



Europäisches
Patentamt
European
Patent Office
Office européen
des brevets



(11)

EP 4 164 250 A1

(12)

EUROPÄISCHE PATENTANMELDUNG

(43) Veröffentlichungstag:
12.04.2023 Patentblatt 2023/15

(51) Internationale Patentklassifikation (IPC):
H04R 25/00^(2006.01)

(21) Anmeldenummer: 22199852.9

(52) Gemeinsame Patentklassifikation (CPC):
H04R 25/554; H04S 2420/01

(22) Anmeldetag: 05.10.2022

(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 ME MK MT NL
NO PL PT RO RS SE SI SK SM TR
Benannte Erstreckungsstaaten:
BA
Benannte Validierungsstaaten:
KH MA MD TN

(30) Priorität: 06.10.2021 DE 102021211278

(71) Anmelder: Sivantos Pte. Ltd.
Singapore 539775 (SG)

(72) Erfinder: KRIEG, Julius
91058 Erlangen (DE)

(74) Vertreter: FDST Patentanwälte
Nordostpark 16
90411 Nürnberg (DE)

(54) VERFAHREN ZUR BESTIMMUNG EINER HRTF UND HÖRGERÄT

(57) Es wird ein Verfahren beschrieben, zur Bestimmung einer HRTF (2), wobei eine Audioquelle (6) ein Quell-Audiosignal (8) ausgibt, nämlich sowohl akustisch als ein Schallsignal (22) als auch nicht-akustisch als ein Datensignal (24), wobei das Schallsignal (22) von einem Hörgerät (14) eines Nutzers (4) empfangen wird und von diesem Hörgerät (14) wieder in ein Audiosignal (30) umgewandelt wird, nämlich in ein erstes Audiosignal (30),

wobei das Datensignal (24) von dem Hörgerät (14) oder von einem anderen Gerät (6, 32) empfangen wird, welches aus dem Datensignal (24) ein zweites Audiosignal (34) erzeugt, wobei das erste Audiosignal (30) und das zweite Audiosignal (34) miteinander verglichen werden und basierend darauf die HRTF (2) bestimmt wird. Weiter wird ein entsprechendes Hörgerät (14) beschrieben.

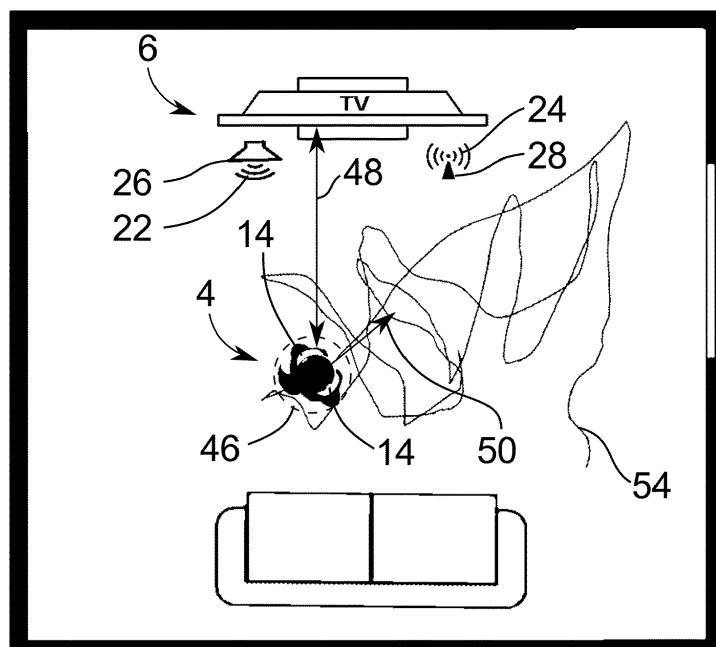


Fig. 1

Beschreibung

[0001] Die Erfindung betrifft ein Verfahren zur Bestimmung einer HRTF sowie ein Hörgerät, in welchem eine solche HRTF verwendbar ist. HRTF bedeutet "head related transfer function", d.h. kopfbezogene Übertragungsfunktion.

[0002] Ein Hörgerät dient allgemein zur Ausgabe von Audiosignalen an einen Nutzer. Hierzu weist das Hörgerät zumindest einen Hörer auf (auch Lautsprecher oder Receiver genannt), mittels welchem das Audiosignal in ein Schallsignal umgewandelt wird. Das Hörgerät wird regelmäßig vom Nutzer im oder am Ohr getragen. In einer möglichen Ausgestaltung dient das Hörgerät speziell zur Versorgung eines hörgeschädigten Nutzers. Hierzu weist das Hörgerät ein Mikrofon auf, welches Schallsignale aus der Umgebung aufnimmt und daraus ein Audiosignal erzeugt, welches ein elektrisches Eingangssignal ist. Dieses wird zur Modifikation einer Signalverarbeitung des Hörgeräts zugeführt. Die Modifikation erfolgt beispielsweise anhand eines individuellen Audiogramms des Nutzers, welcher dem Hörgerät zugeordnet ist, sodass ein individuelles Hördefizit des Nutzers ausgeglichen wird. Die Signalverarbeitung gibt als Ergebnis ein elektrisches Ausgangssignal aus, welches ein modifiziertes Audiosignal ist und welches dann über den Hörer des Hörgeräts wieder in ein Schallsignal umgewandelt wird und an den Nutzer ausgegeben wird.

