.

**[0112]** Ein Eintrittspunkt in den pumpaktiven Bereich ist in Fig. 12 jeweils durch das Pfeilende der gepunkteten Pfeile angedeutet. Dabei ist eine Rotorscheaufel 60 zwecks Illustration genau bei einer den Eintrittspunkten entsprechenden Drehstellung gezeigt. Der zweite Teilstrahl 32.1 ist derart in den pumpaktiven Bereich geführt, dass an dem Eintrittspunkt der Teilstrahl 32.1 eine Richtung aufweist, die nach innen gerichtet ist. Der zweite Teilstrahl 32.2 ist am Eintrittspunkt tangential in Bezug auf die Rotorwelle 56 ausgerichtet. Der Teilstrahl 32.3 ist am Eintrittspunkt nach außen gerichtet. Mit anderen Worten tritt der Teilstrahl 32.1 in den pumpaktiven Bereich ein, bevor er die Rotorwelle 56 bzw. einen zur Rotorachse nächsten Punkt passiert. Der Teilstrahl 32.3 hat hingegen vor Eintritt in den pumpaktiven Bereich die Rotorwelle 56 passiert. Der Teilstrahl 32.2 tritt in den pumpaktiven Bereich an dem Punkt ein, an dem er die Rotorwelle 56 passiert.

**[0113]** Fig. 13 illustriert weitere Ausrichtungsmöglichkeiten eines Strahls, insbesondere zweiten Teilstrahls, die eine andere Perspektive veranschaulichen und insofern unabhängig oder in Kombination mit den Ausrichtungen gemäß Fig. 12 anwendbar sind.

**[0114]** In Fig. 13 sind mehrere Rotorscheaufeln 60 vereinfacht in einer Reihe dargestellt, wobei eine Rotationsrichtung durch einen Pfeil angedeutet ist und in der Bildebene nach rechts verläuft. Die Rotorscheaufeln 60 weisen einen Anstellwinkel 69 in Bezug auf die Rotorachse 40 auf.

**[0115]** Die zweiten Teilstrahlen 32 können unterschiedlich in Bezug auf die Rotorachse angeordnet sein. So ist beispielsweise der Teilstrahl 32.4 parallel zur Rotorachse ausgerichtet und allgemein steiler als der Anstellwinkel der Rotorscheaufeln ausgerichtet. Der zweite Teilstrahl 32.5 entspricht in seiner Richtung den Rotorscheaufeln 60, ist also entsprechend angestellt. Der zweite Teilstrahl 32.6 ist hingegen flacher als die Rotorscheaufeln 46 angestellt. Nicht dargestellt, aber ebenfalls mög-

lich ist eine mittläufige Strahlausrichtung, also eine Strahlausrichtung mit einer Richtungskomponente in Drehrichtung.

**[0116]** In Fig. 14, die einen Querschnitt des Rotors bzw. der Rotorwelle 56 andeutet, ist eine radiale Erstreckung 70 einer Rotorscheufel 60 gezeigt, welche sich im Betrieb um die Rotorachse dreht, die in Fig. 14 senkrecht zur Bildebene verläuft. Die Rotorscheufel 60 erstreckt sich von einem radial inneren Ende, welches durch einen Rotorkern, eine Rotorwelle 56 und/oder einen Schaufelgrund definiert ist, zu einem radial äußeren Ende. Die radiale Erstreckung 70 bildet einen pumpaktiven Bereich der Rotorscheufel 60 bzw. eines Turborotors. Vorteilhafterweise kann der zweite Teilstrahl 32 auf einen radialen Bereich 72 der Rotorscheufeln 60 geführt sein, der vom radial inneren Ende und/oder vom radial äußeren Ende der Rotorscheufeln um wenigstens ein Viertel der radialen Erstreckung beabstandet ist. Insbesondere kann der zweite Teilstrahl 32 etwa radial mittig oder etwa bei einem Drittel der radialen Erstreckung gemessen vom radial äußeren Ende der Rotorscheufeln 60 auf diese geführt sein.

**[0117]** Es ist somit anschaulich nachvollziehbar, dass durch die Erfindung insbesondere die Schmutzpartikel bzw. solche Moleküle, die nicht der Analysatoreinheit zugeführt werden sollen, vorteilhaft abgeführt werden. Allgemein ermöglicht die erfindungsgemäße Strahlausrichtung eine besonders hohe Einfangwahrscheinlichkeit für die Teilchen des Strahls, der in den pumpaktiven Bereich geführt ist, insbesondere des zweiten Teilstrahls, und insbesondere für solche Teilchen, die nicht zum ersten Teilstrahl gehören. Dabei kommt insbesondere das zumindest im Wesentlichen ganze Saugvermögen der Pumpstufe, insbesondere Turborotorscheibe, zum Tragen, in deren pumpaktiven Bereich der Strahl geführt ist. Der pumpaktive Bereich ist vorteilhaft nah an der Umlenkeinrichtung und somit an dem Ort angeordnet, an dem die Teilstrahlen separiert werden. Somit sind Leitwertverluste zwischen diesem Ort und dem pumpaktiven Bereich klein. Im Stand der Technik mussten teilweise zusätzliche Ablenkungen der Schmutzpartikel auf dem Weg in die Vakuumpumpe in Kauf genommen werden, womit allgemein Leitwertverluste einhergehen. Im Ergebnis ist es also durch die Erfindung möglich, einen besonders großen Teil von Schmutzpartikeln besonders wirksam abzuführen und so insbesondere die Analysegenauigkeit zu verbessern.

#### **Bezugszeichenliste**

**[0118]**

111 Turbomolekularpumpe  
113 Einlassflansch  
115 Pumpeneinlass  
117 Pumpenauslass  
119 Gehäuse  
121 Unterteil  
123 Elektronikgehäuse

125 Elektromotor  
127 Zubehöranschluss  
129 Datenschnittstelle  
131 Stromversorgungsanschluss  
5 133 Fluteinlass  
135 Sperrgasanschluss  
137 Motorraum  
139 Kühlmittelanschluss  
141 Unterseite  
10 143 Schraube  
145 Lagerdeckel  
147 Befestigungsbohrung  
148 Kühlmittelleitung  
149 Rotor  
15 151 Rotationsachse  
153 Rotorwelle  
155 Rotorscheibe  
157 Statorscheibe  
159 Abstandsring  
20 161 Rotornabe  
163 Holweck-Rotorhülse  
165 Holweck-Rotorhülse  
167 Holweck-Statorhülse  
169 Holweck-Statorhülse  
25 171 Holweck-Spalt  
173 Holweck-Spalt  
175 Holweck-Spalt  
179 Verbindungskanal  
181 Wälzlager  
30 183 Permanentmagnetlager  
185 Spritzmutter  
187 Scheibe  
189 Einsatz  
191 rotorseitige Lagerhälfte  
35 193 statorseitige Lagerhälfte  
195 Ringmagnet  
197 Ringmagnet  
199 Lagerspalt  
201 Trägerabschnitt  
40 203 Trägerabschnitt  
205 radiale Strebe  
207 Deckelelement  
209 Stützring  
211 Befestigungsring  
45 213 Tellerfeder  
215 Not- bzw. Fanglager  
217 Motorstator  
219 Zwischenraum  
221 Wandung  
50 223 Labyrinthdichtung  
20 Gasanalysesystem  
22 Vakuumpumpe  
24 Umlenkeinrichtung  
26 Teilchenstrahl  
55 28 Analysatoreinheit  
30 erster Teilstrahl  
32 zweiter Teilstrahl  
34 pumpaktiver Bereich

36 Turborotorscheiben  
 38 Holweckstufe  
 40 Rotorachse  
 42 Blende  
 44 Zwischenstufenbereich  
 46 erster Zwischenanschluss  
 48 zweiter Zwischenanschluss  
 50 Kammer  
 52 Einlass  
 54 Turborotorscheiben  
 56 Rotorwelle  
 58 Gehäusewand  
 60 Rotorschaukel  
 62 Flansch  
 64 Flansch  
 66 Flanschebene  
 68 Flanschebene  
 69 Anstellwinkel  
 70 radiale Erstreckung  
 72 Radialbereich

#### Patentansprüche

1. Vakuumsystem (20), insbesondere Massenspektrometriesystem, umfassend:

eine Vakuumpumpe (22) mit einem pumpaktiven Bereich (34), in dem ein Gas mittels eines aktiven Pumpelements (36) förderbar ist, und eine Einrichtung zum Erzeugen eines Strahls (26, 32) von Teilchen, **dadurch gekennzeichnet,**

**dass** der Strahl (26, 32) in den pumpaktiven Bereich (34) geführt ist.

2. Vakuumsystem (20) nach Anspruch 1,

umfassend eine Umlenkeinrichtung (24), mittels derer der Strahl (26) derart umlenkbar ist, dass unterschiedliche Bestandteile des Strahls (26) unterschiedlich abgelenkt werden, sodass wenigstens ein erster und ein zweiter Teilstrahl (30, 32) ausbildbar sind, wobei der zweite Teilstrahl (32) in den pumpaktiven Bereich (34) geführt ist, und/oder wobei der Strahl, insbesondere der zweite Teilstrahl (32), zumindest mit einer Richtungskomponente in Pumprichtung in den pumpaktiven Bereich (34) geführt ist.

3. Vakuumsystem (20) nach Anspruch 2, wobei der erste Teilstrahl (30) nicht in den pumpaktiven Bereich (34) und/oder wobei der erste Teilstrahl (30) zu einem Bereich außerhalb der Vakuumpumpe (22) geführt ist.

4. Vakuumsystem (20) nach wenigstens einem der vorstehenden Ansprüche, wobei eine Pumprichtung und/oder eine Rotorachse (40) des aktiven Pumpelements (36) und/oder der Vakuumpumpe (22) schräg in Bezug auf eine Richtung des Strahls (26), insbesondere vor Passage einer Umlenkeinrichtung (24), ausgerichtet ist, insbesondere wobei ein Winkel zwischen einer Pumprichtung und/oder einer Rotorachse des aktiven Pumpelements und/oder der Vakuumpumpe und einer Richtung des Strahls (26) im Bereich von 40° bis 60° liegt.

5. Vakuumsystem (20) nach wenigstens einem der Ansprüche 2 bis 4, wobei eine Pumprichtung und/oder eine Rotorachse (40) des aktiven Pumpelements (36) und/oder der Vakuumpumpe (22) schräg in Bezug auf eine Richtung des ersten und/oder des zweiten Teilstrahls (30, 32) nach Passage der Umlenkeinrichtung (24) ausgerichtet ist.

6. Vakuumsystem (20) nach wenigstens einem der vorstehenden Ansprüche, wobei die Vakuumpumpe (22) wenigstens zwei Pumpstufen (36, 54) aufweist, wobei zwischen den Pumpstufen (36, 54) ein Zwischenstufenbereich (44) angeordnet ist,

wobei der Strahl durch den Zwischenstufenbereich (44) geführt ist und/oder in eine Pumpstufe (36) geführt ist, die in Pumprichtung stromabwärts des Zwischenstufenbereichs (44) angeordnet ist, insbesondere wobei ein erster Teilstrahl (32) nach Passage des Zwischenstufenbereichs (44) aus der Vakuumpumpe (22) herausgeführt ist.

7. Vakuumsystem (20) nach Anspruch 6, wobei die Vakuumpumpe (22) am Zwischenstufenbereich (44) einen ersten Zwischenanschluss (46) zum Eintritt des Strahls (26) in den Zwischenstufenbereich (44) und einen zweiten Zwischenanschluss (48) zum Austritt eines ersten Teilstrahls (30) aus dem Zwischenstufenbereich (44) aufweist.

8. Vakuumsystem (20) nach Anspruch 7,

wobei die Zwischenanschlüsse (46, 48) zumindest im Wesentlichen gegenüberliegend voneinander angeordnet sind und/oder wobei die Zwischenanschlüsse (46, 48) separat voneinander ausgebildet und/oder in Umfangsrichtung getrennt und beabstandet angeordnet sind.

9. Vakuumsystem (20) nach Anspruch 2 und wenigstens einem der Ansprüche 6 bis 8,

wobei die Umlenkeinrichtung (24) im oder am Zwischenstufenbereich (44) wirksam und/oder angeordnet ist.

10. Vakuumsystem (20) nach wenigstens einem der vorstehenden Ansprüche, wobei der Strahl (26, 32) außermittig in Bezug auf eine Rotorachse (40) der Vakuumpumpe (22) ausgerichtet ist und/oder an einem, insbesondere nicht pumpaktiven, Rotorkern vorbeigeführt ist. 5 10
11. Vakuumsystem (20) nach wenigstens einem der vorstehenden Ansprüche, wobei der Strahl (26, 32) in einer die Pumpwirkung unterstützenden Richtung in den pumpaktiven Bereich (34) geführt ist, insbesondere gegenläufig zu einer Drehrichtung einer Turborotorscheibe (36). 15
12. Vakuumsystem (20) nach wenigstens einem der Ansprüche 2 bis 11, wobei die Vakuumpumpe (22) mehrstufig ausgebildet ist, der zweite Teilstrahl (32) in eine Pumpstufe (36) geführt ist und der erste Teilstrahl (30) in eine Kammer (50) geführt ist, die an einer weiteren Pumpstufe (54) der Vakuumpumpe (22) angeschlossen ist. 20 25
13. Vakuumpumpe (22), insbesondere Turbomolekularvakuumpumpe, umfassend wenigstens zwei Pumpstufen (36, 54), wobei zwischen den Pumpstufen (36, 54) ein Zwischenstufenbereich (44) angeordnet ist, wobei die Vakuumpumpe (22) am Zwischenstufenbereich (44) einen ersten Zwischenanschluss (46) zum Eintritt eines Teilchenstrahls (26) in den Zwischenstufenbereich (44) und einen zweiten Zwischenanschluss (48) zum Austritt eines Teilchenstrahls (30) aus dem Zwischenstufenbereich (44) aufweist, 30 35
 

wobei der eintretende Teilchenstrahl (26) durch den Zwischenstufenbereich derart hindurchführbar ist, dass der aus dem zweiten Zwischenanschluss (48) austretende Teilchenstrahl (30) als erster Teilstrahl (30) des eintretenden Teilchenstrahls (26) wieder aus dem Zwischenstufenbereich (44) austritt, und dass ein zweiter Teilstrahl (32) des eintretenden Teilchenstrahls (26) in einen pumpaktiven Bereich (34) der Vakuumpumpe geführt ist, wobei die Zwischenanschlüsse (46, 48) in Umfangsrichtung voneinander getrennt und beabstandet sind, insbesondere wobei am Zwischenstufenbereich (44) genau zwei Zwischenanschlüsse (46, 48) vorgesehen sind. 40 45 50
14. Vakuumpumpe (22) nach Anspruch 13, wobei die Zwischenanschlüsse (46, 48) derart angeordnet sind, dass sich keine gerade Linie durch 55

die Zwischenanschlüsse legen lässt.

15. Gasanalyseverfahren, insbesondere Massenspektrometrieverfahren, insbesondere durchgeführt mit einem Vakuumsystem (20) nach einem der Ansprüche 1 bis 12 und/oder mit einer Vakuumpumpe (22) nach Anspruch 13 oder 14, bei dem

eine Vakuumpumpe (22), insbesondere die Vakuumpumpe nach Anspruch 13 oder 14, mit einem pumpaktiven Bereich (34), in dem ein Gas mittels eines aktiven Pumpelements (36) förderbar ist, bereitgestellt wird, ein Strahl (26) von zu analysierenden Teilchen erzeugt wird und der Strahl (26) mittels einer Umlenkeinrichtung (24) derart umgelenkt wird, dass unterschiedliche Bestandteile des Strahls (26) unterschiedlich abgelenkt werden, sodass wenigstens ein erster und ein zweiter Teilstrahl (32) ausgebildet werden, wobei der zweite Teilstrahl (32) in den pumpaktiven Bereich (34) der Vakuumpumpe (22) geführt wird, und wobei der erste Teilstrahl (30) nicht in den pumpaktiven Bereich (34) der Vakuumpumpe (22) geführt, sondern analysiert wird.

## Claims

1. A vacuum system (20), in particular a mass spectrometry system, comprising:

a vacuum pump (22) having a pump-active region (34) in which a gas can be conveyed by means of an active pump element (36), and a device for generating a beam (26, 32) of particles,

## characterized in that

the beam (26, 32) is guided into the pump-active region (34).

2. A vacuum system (20) in accordance with claim 1, comprising a deflection device (24) by means of which the beam (26) can be deflected such that different components of the beam (26) are deflected differently so that at least a first and a second part beam (30, 32) can be formed, wherein the second part beam (32) is guided into the pump-active region (34), and/or wherein the beam, in particular the second part beam (32), is guided into the pump-active region (34) with at least one directional component in the pump direction.
3. A vacuum system (20) in accordance with claim 2,

wherein the first part beam (30) is not guided into the pump-active region (34), and/or wherein the first part beam (30) is guided to a region outside the vacuum pump (22).