[0003] Ein Hörgerät ist entweder monaural und wird dann nur auf einer Seite des Kopfs getragen oder binaural und weist dann zwei Einzelgeräte auf, welche auf unterschiedlichen Seiten des Kopfs getragen werden. Je nach Typ wird das Hörgerät am, im oder hinter dem Ohr getragen oder eine Kombination hiervon.

[0004] Gängige Typen von Hörgeräten sind z.B. BTE-, RIC- und ITE-Hörgeräte. Diese unterscheiden sich insbesondere in Bauform und Trageweise.

[0005] Die HRTF ist eine Übertragungsfunktion ("transfer function"), welche angibt, wie Schallsignale aus der Umgebung auf dem Weg in den Gehörgang einer Person durch deren Körperform, speziell Kopfform ("head related") modifiziert werden. Die HRTF ist eine Übertragungsfunktion speziell für Schallsignale, d.h. akustische Signale. In einem Hörgerät wird die HRTF geeigneterweise bei der Modifikation in der Signalverarbeitung genutzt und ermöglicht dabei insbesondere die Erhaltung oder Erzeugung von räumlichen Geräuschinformationen (sogenannten "spatial cues"), sodass der Nutzer die entsprechende Geräuschquelle besser lokalisieren kann.

[0006] Ganz allgemein breitet sich ein Schallsignal von einer Audioquelle ausgehend in der Umgebung aus und gelangt dadurch auch zum Ohr und in den Gehörgang des Nutzers eines Hörgeräts. Der Weg, auf welchem das Schallsignal in den Gehörgang gelangt, wird auch als akustischer Pfad bezeichnet. Die Modifikation des Schallsignals entlang des akustischen Pfads ist abhängig vom Körper des Nutzers, speziell von der jeweiligen

Form des Torsos und Kopfes und ganz besonders von der Ohrform, speziell der Form der Ohrmuschel (d.h. Pinna). Konsequenterweise ist die tatsächliche HRTF regelmäßig individuell und für jeden Nutzer anders. Typischerweise wird jedoch eine nicht-individuelle HRTF verwendet, welche z.B. mit Hilfe eines Dummies (z.B. KEMAR) ermittelt wird und dann für eine Vielzahl an mitunter unterschiedlichen Nutzern verwendet wird. Der individuellen Körperform des Nutzers wird damit jedoch regelmäßig nur unzureichend Rechnung getragen, jedenfalls bleiben mögliche Abweichungen zum Dummy unberücksichtigt.

[0007] Grundsätzlich ist es denkbar, für einen jeweiligen Nutzer eine individuelle HRTF zu bestimmen. Hierzu wird der Nutzer in einem möglichst echofreien Raum platziert und von verschiedenen Seiten mit Schallsignalen beaufschlagt. Hierzu sind mehrere Lautsprecher an festen, vorgegebenen Positionen um den Nutzer herum platziert. An derjenigen Stelle, an welcher später der Hörer des Hörgeräts sitzen soll, d.h. im oder am Ohr des Nutzers, wird ein Mikrofon platziert, welches die Schallsignale empfängt. Durch Vergleichen der gesendeten mit den empfangenen Schallsignalen kann dann die individuelle HRTF bestimmt werden. Dieses Verfahren führt zu einem sehr guten Ergebnis, ist jedoch auch sehr aufwändig.

[0008] Die US 9 591 427 B1 beschreibt ein Verfahren, welches von einem Smartphone ausgeführt wird, um HRTFs einer Person zu erzeugen, welche Kopfhörer trägt. Mit einer Kamera im Smartphone wird basierend auf einem Bild des Gesichts der Person eine Position des Smartphones in Bezug auf das Gesicht der Person bestimmt. Während sich das Smartphone in einer Hand der Person und nahe dem Gesicht der Person befindet, wird mit dem Smartphone ein Ton erzeugt, wobei auch der Standort des Smartphones in Bezug auf das Gesicht der Person gespeichert wird. Der Ton wird dann mit einem linken Mikrofon der Kopfhörer im linken Ohr der Person und mit einem rechten Mikrofon der Kopfhörer in einem rechten Ohr der Person erfasst. Mit dem Smartphone werden schließlich eine linke und eine rechte HRTF erzeugt.

[0009] Vor diesem Hintergrund ist es eine Aufgabe der Erfindung die HRTF möglichst nutzerspezifisch zu bestimmen und dazu die individuelle Körperform eines Nutzers zu berücksichtigen. Die Bestimmung der HRTF soll dabei möglichst einfach sein und den Nutzer möglichst nicht stören. Hierzu soll ein Verfahren zur Bestimmung der HRTF angegeben werden, zur Verwendung mit einem Hörgerät. Weiter soll ein entsprechendes Hörgerät angegeben werden.

[0010] Die Aufgabe wird erfindungsgemäß gelöst durch ein Verfahren mit den Merkmalen gemäß Anspruch 1 sowie durch ein Hörgerät mit den Merkmalen gemäß Anspruch 15. Vorteilhafte Ausgestaltungen, Weiterbildungen und Varianten sind Gegenstand der Unteransprüche. Die Ausführungen im Zusammenhang mit dem Verfahren gelten sinngemäß auch für das Hörgerät

und umgekehrt. Sofern nachfolgend Schritte des Verfahrens beschrieben sind, ergeben sich zweckmäßige Ausgestaltungen für das Hörgerät insbesondere dadurch, dass dieses eine Steuereinheit aufweist, welche ausgebildet ist, einen oder mehrere dieser Schritte auszuführen.