4. A vacuum system (20) in accordance with at least one of the preceding claims,

wherein a pump direction and/or a rotor axis (40) of the active pump element (36) and/or of the vacuum pump (22) is/are oriented obliquely with respect to a direction of the beam (26), in particular before passing through a deflection device (24),  
in particular wherein an angle between a pump direction and/or a rotor axis of the active pump element and/or of the vacuum pump and a direction of the beam (26) is in the range from 40° to 60°.

5. A vacuum system (20) in accordance with at least one of the claims 2 to 4, wherein a pump direction and/or a rotor axis (40) of the active pump element (36) and/or of the vacuum pump (22) is/are oriented obliquely with respect to a direction of the first and/or the second part beam (30, 32) after passing through the deflection device (24).

6. A vacuum system (20) in accordance with at least one of the preceding claims,

wherein the vacuum pump (22) has at least two pump stages (36, 54), wherein an intermediate stage region (44) is arranged between the pump stages (36, 54),  
wherein the beam is guided through the intermediate stage region (44) and/or  
is guided into a pump stage (36) which is arranged downstream of the intermediate stage region (44) in the pump direction,  
in particular wherein a first part beam (32) is guided out of the vacuum pump (22) after passing through the intermediate stage region (44).

7. A vacuum system (20) in accordance with claim 6, wherein, at the intermediate stage region (44), the vacuum pump (22) has a first intermediate connection (46) for the entry of the beam (26) into the intermediate stage region (44) and a second intermediate connection (48) for the exit of a first part beam (30) from the intermediate stage region (44).

8. A vacuum system (20) in accordance with claim 7,

wherein the intermediate connections (46, 48) are arranged at least substantially disposed opposite one another,  
and/or wherein the intermediate connections

(46, 48) are formed separately from one another and/or are arranged separately and spaced apart in the peripheral direction.

9. A vacuum system (6) in accordance with claim 2 and at least one of the claims 6 to 8, wherein the deflection device (24) is effective and/or arranged in or at the intermediate stage region (44).

10. A vacuum system (20) in accordance with at least one of the preceding claims, wherein the beam (26, 32) is oriented off-center with respect to a rotor axis (40) of the vacuum pump (22) and/or is guided past a rotor core, in particular a non-pump-active rotor core.

11. A vacuum system (20) in accordance with at least one of the preceding claims, wherein the beam (26, 32) is guided into the pump-active region (34) in a direction supporting the pumping effect, in particular in an opposite sense to a direction of rotation of a turbo-rotor disk (36).

12. A vacuum system (20) in accordance with at least one of the claims 2 to 11, wherein the vacuum pump (22) is of multi-stage design, the second part beam (32) is guided into a pump stage (36) and the first part beam (30) is guided into a chamber (50) which is connected to a further pump stage (54) of the vacuum pump (22).

13. A vacuum pump (22), in particular a turbomolecular vacuum pump, comprising at least two pump stages (36, 54), wherein an intermediate stage region (44) is arranged between the pump stages (36, 54), wherein, at the intermediate stage region (44), the vacuum pump (22) has a first intermediate connection (46) for the entry of a particle beam (26) into the intermediate stage region (44) and a second intermediate connection (48) for the exit of a particle beam (30) from the intermediate stage region (44),

wherein the incoming particle beam (26) can be guided through the intermediate stage region such that the particle beam (30) exiting from the second intermediate connection (48) exits again from the intermediate stage region (44) as a first part beam (30) of the incoming particle beam (26) and such that a second part beam (32) of the incoming particle beam (26) is guided into a pump-active region (34) of the vacuum pump, wherein the intermediate connections (46, 48) are separated and spaced apart from one another in the peripheral direction,  
in particular wherein exactly two intermediate connections (46, 48) are provided at the intermediate stage region (44).

14. A vacuum pump (22) in accordance with claim 13, wherein the intermediate connections (46, 48) are arranged such that no straight line can be laid through the intermediate connections.
15. A gas analysis method, in particular a mass spectrometry method, in particular performed using a vacuum system (20) in accordance with any one of the claims 1 to 12 and/or using a vacuum pump (22) in accordance with claim 13 or claim 14, in which

a vacuum pump (22), in particular the vacuum pump in accordance with claim 13 or claim 14, is provided with a pump-active region (34) in which a gas can be conveyed by means of an active pump element (36), a beam (26) of particles to be analyzed is generated, and the beam (26) is deflected by means of a deflection device (24) such that different components of the beam (26) are deflected differently so that at least a first and a second part beam (32) are formed, wherein the second part beam (32) is guided into the pump-active region (34) of the vacuum pump (22), and wherein the first part beam (30) is not guided into the pump-active region (34) of the vacuum pump (22), but is analyzed.

## Revendications

1. Système à vide (20), en particulier système de spectrométrie de masse, comprenant :

une pompe à vide (22) ayant une zone active en pompage (34) dans laquelle un gaz peut être transporté au moyen d'un élément de pompage actif (36), et un dispositif pour générer un faisceau (26, 32) de particules, **caractérisé en ce que** le faisceau (26, 32) est mené jusque dans la zone active en pompage (34).

2. Système à vide (20) selon la revendication 1,

comportant un dispositif de renvoi (24) permettant de renvoyer le faisceau (26) de telle sorte que différents composants du faisceau (26) sont déviés différemment, de manière à permettre de former au moins un premier et un deuxième faisceau partiel (30, 32), le deuxième faisceau partiel (32) étant mené jusque dans la zone active en pompage (34), et/ou le faisceau, en particulier le deuxième faisceau partiel (32), étant mené jusque dans la zone active en pompage (34) avec au moins une com-

posante directionnelle dans la direction de pompage.

3. Système à vide (20) selon la revendication 2, dans lequel le premier faisceau partiel (30) n'est pas mené jusque dans la zone active en pompage (34) et/ou le premier faisceau partiel (30) est mené vers une zone située à l'extérieur de la pompe à vide (22).
4. Système à vide (20) selon l'une au moins des revendications précédentes, dans lequel une direction de pompage et/ou un axe de rotor (40) de l'élément de pompage actif (36) et/ou de la pompe à vide (22) est orienté(e) en oblique par rapport à une direction du faisceau (26), en particulier avant le passage d'un dispositif de renvoi (24), en particulier, un angle entre une direction de pompage et/ou un axe de rotor de l'élément de pompage actif et/ou de la pompe à vide et une direction du faisceau (26) est compris dans la plage de 40° à 60°.
5. Système à vide (20) selon l'une au moins des revendications 2 à 4, dans lequel une direction de pompage et/ou un axe de rotor (40) de l'élément de pompage actif (36) et/ou de la pompe à vide (22) est orienté(e) en oblique par rapport à une direction du premier et/ou du deuxième faisceau partiel (30, 32), après le passage du dispositif de renvoi (24).
6. Système à vide (20) selon l'une au moins des revendications précédentes, dans lequel la pompe à vide (22) présente au moins deux étages de pompage (36, 54), une zone d'étage intermédiaire (44) étant disposée entre les étages de pompage (36, 54), le faisceau est mené à travers la zone d'étage intermédiaire (44) et/ou est mené jusque dans un étage de pompage (36) disposé en aval de la zone d'étage intermédiaire (44) dans la direction de pompage, en particulier, un premier faisceau partiel (32) est mené hors de la pompe à vide (22), après le passage de la zone d'étage intermédiaire (44).
7. Système à vide (20) selon la revendication 6, dans lequel la pompe à vide (22) présente, au niveau de la zone d'étage intermédiaire (44), un premier raccord intermédiaire (46) pour l'entrée du faisceau (26) dans la zone d'étage intermédiaire (44) et/ou un deuxième raccord intermédiaire (48) pour la sortie d'un premier faisceau partiel (30) hors de la zone d'étage intermédiaire (44).
8. Système à vide (20) selon la revendication 7, dans lequel les raccords intermédiaires (46, 48)