[0011] Ein Kerngedanke der vorliegenden Erfindung ist insbesondere, zur Bestimmung einer HRTF für einen bestimmten Nutzer eine Audioquelle zu verwenden, welche ein Audiosignal sowohl akustisch als auch nicht-akustisch ausgeben kann. Die Audioquelle ist vorzugsweise ein Mediengerät, d.h. insbesondere ein Gerät zur Ausgabe und/oder Wiedergabe von Medien (z.B. Audio, Video). Die Audioquelle wird insbesondere wiederkehrend vom Nutzer in dessen Alltag genutzt. Das akustisch ausgegebene Audiosignal propagiert entlang eines akustischen Pfads zum Nutzer und speziell bis zu einem Mikrofon eines Hörgeräts des Nutzers und wird entlang des akustischen Pfads durch die Körperform des Nutzers modifiziert. Diese Modifikation ist definiert durch eine Übertragungsfunktion, welche der tatsächlichen, individuellen HRTF des Nutzers entspricht. Das nicht-akustisch ausgegebene Audiosignal wird hingegen gerade nicht durch diese HRTF modifiziert, sodass sich durch einen Vergleich der beiden unterschiedlich übertragenen Audiosignale die HRTF individuell für den Nutzer bestimmen lässt. Dies wird vorliegend umgesetzt, um dann die HRTF nutzerspezifisch zu bestimmen. Zugleich ist das Verfahren vorteilhaft mit verschiedensten Audioquellen im Alltag des Nutzers und während des bestimmungsgemäßen Gebrauchs des Hörgeräts durchführbar, erfordert also gerade keine spezielle Messumgebung oder Messgerätschaften und stört auch den Nutzer nur minimal oder gar nicht.

[0012] Das hier beschriebene Verfahren dient allgemein zur Bestimmung einer HRTF (d.h. "head-related transfer function" oder kopfbezogene Übertragungsfunktion). Die HRTF findet insbesondere Verwendung im bestimmungsgemäßen Betrieb eines Hörgeräts eines Nutzers. Die Bestimmung der HRTF erfolgt vorteilhaft nutzerspezifisch für diesen Nutzer. Unter "Bestimmung" wird insbesondere verstanden, dass die HRTF ermittelt oder gemessen wird. Die HRTF wird entweder von Grund auf neu bestimmt oder ausgehend von einer Basis-HRTF bestimmt, welche nicht nutzerspezifisch ist und dann im Rahmen des Verfahrens angepasst und vorzugsweise optimiert wird, um im Ergebnis eine nutzerspezifische HRTF zu erhalten. Die HRTF ist beispielsweise eine parametrisierte Funktion, mit einem oder mehreren Parametern, welche im Rahmen der Bestimmung der HRTF ausgewählt und/oder angepasst werden.

[0013] Bei dem Verfahren gibt eine Audioquelle ein Quell-Audiosignal aus, nämlich sowohl akustisch als ein Schallsignal als auch nicht-akustisch als ein Datensignal. Das Quell-Audiosignal ist ein Audiosignal und als solches insbesondere ein elektrisches Signal. Das Quell-Audiosignal wird auch als "ursprüngliches Audiosignal" bezeichnet. Zur akustischen Ausgabe des Quell-Audiosig-

nals weist die Audioquelle einen Lautsprecher auf, d.h. einen elektroakustischen Wandler, mit welchem das Quell-Audiosignal in ein Schallsignal umgewandelt und ausgegeben wird. Das gleiche Quell-Audiosignal wird

5 auch auf einem weiteren, nicht-akustischen Kanal ausgegeben, nämlich als Datensignal. Zur nicht-akustischen Ausgabe des Quell-Audiosignals weist die Audioquelle einen Datenausgang auf, welcher das Quell-Audiosignal als Datensignal ausgibt und hierzu gegebenenfalls in ein geeignetes Datenformat umwandelt. Vorzugsweise ist der Datenausgang eine Antenne für eine Drahtlosfunkverbindung (z.B. Bluetooth oder WiFi), sodass das Datensignal drahtlos ausgesendet wird. Eine drahtgebundene Aussendung ist aber ebenso denkbar und geeignet,