- sont disposés au moins sensiblement en face l'un de l'autre,  
et/ou les raccords intermédiaires (46, 48) sont formés de façon distincte l'un de l'autre et/ou sont disposés de façon séparée et espacée dans la direction circonférentielle. 5
9. Système à vide (20) selon la revendication 2 et l'une au moins des revendications 6 à 8, dans lequel le dispositif de renvoi (24) agit et/ou est disposé dans ou sur la zone d'étage intermédiaire (44). 10
10. Système à vide (20) selon l'une au moins des revendications précédentes, dans lequel le faisceau (26, 32) est orienté de manière excentrée par rapport à un axe de rotor (40) de la pompe à vide (22) et/ou passe devant un noyau de rotor, en particulier non actif en pompage. 15
11. Système à vide (20) selon l'une au moins des revendications précédentes, dans lequel le faisceau (26, 32) est mené jusque dans la zone active en pompage (34) dans une direction favorisant l'effet de pompage, en particulier en sens inverse par rapport à un sens de rotation d'un disque de turbo-rotor (36). 20 25
12. Système à vide (20) selon l'une au moins des revendications 2 à 11, dans lequel la pompe à vide (22) est réalisée en plusieurs étages, le deuxième faisceau partiel (32) est mené jusque dans un étage de pompage (36) et le premier faisceau partiel (30) est mené jusque dans une chambre (50) qui est raccordée à un autre étage de pompage (54) de la pompe à vide (22). 30 35
13. Pompe à vide (22), en particulier pompe à vide turbomoléculaire, comprenant au moins deux étages de pompage (36, 54), 40
- dans laquelle une zone d'étage intermédiaire (44) est disposée entre les étages de pompage (36, 54), la pompe à vide (22) présente, au niveau de la zone d'étage intermédiaire (44), un premier raccord intermédiaire (46) pour l'entrée d'un faisceau de particules (26) dans la zone d'étage intermédiaire (44), et un deuxième raccord intermédiaire (48) pour la sortie d'un faisceau de particules (30) hors de la zone d'étage intermédiaire (44), 45 50
- le faisceau de particules entrant (26) peut être mené à travers la zone d'étage intermédiaire de telle sorte que le faisceau de particules (30) sortant hors du deuxième raccord intermédiaire (48) sort, en tant que premier faisceau partiel (30) du faisceau de particules entrant (26), hors de la zone d'étage intermédiaire (44), et qu'un 55
- deuxième faisceau partiel (32) du faisceau de particules entrant (26) est mené jusque dans une zone active en pompage (34) de la pompe à vide, les raccords intermédiaires (46, 48) sont séparés et espacés l'un de l'autre dans la direction circonférentielle, en particulier, exactement deux raccords intermédiaires (46, 48) sont prévus au niveau de la zone d'étage intermédiaire (44).
14. Pompe à vide (22) selon la revendication 13, dans laquelle les raccords intermédiaires (46, 48) sont disposés de manière à ne pas permettre de tracer une ligne droite à travers les raccords intermédiaires.
15. Procédé d'analyse de gaz, en particulier procédé de spectrométrie de masse, en particulier mis en oeuvre avec un système à vide (20) selon l'une des revendications 1 à 12 et/ou avec une pompe à vide (22) selon la revendication 13 ou 14, dans lequel
- il est prévu une pompe à vide (22), en particulier la pompe à vide selon la revendication 13 ou 14, pourvue d'une zone active en pompage (34) dans laquelle un gaz peut être transporté au moyen d'un élément de pompage actif (36), un faisceau (26) de particules à analyser est généré, et le faisceau (26) est renvoyé au moyen d'un dispositif de renvoi (24) de telle sorte que différents composants du faisceau (26) sont déviés différemment, de manière à former au moins un premier et un deuxième faisceau partiel (32), le deuxième faisceau partiel (32) est mené jusque dans la zone active en pompage (34) de la pompe à vide (22), et le premier faisceau partiel (30) n'est pas mené jusque dans la zone active en pompage (34) de la pompe à vide (22), mais est analysé.