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 6880 6885 6890 6895 6900 6905 6910 6915 6920 6925 6930 6935 6940 6945 6950 6955 6960 6965 6970 6975 6980 6985 6990 6995 7000 7005 7010 7015 7020 7025 7030 7035 7040 7045 7050 7055 7060 7065 7070 7075 7080 7085 7090 7095 7100 7105 7110 7115 7120 7125 7130 7135 7140 7145 7150 7155 7160 7165 7170 7175 7180 7185 7190 7195 7200 7205 7210 7215 7220 7225 7230 7235 7240 7245 7250 7255 7260 7265 7270 7275 7280 7285 7290 7295 7300 7305 7310 7315 7320 7325 7330 7335 7340 7345 7350 7355 7360 7365 7370 7375 7380 7385 7390 7395 7400 7405 7410 7415 7420 7425 7430 7435 7440 7445 7450 7455 7460 7465 7470 7475 7480 7485 7490 7495 7500 7505 7510 7515 7520 7525 7530 7535 7540 7545 7550 7555 7560 7565 7570 7575 7580 7585 7590 7595 7600 7605 7610 7615 7620 7625 7630 7635 7640 7645 7650 7655 7660 7665 7670 7675 7680 7685 7690 7695 7700 7705 7710 7715 7720 7725 7730 7735 7740 7745 7750 7755 7760 7765 7770 7775 7780 7785 7790 7795 7800 7805 7810 7815 7820 7825 7830 7835 7840 7845 7850 7855 7860 7865 7870 7875 7880 7885 7890 7895 7900 7905 7910 7915 7920 7925 7930 7935 7940 7945 7950 7955 7960 7965 7970 7975 7980 7985 7990 7995 8000 8005 8010 8015 8020 8025 8030 8035 8040 8045 8050 8055 8060 8065 8070 8075 8080 8085 8090 8095 8100 8105 8110 8115 8120 8125 8130 8135 8140 8145 8150 8155 8160 8165 8170 8175 8180 8185 8190 8195 8200 8205 8210 8215 8220 8225 8230 8235 8240 8245 8250 8255 8260 8265 8270 8275 8280 8285 8290 8295 8300 8305 8310 8315 8320 8325 8330 8335 8340 8345 8350 8355 8360 8365 8370 8375 8380 8385 8390 8395 8400 8405 8410 8415 8420 8425 8430 8435 8440 8445 8450 8455 8460 8465 8470 8475 8480 8485 8490 8495 8500 8505 8510 8515 8520 8525 8530 8535 8540 8545 8550 8555 8560 8565 8570 8575 8580 8585 8590 8595 8600 8605 8610 8615 8620 8625 8630 8635 8640 8645 8650 8655 8660 8665 8670 8675 8680 8685 8690 8695 8700 8705 8710 8715 8720 8725 8730 8735 8740 8745 8750 8755 8760 8765 8770 8775 8780 8785 8790 8795 8800 8805 8810 8815 8820 8825 8830 8835 8840 8845 8850 8855 8860 8865 8870 8875 8880 8885 8890 8895 8900 8905 8910 8915 8920 8925 8930 8935 8940 8945 8950 8955 8960 8965 8970 8975 8980 8985 8990 8995 9000 9005 9010 9015 9020 9025 9030 9035 9040 9045 9050 9055 9060 9065 9070 9075 9080 9085 9090 9095 9100 9105 9110 9115 9120 9125 9130 9135 9140 9145 9150 9155 9160 9165 9170 9175 9180 9185 9190 9195 9200 9205 9210 9215 9220 9225 9230 9235 9240 9245 9250 9255 9260 9265 9270 9275 9280 9285 9290 9295 9300 9305 9310 9315 9320 9325 9330 9335 9340 9345 9350 9355 9360 9365 9370 9375 9380 9385 9390 9395 9400 9405 9410 9415 9420 9425 9430 9435 9440 9445 9450 9455 9460 9465 9470 9475 9480 9485 9490 9495 9500 9505 9510 9515 9520 9525 9530 9535 9540 9545 9550 9555 9560 9565 9570 9575 9580 9585 9590 9595 9600 9605 9610 9615 9620 9625 9630 9635 9640 9645 9650 9655 9660 9665 9670 9675 9680 9685 9690 9695 9700 9705 9710 9715 9720 9725 9730 9735 9740 9745 9750 9755 9760 9765 9770 9775 9780 9785 9790 9795 9800 9805 9810 9815 9820 9825 9830 9835 9840 9845 9850 9855 9860 9865 9870 9875 9880 9885 9890 9895 9900 9905 9910 9915 9920 9925 9930 9935 9940 9945 9950 9955 9960 9965 9970 9975 9980 9985 9990 9995 10000 10005 10010 10015 10020 10025 1003

weils eine übertragene (und dadurch gegebenenfalls auch modifizierte) Version des Quell-Audiosignals. Der Vollständigkeit halber wird das Quell-Audiosignal auch als "drittes Audiosignal" bezeichnet.

[0017] Das erste Audiosignal und das zweite Audiosignal, d.h. die auf unterschiedlichen Kanälen übertragenen Audiosignale, werden miteinander verglichen und basierend darauf, d.h. basierend auf dem Vergleich, wird die HRTF bestimmt. Dem liegt die Überlegung zugrunde, dass das zweite Audiosignal typischerweise weitgehend mit dem Quell-Audiosignal übereinstimmt und zumindest nicht durch die HRTF beeinflusst worden ist. Im Gegensatz dazu wurde das Schallsignal durch die HRTF modifiziert, sodass sich das erste Audiosignal entsprechend vom Quell-Audiosignal unterscheidet. In erster Näherung gilt demnach folgender Zusammenhang zwischen dem ersten, akustisch übertragenen Audiosignal A1 und dem zweiten, nicht-akustisch übertragenen Audiosignal A2: $A2 = HRTF(A1)$. Wie der Vergleich genau durchgeführt wird, ist an sich nebensächlich. Wichtiger ist, dass mit dem Datensignal ein von der HRTF unbeeinflusstes Audiosignal verfügbar ist, welches als Referenzsignal herangezogen wird, um die tatsächliche, nutzerspezifische HRTF zu bestimmen.

[0018] In einer geeigneten Ausgestaltung wird zum Bestimmen der HRTF das erste Audiosignal als ein Soll-Signal verwendet und das zweite Audiosignal als ein Ist-Signal. Auf diese Weise wird die HRTF abhängig vom Unterschied zwischen dem Schallsignal und dem Datensignal bestimmt (genauer abhängig vom Unterschied zwischen dem ersten und dem zweiten Audiosignal). Wie die HRTF konkret berechnet wird ist zunächst nebensächlich und hängt insbesondere davon ab, wie die HRTF parametrisiert ist, d.h. durch welche Parameter diese definiert ist. Grundsätzlich ist es möglich, mit entsprechender Rechenleistung eine numerische Optimierung durchzuführen. Hierbei werden einzelne Parameter (auch Koeffizienten) so lange variiert, bis eine minimale Abweichung erreicht ist (d.h. ein Minimum oder zumindest ein stabiles und gegebenenfalls nur lokales Minimum). Ein geeigneter Algorithmus zur Optimierung ist beispielsweise LASSO (d.h. "least absolute shrinkage and selection operator").

[0019] Die auf die vorgenannte Weise bestimmte HRTF wird insbesondere in dem Hörgerät gespeichert und vorzugsweise von einer Signalverarbeitung des Hörgeräts im Betrieb verwendet, um im Ergebnis das Schallsignal anzupassen, welches vom Hörgerät an den Nutzer ausgegeben wird. Wofür die HRTF konkret verwendet wird, ist hier nicht weiter von Bedeutung. Mögliche Verwendungen der HRTF sind beispielsweise die Erzeugung akustischer Hinweise, die mit räumlicher Information versehen werden und zur Navigation eines gehenden Benutzers geeignet sind, das Hinzufügen einer räumlichen Information zu einem Streamingsignal, so dass sich dieses für den Nutzer so anhört, als ob es von einer Audioquelle, z.B. einem Fernseher aus einer bestimmten Raumrichtung kommt. Eine weitere beispielhaft-

te Verwendung der HRTF sind virtuelle Bedienelemente, bei welchen beispielsweise eine Position eines Bedienelements, z.B. eines Schiebereglers, akustisch mit einem räumlichen Effekt dargestellt wird (z.B. Betonung der rechten oder linken Seite je nach Stellung des Bedienelements). Speziell im Zusammenhang mit "in-ear" Kopfhörern ist die Verwendung einer HRTF zur Modifizierung der Audioausgabe vorteilhaft.

[0020] In einer konkreten, geeigneten Ausgestaltung werden zur Bestimmung der HRTF aus dem ersten und dem zweiten Audiosignal jeweils lediglich Ausschnitte, sogenannten Samples, entnommen und als ein Datensatz gespeichert. Die beiden Ausschnitte (ein Ausschnitt aus dem ersten Audiosignal und ein Ausschnitt aus dem zweiten Audiosignal) eines jeweiligen Datensatzes stammen vorzugsweise aus demselben Zeitintervall oder weisen einen übereinstimmenden Zeitstempel auf. Damit ist sichergestellt, dass durch einen Vergleich der beiden Abschnitte tatsächlich auch korrekt die HRTF bestimmt wird. Typischerweise wird eine Vielzahl an solchen Datensätzen aufgenommen und gespeichert und zur Bestimmung der HRTF ausgewertet. Dies erfolgt entweder auf dem Hörgerät, auf einem Zusatzgerät wie beschrieben oder auf einem separaten Computer, z.B. einem Server.

[0021] Eine HRTF ist wie bereits angedeutet vorzugsweise parametrisiert, d.h. eine Funktion mit einer Anzahl an Parametern, welche je nach Nutzer variieren können. Bei der Bestimmung der HRTF werden insbesondere diese Parameter optimiert und somit nutzerspezifisch angepasst. Die Bestimmung der HRTF erfolgt vorzugsweise fortlaufend, sodass die verwendete HRTF sich mit der Zeit immer weiter der tatsächlichen, individuellen HRTF annähert. Das Verfahren ist insofern dann iterativ. Dadurch werden zudem vorteilhaft auch Veränderungen in der Körperform des Nutzers berücksichtigt.

[0022] Ohne Beschränkung der Allgemeinheit wird vorliegend davon ausgegangen, dass das Hörgerät ein Hörgerät zur Versorgung eines hörgeschädigten Nutzers ist. Ebenso ist die Erfindung aber auch anwendbar auf andere Hörgeräte, wie z.B. einen Kopfhörer, welcher zusätzlich ein oder mehrere Mikrofone aufweist. Ein Hörgerät zur Versorgung eines hörgeschädigten Nutzers weist allgemein einen Eingangswandler, eine Signalverarbeitung und einen Ausgangswandler auf. Der Eingangswandler ist hier ein Mikrofon und dient zur Aufnahme von Schallsignalen aus der Umgebung, d.h. hier auch zum Empfangen des Schallsignals, welches von der Audioquelle ausgesendet wird. Der Ausgangswandler ist üblicherweise ein Hörer, welcher auch als Lautsprecher oder Receiver bezeichnet wird. Vorliegend wird ohne Beschränkung der Allgemeinheit von einem Hörgerät mit einem Hörer ausgegangen, ebenfalls geeignet sind aber auch andere Ausgangswandler zur Ausgabe an den Nutzer. Das Hörgerät ist regelmäßig einem einzelnen Nutzer zugeordnet und wird lediglich von diesem verwendet. Der Eingangswandler erzeugt allgemein ein Eingangssignal, welches der Signalverarbeitung zugeführt wird. Vorlie-

gend erzeugt der Eingangswandler speziell auch das erste Audiosignal, welches entsprechend ein Eingangssignal ist. Die Signalverarbeitung modifiziert das Eingangssignal und erzeugt dadurch ein Ausgangssignal, welches somit ein modifiziertes Eingangssignal ist. Zum Ausgleich eines Hörverlusts wird das Eingangssignal beispielsweise gemäß einem Audiogramm des Nutzers mit einem frequenzabhängigen Verstärkungsfaktor verstärkt. Alternativ oder zusätzlich wird das Eingangssignal abhängig von der HRTF modifiziert. Das Ausgangssignal wird schließlich mittels des Ausgangswandlers an den Nutzer ausgegeben.