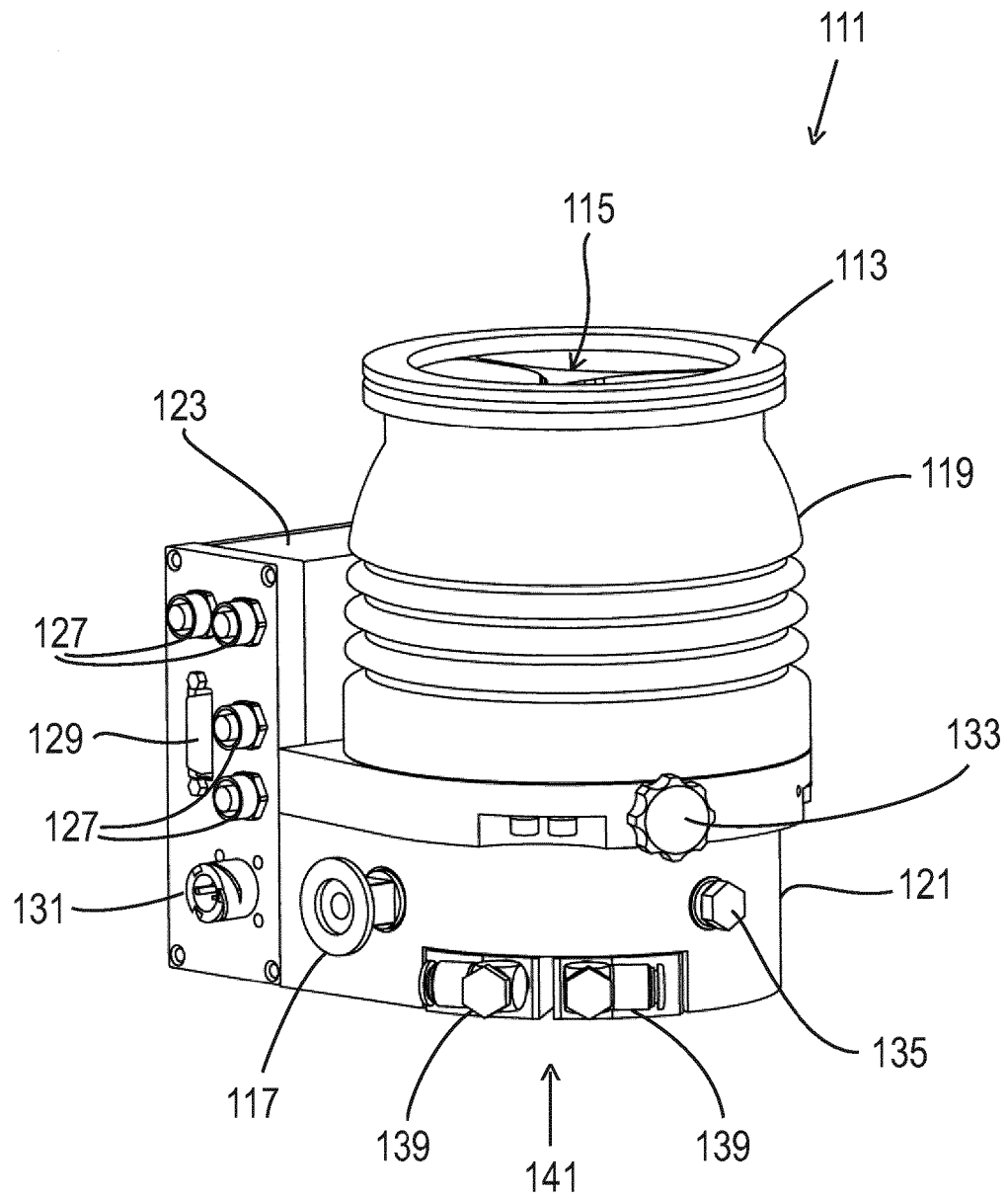


Fig. 1

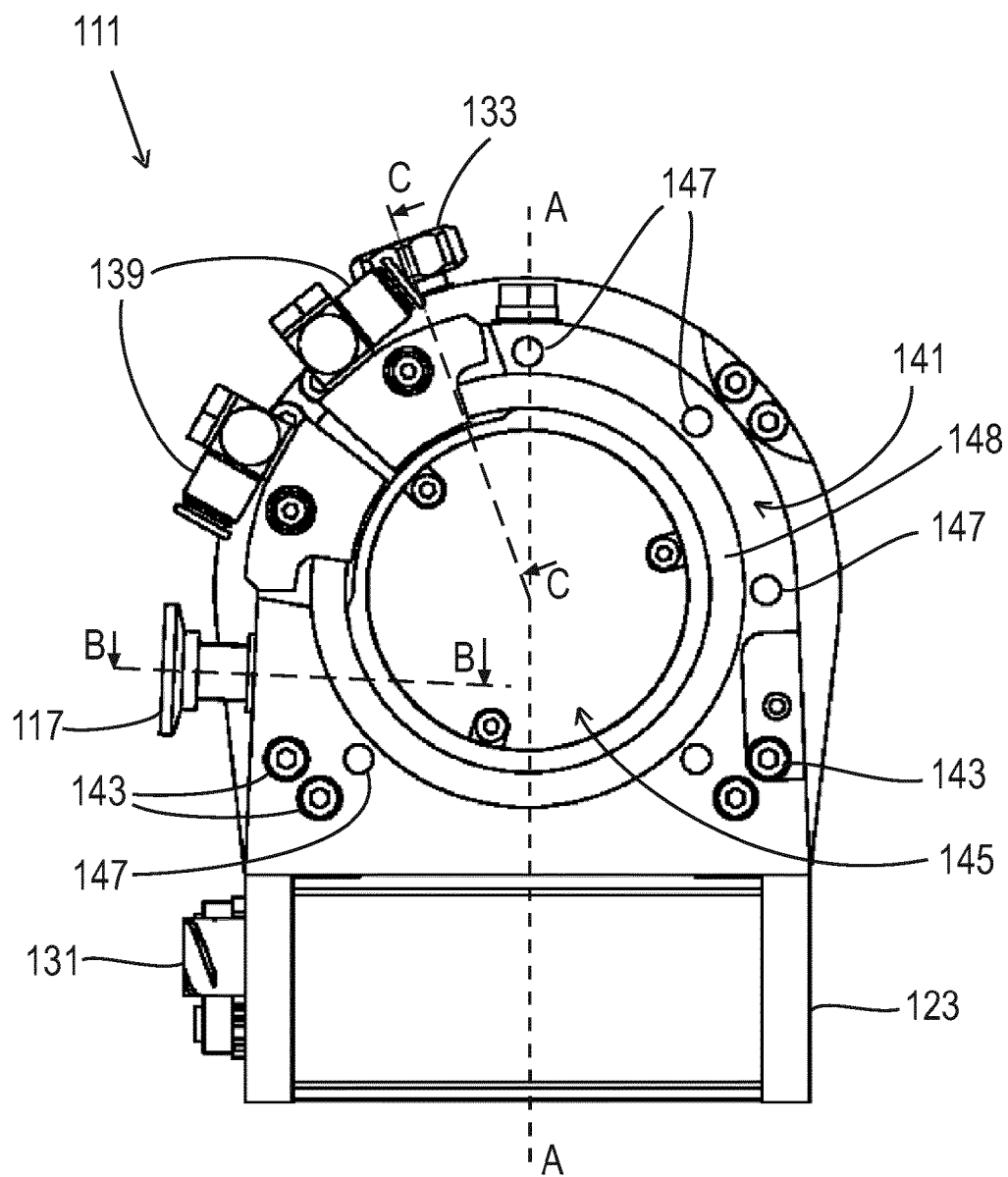


Fig. 2

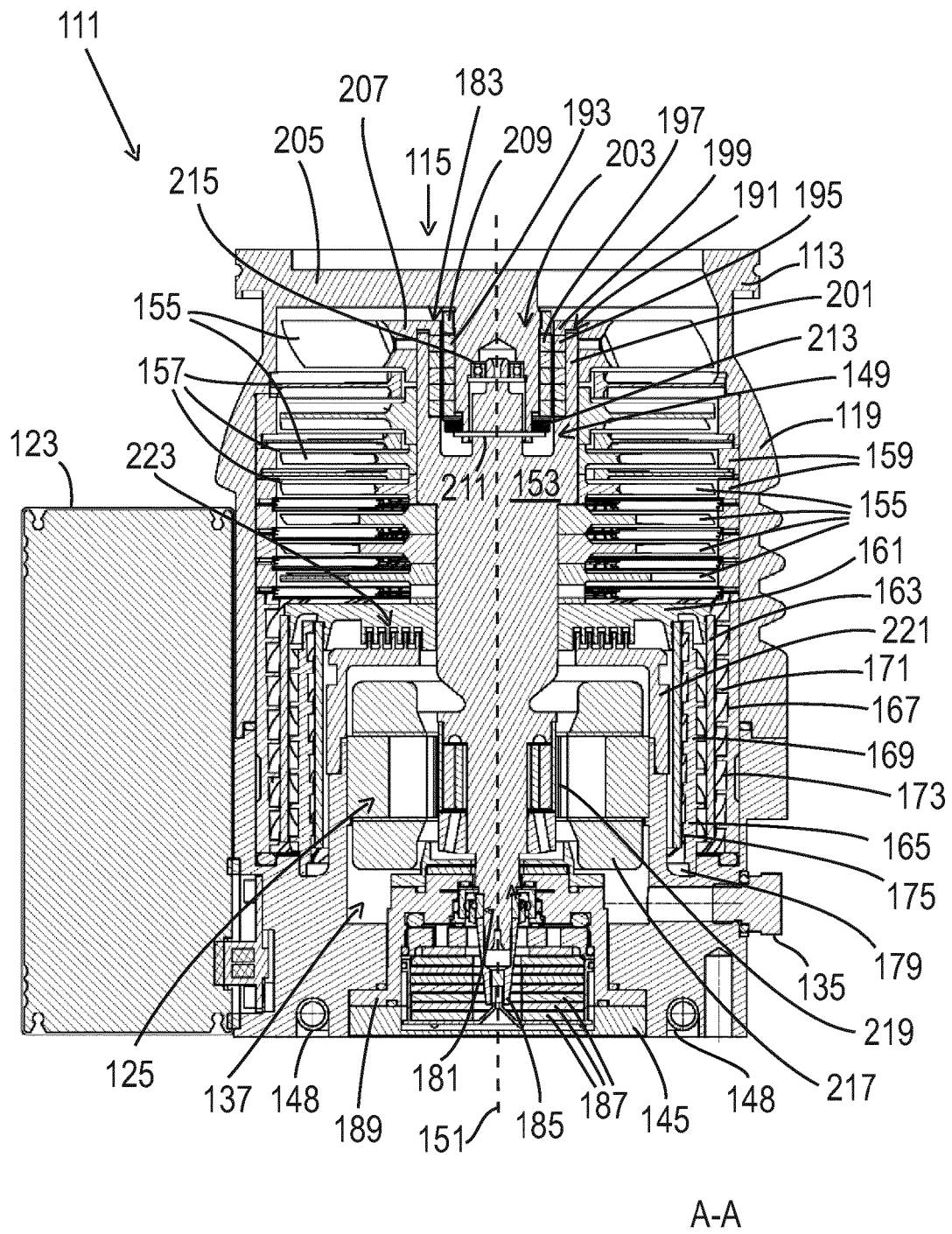