[0023] Die zuvor beschriebene Aufnahme und Wiederausgabe eines Schallsignals mit Modifikation auf elektrischer Ebene ist der Regelfall im Betrieb des Hörgeräts, dies wird auch als "Normalbetrieb" des Hörgeräts bezeichnet. Zusätzlich zum Normalbetrieb weist das hier beschriebene Hörgerät vorzugsweise noch einen Streamingbetrieb auf, in welchem die Ausgabe an den Nutzer auf dem Datensignal basiert, welches von der Audioquelle ausgesendet wird. Der Streamingbetrieb hat den Vorteil, dass auf eine Umwandlung in und Rückwandlung aus einem Schallsignal verzichtet werden kann und vorzugsweise auch wird und ein Audiosignal von der Audioquelle verlustfrei und unbeeinflusst zum Nutzer übertragen wird. Der Streamingbetrieb wird beispielsweise verwendet, um ein Audiosignal von einem TV-Gerät, Computer oder Smartphone und allgemein von einer Audioquelle zum Hörgerät zu übertragen. Das Hörgerät weist entsprechend einen Dateneingang auf, welcher komplementär zum Datenausgang der Audioquelle ausgebildet ist, vorzugsweise ebenfalls als eine Antenne. Die Ausführungen zum Datenausgang gelten analog auch für den Dateneingang und umgekehrt. Geeigneterweise ist das Hörgerät derart ausgebildet, dass der Nutzer zwischen dem Normalbetrieb und dem Streamingbetrieb umschalten kann.

[0024] Bei einem Kopfhörer oder Ähnlichem entfällt der oben beschriebene Normalbetrieb gegebenenfalls und der Streamingbetrieb ist der Regelfall.

[0025] Vorliegend werden nun vorteilhafterweise die Funktionalitäten des Normalbetriebs und des Streamingbetriebs vereint, um die HRTF zu bestimmen. Das Hörgerät empfängt einerseits mittels des Mikrofons das Schallsignal von der Audioquelle und nutzt somit die Funktionalität des Normalbetriebs. Andererseits empfängt das Hörgerät das Datensignal von der Audioquelle und nutzt somit die Funktionalität des Streamingbetriebs. Welches der beiden Audiosignale (erstes und zweites Audiosignal) dann tatsächlich auch wieder über den Hörer an den Nutzer ausgegeben wird, ist nicht von Bedeutung und bleibt zweckmäßigerweise dem Nutzer überlassen. Relevant für das hier beschriebene Verfahren ist zunächst nur, dass beide Audiosignale vorliegen, um basierend darauf die HRTF zu bestimmen.

[0026] Zudem ist es für das hier beschriebene Verfahren nicht zwingend erforderlich, dass das Hörgerät einen Streamingbetrieb aufweist oder generell das Datensignal

empfängt, dieses kann auch von einem anderen Gerät empfangen werden. Das erste und das zweite Audiosignal müssen lediglich auf irgendeinem Gerät zusammengeführt werden, um dort verglichen zu werden und darauf basierend die HRTF zu bestimmen. Grundsätzlich ist das Hörgerät hierfür geeignet, ebenso geeignet ist aber auch ein Computer, speziell ein Server, welcher sich gegenüber dem Hörgerät regelmäßig durch eine deutlich höhere Rechenleistung auszeichnet. Denkbar ist auch, dass das Hörgerät zwar das Datensignal empfängt, dass aber die Bestimmung der HRTF nicht vom Hörgerät durchgeführt wird, sondern z.B. vom Smartphone oder Server, an welches beziehungsweise welchen das Hörgerät die Audiosignale oder die entsprechenden Datensätze überträgt.

[0027] Wichtig für die korrekte Bestimmung der HRTF ist jedoch, dass das Hörgerät das Schallsignal empfängt, denn das Hörgerät wird vom Nutzer getragen, während jedes andere Gerät regelmäßig abseits des Nutzers positioniert ist und daher nicht geeignet ist, ein Schallsignal zu empfangen, welches entlang des akustischen Pfads zum Ohr des Nutzers propagiert. In einer bevorzugten Ausgestaltung empfängt entsprechend das Hörgerät das Schallsignal mit einem Mikrofon, welches ein Teil des Hörgeräts ist. Gegebenenfalls weist das Hörgerät sogar mehrere Mikrofone auf, mit welchen das Schallsignal empfangen und das erste Audiosignal erzeugt wird. Das Hörgerät ist zweckmäßigerweise derart ausgebildet, dass in getragenem Zustand das Mikrofon in oder an einem Ohr des Nutzers positioniert ist. Insbesondere ist das Mikrofon somit hinter dem Ohr, im Ohr oder im Gehörgang des Nutzers positioniert. Die genaue Position des Mikrofons hängt vom Typ des Hörgeräts ab. Bei einem BTE-Gerät ist das Mikrofon hinter dem Ohr positioniert, bei einem RIC-Gerät im Gehörgang und bei einem ITE-Gerät im Ohr, noch vor dem Gehörgang. Gegebenenfalls wird demnach nicht der gesamte akustische Pfad bis in den Gehörgang hinein berücksichtigt und die HRTF entsprechend nur für einen Teil des akustischen Pfads bestimmt, d.h. lediglich für einen einzelnen oder mehrere, jedoch nicht alle Abschnitte des akustischen Pfads.

[0028] Das Hörgerät ist entweder monaural und wird dann nur auf einer Seite (links oder rechts) des Kopfs getragen oder binaural und weist dann zwei Einzelgeräte auf, welche auf unterschiedlichen Seiten des Kopfs getragen werden (d.h. links und rechts). Bei einem binauralen Hörgerät weisen beide Einzelgeräte jeweils ein oder mehrere Mikrofone auf, zum Empfangen von Schallsignalen.

[0029] Vorzugsweise wird bei der Bestimmung der HRTF auch eine räumliche Situation bezüglich des Nutzers. Diese räumliche Situation ist vorzugsweise ausgewählt aus einer Menge an räumlichen Situationen, umfassend und insbesondere lediglich bestehend aus: eine Position des Nutzers relativ zur Audioquelle, eine Entfernung des Nutzers relativ zur Audioquelle, eine Orientierung des Nutzers relativ zur Audioquelle, eine Orientie-

rung des Kopfes des Nutzers relativ zu dessen Torso, eine Körperhaltung des Nutzers. Dabei ist die Orientierung des Kopfes des Nutzers relativ zu dessen Torso eine spezielle Körperhaltung, weitere Körperhaltungen sind z.B. Sitzen, Liegen, Stehen. Die Orientierung des Kopfes relativ zu Torso ist vorzugsweise eine Kopfdrehung um die longitudinale Körperachse des Nutzers, eine Kopfneigung um die Transversalachse des Nutzers (d.h. ein Nicken nach vorn/hinten) oder eine Lateralflexion (d.h. Kopfneigung zu einer Seite).

[0030] In einer geeigneten Ausgestaltung wird dann eine entsprechende räumliche Situation ermittelt und bei der Bestimmung der HRTF berücksichtigt. Dem liegt die Überlegung zugrunde, dass der akustische Pfad regelmäßig davon abhängt, wie der Körper des Nutzers relativ zur Audioquelle ausgerichtet ist und/oder welche Körperhaltung der Nutzer einnimmt, d.h. ob das Schallsignal den Nutzer z.B. von vorn, von hinten oder von der Seite erreicht und wie dessen eigener Körper, speziell Torso, das Schallsignal abschattet. Entsprechend ist die Modifikation des Schallsignals bei dessen Propagation zum Ohr des Nutzers abhängig von der relativen räumlichen Beziehung zwischen Nutzer und Audioquelle sowie der Körperhaltung des Nutzers, sodass auch die HRTF allgemein situationsabhängig und speziell richtungsabhängig und körperhaltungsabhängig ist. Für eine möglichst optimale Bestimmung der HRTF ist es entsprechend vorteilhaft, nicht nur allgemein möglichst viele Datensätze aufzunehmen, sondern auch, Datensätze zu möglichst vielen räumlichen Situationen aufzunehmen, d.h. in möglichst vielen unterschiedlichen, relativen räumlichen Beziehungen des Nutzers zur Audioquelle und/oder für möglichst viele Körperhaltungen des Nutzers. Dadurch wird dann die HRTF entsprechend vorteilhaft situationsabhängig und speziell richtungsabhängig und/oder körperhaltungsabhängig bestimmt.

[0031] Wie genau die räumliche Situation bestimmt wird, ist vorliegend von untergeordneter Bedeutung und daher hier nicht weiter Gegenstand, grundsätzlich ist jegliches hierzu bekannte Verfahren geeignet. In einer geeigneten Ausgestaltung ist das Hörgerät ein binaurales Hörgerät und empfängt entsprechend das Schallsignal der Audioquelle auf beiden Seiten. Die Orientierung des Nutzers relativ zur Audioquelle wird dann beispielsweise anhand eines Zeitversatzes oder Amplitudenunterschieds des auf den beiden Seiten empfangenen Schallsignals ermittelt. Denkbar und geeignet ist auch eine Verfolgung (d.h. "tracking") des Nutzers z.B. mittels einer Kamera der Audioquelle oder eines Beacon in einem vom Nutzer getragenen Zusatzgerät. Geeignet ist auch eine Ausgestaltung, bei welcher jeweils ein absoluter Standort der Audioquelle und des Hörgeräts bestimmt werden und die relative räumliche Beziehung dann durch Differenzbildung der Standorte bestimmt wird. Die Orientierung des Kopfes wird beispielsweise mittels einer Videobeobachtung des Nutzers ermittelt, mittels eines Gyroskops oder Magnetometers insbesondere des Hörgeräts oder es wird angenommen, dass die Orientierung

"geradeausblickend" angenommen, wenn längere Zeit (z.B. wenigstens 1 min) keine Änderung der Orientierung erfolgt ist.