Fig. 3

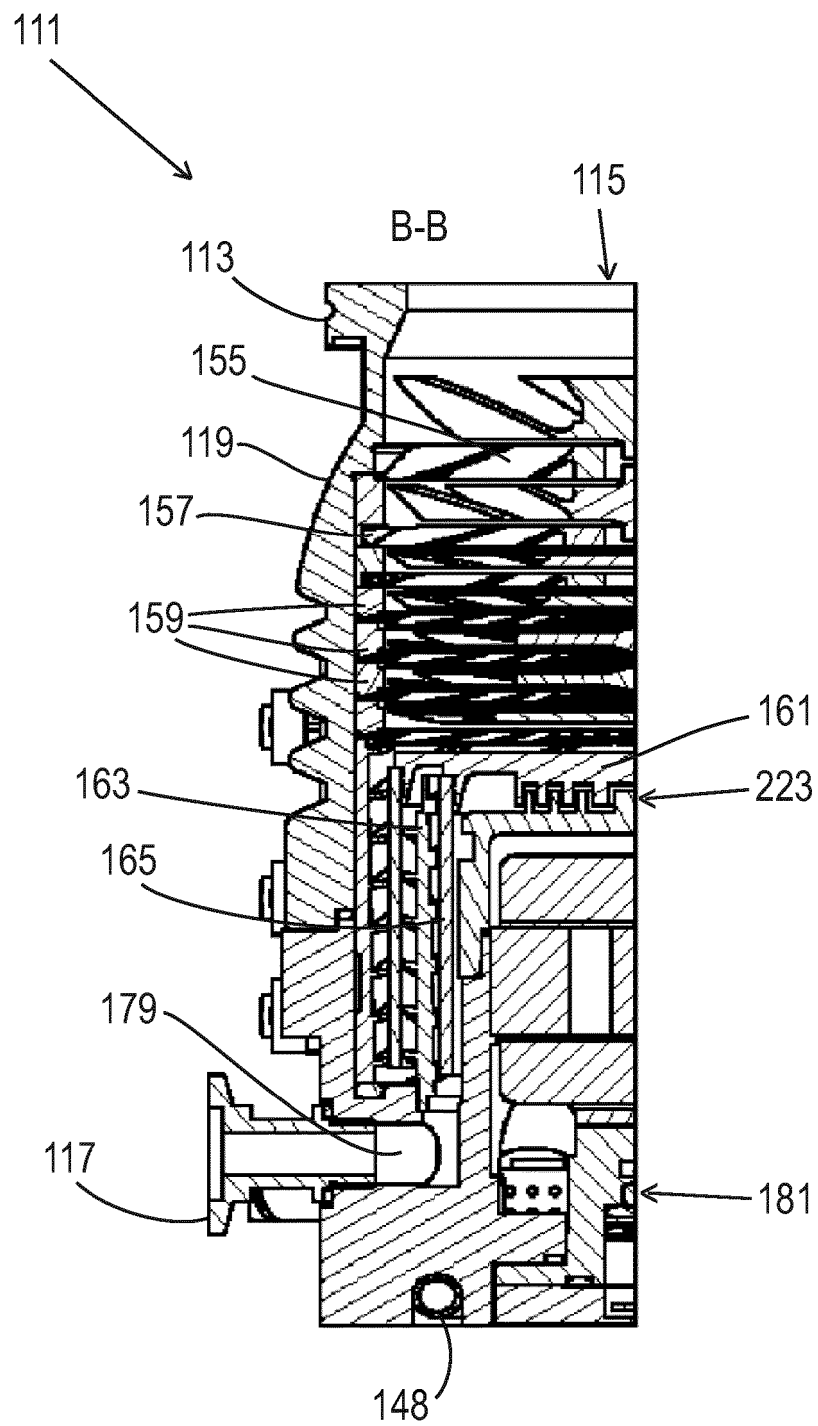


Fig. 4

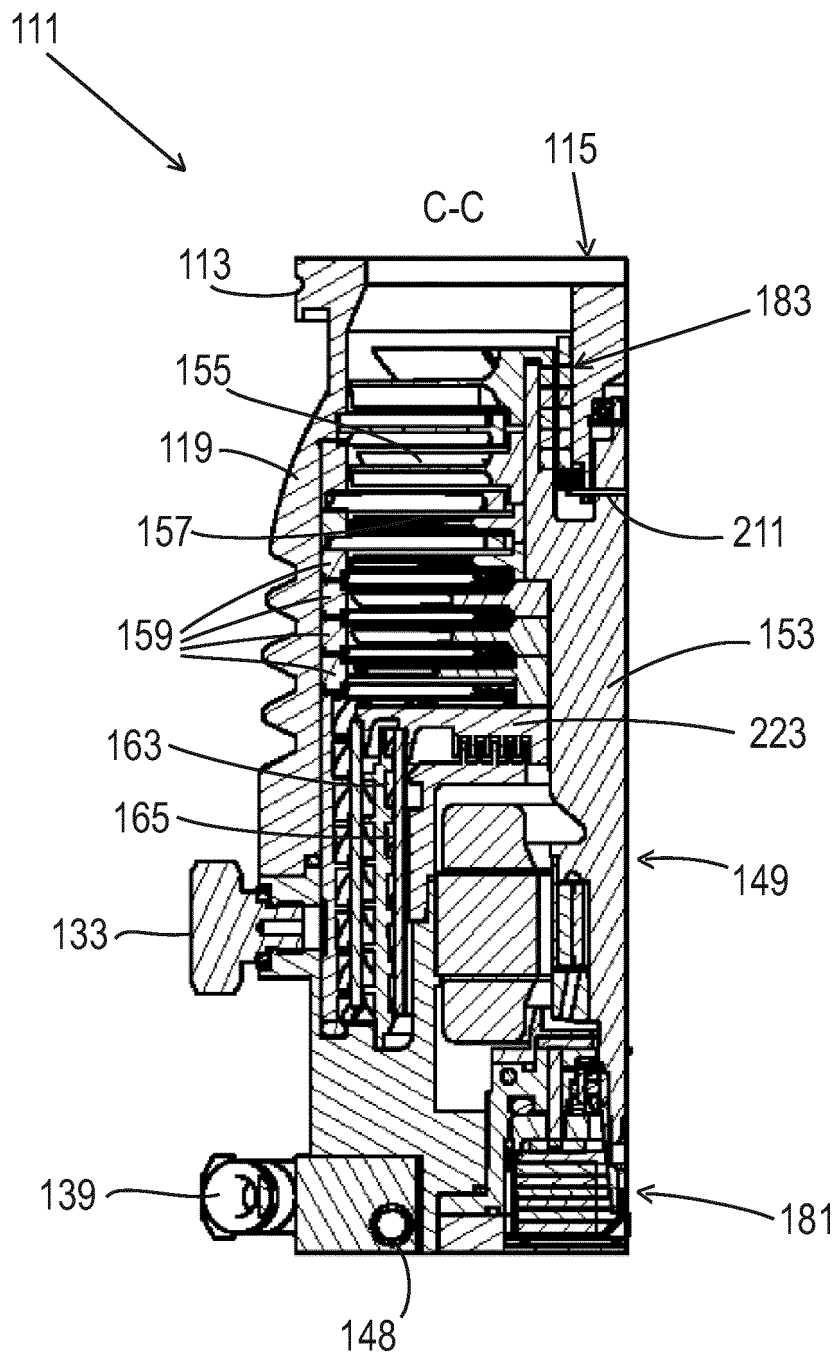
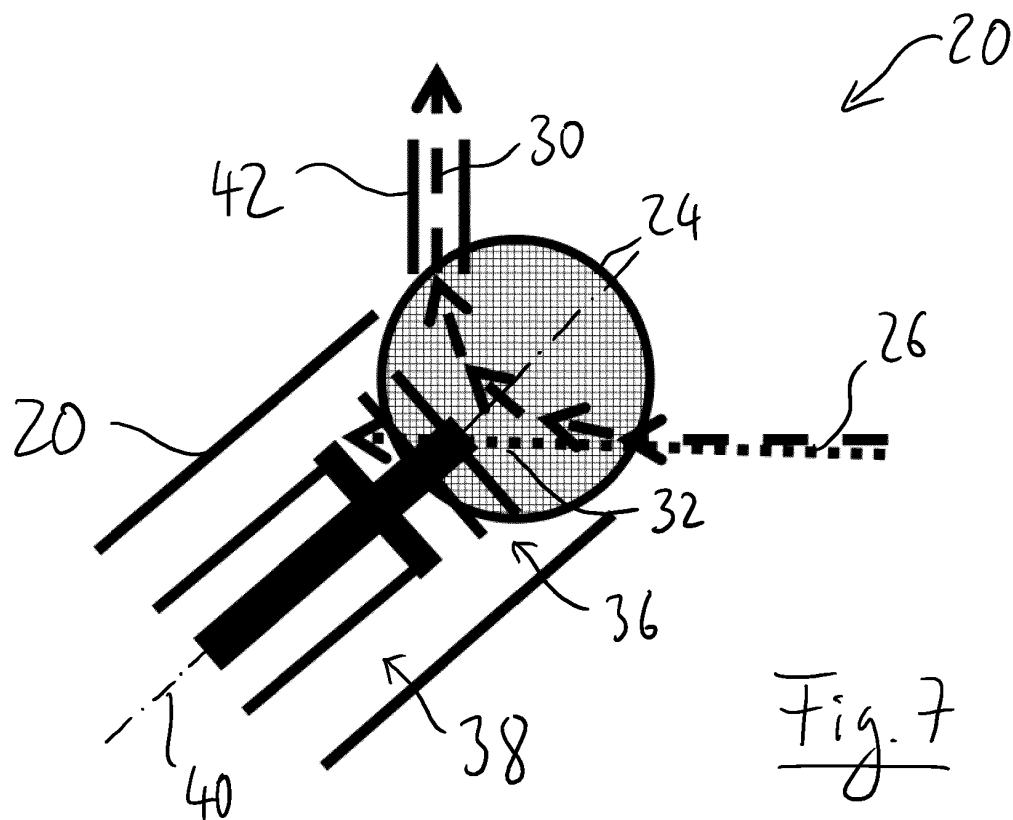
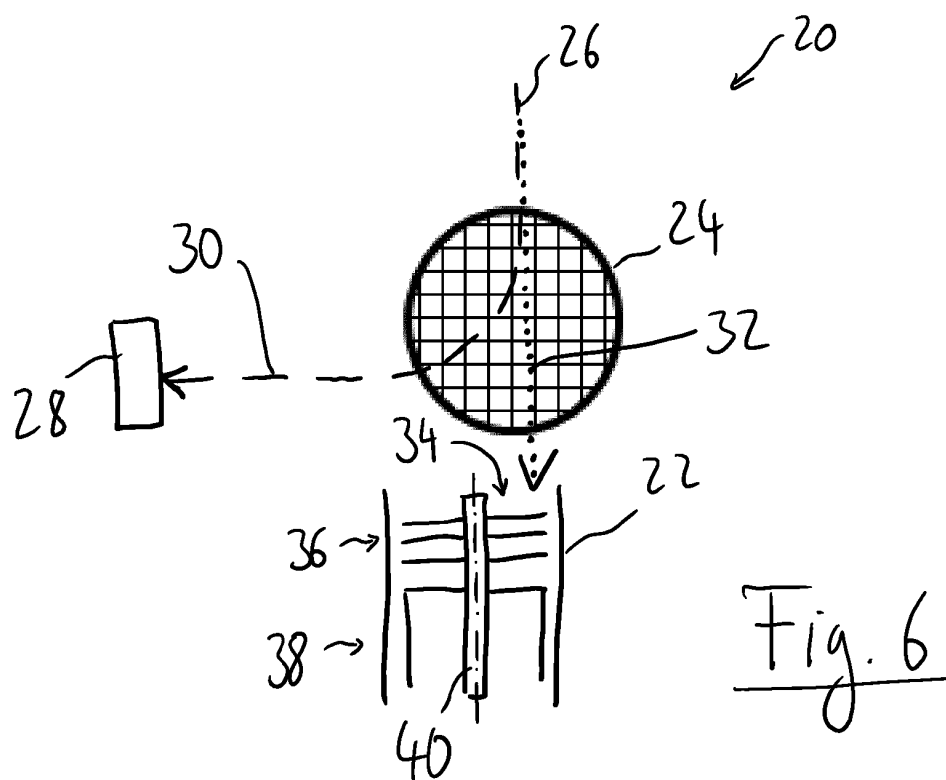
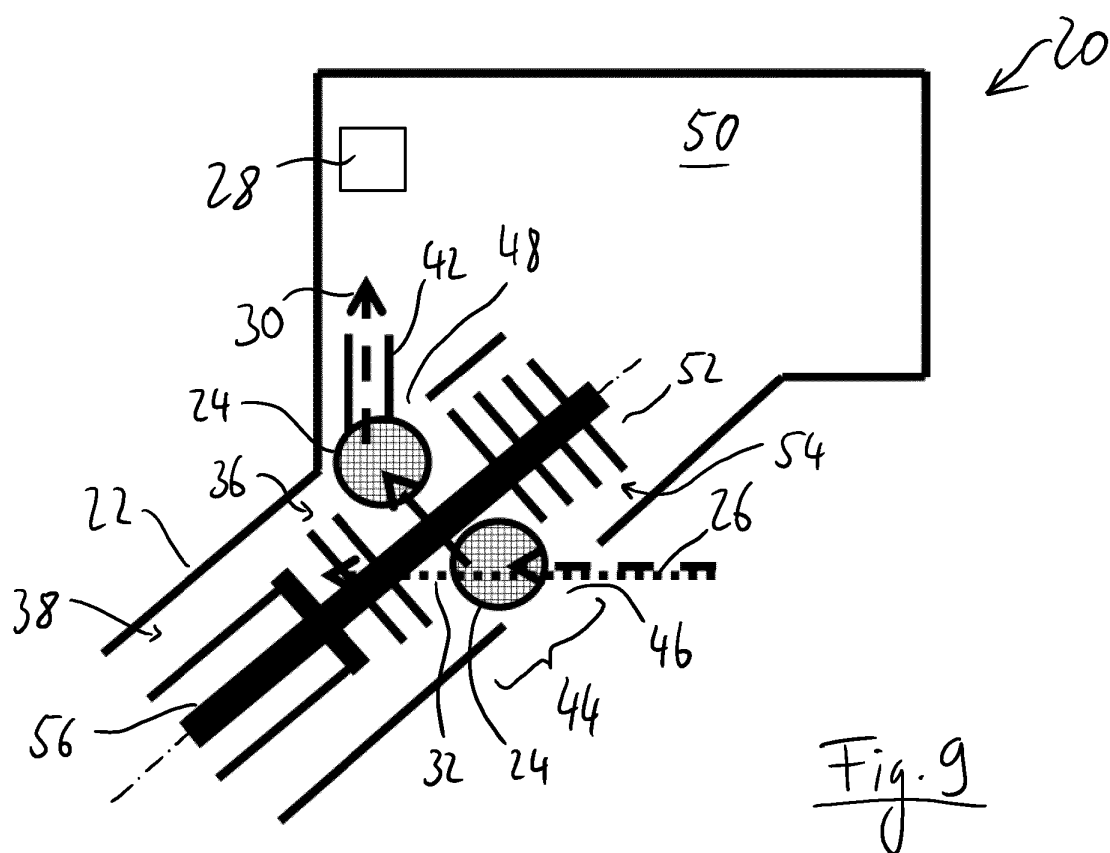
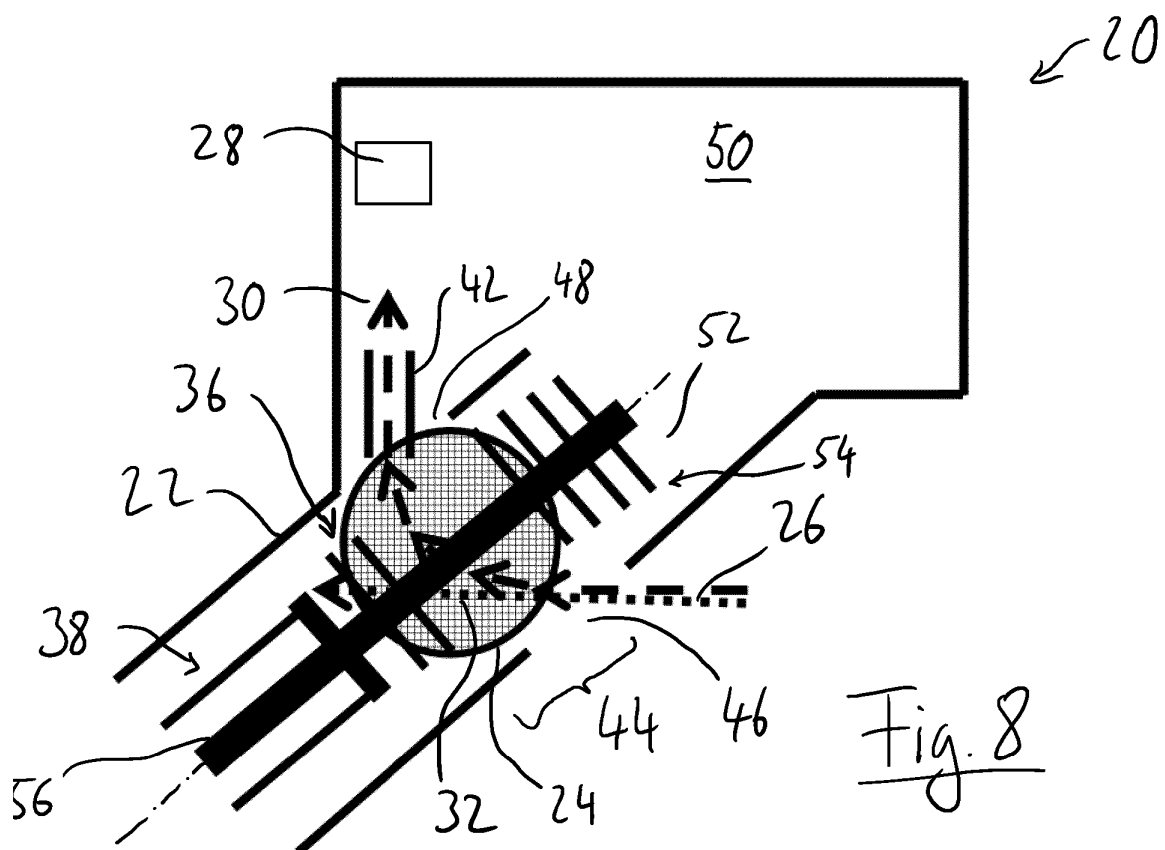


Fig. 5





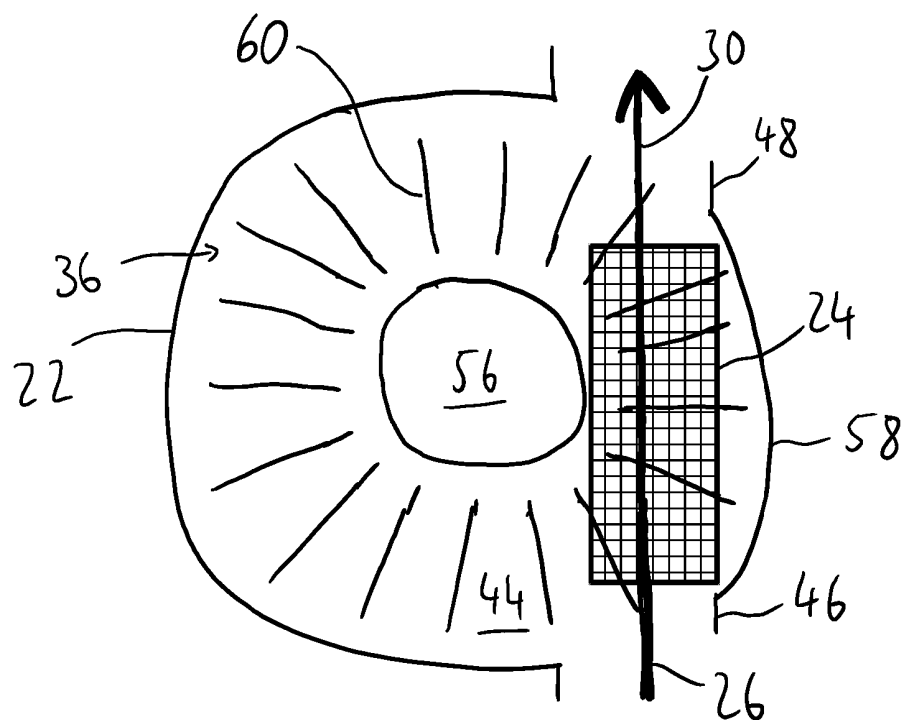


Fig. 10

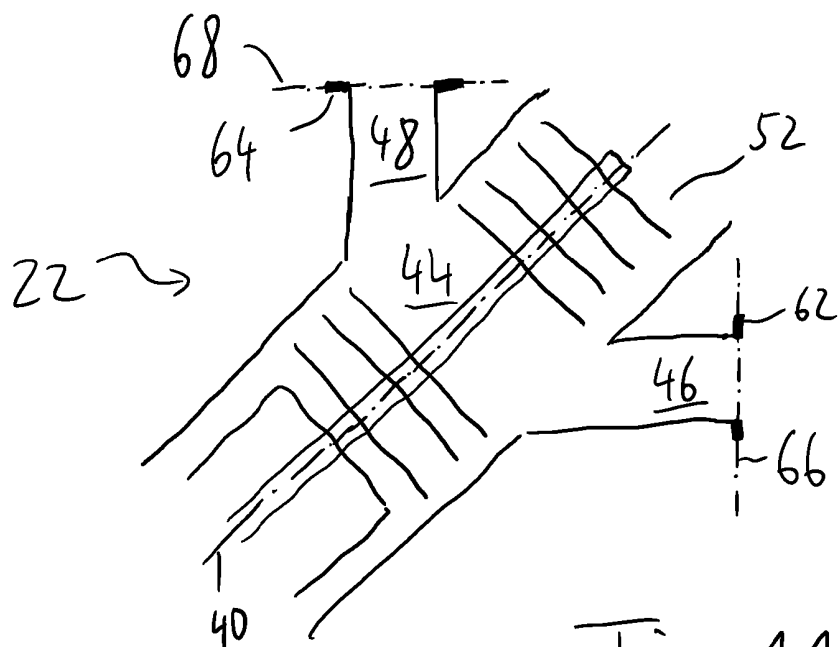


Fig. 11

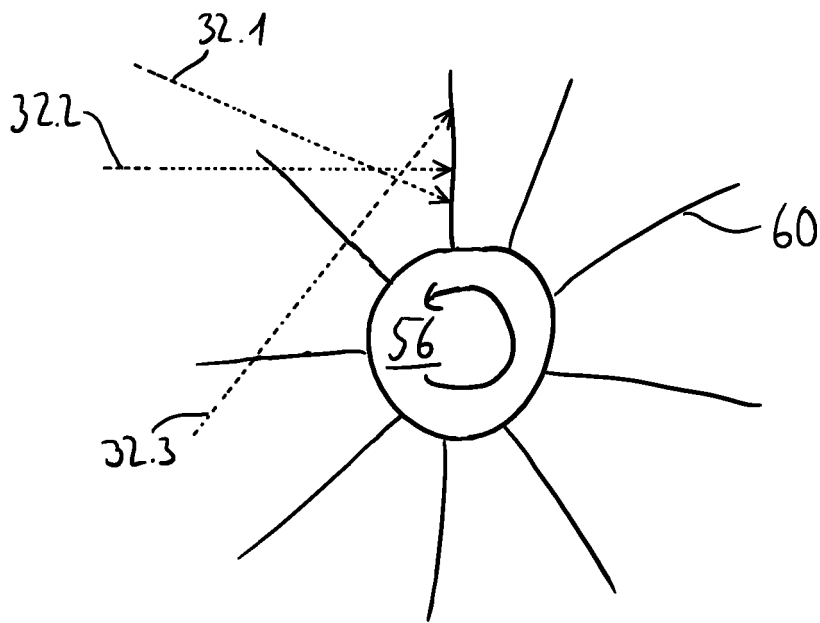


Fig. 12

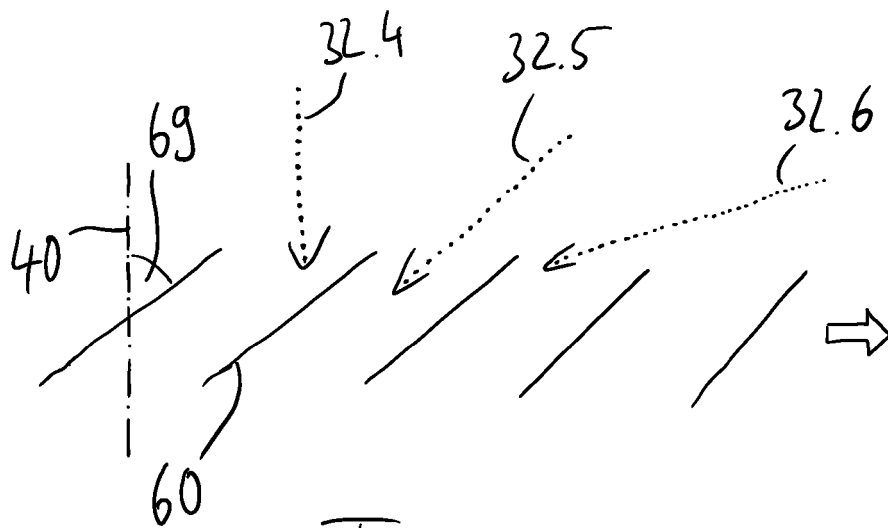


Fig. 13

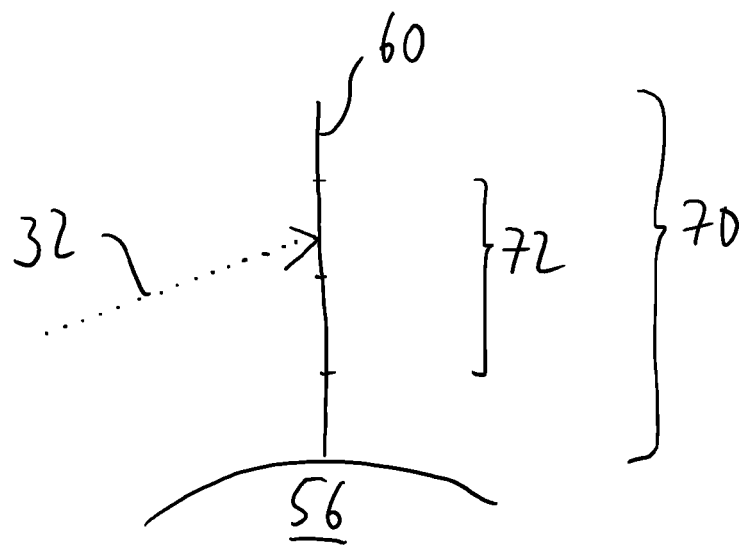


Fig. 14

**IN DER BESCHREIBUNG AUFGEFÜHRTE DOKUMENTE**

*Diese Liste der vom Anmelder aufgeführten Dokumente wurde ausschließlich zur Information des Lesers aufgenommen und ist nicht Bestandteil des europäischen Patentdokumentes. Sie wurde mit größter Sorgfalt zusammengestellt; das EPA übernimmt jedoch keinerlei Haftung für etwaige Fehler oder Auslassungen.*

**In der Beschreibung aufgeführte Patentdokumente**

- EP 1193497 A2 [0001]
- US 20070148020 A1 [0001]
- WO 2016142683 A1 [0001]