[0032] Geeigneterweise werden zur Bestimmung der HRTF ein jeweiliger Ausschnitt aus dem ersten und dem zweiten Audiosignal und eine räumliche Situation bezüglich des Nutzers gemeinsam als ein Datensatz gespeichert. Ein jeweiliger Datensatz enthält dann nicht lediglich je ein Sample der beiden Audiosignale, sondern zusätzlich auch eine Information über die relative räumliche Beziehung des Nutzers zur Audioquelle und/oder die Körperhaltung des Nutzers zum Zeitpunkt dieser Samples.

[0033] Eine Erzeugung von Datensätzen ist auf verschiedenste Weisen möglich, insbesondere mit unterschiedlichem Grad an Beteiligung des Nutzers und mit oder ohne eine spezielle Ansteuerung der Audioquelle.

[0034] Zunächst ist eine Ausgestaltung geeignet, bei welcher fortlaufend Datensätze erzeugt werden, ohne dass der Nutzer überhaupt aktiv werden muss oder die Audioquelle speziell gesteuert werden muss. Das Verfahren wird somit bei bestimmungsgemäßer Verwendung sozusagen im Hintergrund ausgeführt und stört den Nutzer somit nicht.

[0035] In einer geeigneten Ausgestaltung wird die Audioquelle derart gesteuert, dass diese bei Vorliegen einer räumlichen Situation bezüglich des Nutzers, für welche noch keine Mindestanzahl an Datensätzen vorhanden ist, ein Quell-Audiosignal ausgibt, um für diese räumliche Situation einen Datensatz zu erzeugen. In dieser Ausgestaltung wird die Audioquelle demnach speziell gesteuert, um gezielt für solche räumlichen Situationen einen Datensatz zu erzeugen, für welche noch nicht ausreichend viele Datensätze für eine hinreichend gute Bestimmung der HRTF vorhanden sind. Wie viele Datensätze tatsächlich für eine jeweilige räumliche Situation benötigt werden, wie groß also die Mindestanzahl ist, ist zunächst nicht von Bedeutung. Beispielsweise beträgt die Mindestanzahl lediglich 1 oder alternativ 10, 100 oder 1000. Auch in dieser Ausgestaltung ist eine Beteiligung des Nutzers nicht erforderlich, es erfolgt jedoch eine spezielle Ansteuerung der Audioquelle, um gezielt möglichst sinnvolle Datensätze zu erzeugen. Das Hörgerät oder ein anderes Gerät überprüft beispielsweise, welche Position, Entfernung, Orientierung und/oder Körperhaltung aktuell vorliegt und ob die Anzahl an bereits vorhandenen Datensätzen wenigstens der Mindestanzahl entspricht.

Ist dies nicht der Fall wird die Audioquelle entsprechend angesteuert, um in dieser Situation das Quell-Audiosignal sowohl als Schallsignal als auch als Datensignal auszugeben, sodass dann ein Datensatz für die aktuelle Position, Entfernung, Orientierung und/oder Körperhaltung erzeugt wird.

[0036] In einer geeigneten Ausgestaltung wird eine Anweisung an den Nutzer ausgegeben, eine oder mehrere räumliche Situationen herzustellen, in welchen dann die Audioquelle jeweils ein Quell-Audiosignal ausgibt, um für diese räumlichen Situationen jeweils einen Da-

tensatz zu erzeugen. Die Anweisung wird beispielsweise von dem Hörgerät, der Audioquelle oder einem anderen Gerät ausgegeben. Die Anweisung ist beispielsweise akustisch oder optisch. Ob der Nutzer der Anweisung tatsächlich folgt, bleibt ihm oder ihr selbst überlassen. Jedenfalls besteht aber die Wahrscheinlichkeit, dass der Nutzer auf die Anweisung hin die geforderte räumliche Situation herstellt, sodass für diese dann gezielt ein Datensatz erzeugt werden kann und auch wird. Das Verfahren nutzt dann eine Beteiligung des Nutzers, eine spezielle Ansteuerung der Audioquelle ist jedoch nicht zwingend erforderlich.

[0037] Vorteilhaft ist auch eine Ausgestaltung, bei welcher das Hörgerät einen Testmodus aufweist und in diesem an den Nutzer ein Ausgangssignal ausgibt, welches eine räumliche Geräuschinformation (d.h. "spatial cue", z.B. ein räumlich lokalisiertes Geräusch) aufweist, um den Nutzer dazu zu veranlassen sich in eine vorgesehene Richtung zu bewegen oder zu orientieren (insgesamt oder nur mit dem Kopf), nämlich insbesondere dorthin, wo das Geräusch vermeintlich herkommt. Weiter wird dann bestimmt, in welche tatsächliche Richtung sich der Nutzer bewegt oder orientiert und diese wird mit der vorgesehenen Richtung verglichen, um einen Anpassungsgrad der HRTF an den Nutzer zu ermitteln. Der Anpassungsgrad gibt insbesondere an, wie gut die aktuell bestimmte HRTF mit der tatsächlichen HRTF übereinstimmt. Dies wird im Testmodus dadurch überprüft, dass mittels der aktuell bestimmten HRTF das Ausgangssignal erzeugt wird. Weicht die aktuell bestimmte HRTF von der tatsächlichen HRTF ab, so wird der Nutzer das Geräusch fälschlicherweise in einer anderen Richtung verorten als wenn tatsächlich ein Geräusch aus der vorgesehenen Richtung käme und durch die tatsächliche HRTF modifiziert würde. Der Testmodus ermöglicht somit eine Überprüfung der bisher bestimmten HRTF und auch eine Ermittlung, wie gut diese mit der tatsächlichen HRTF für den Nutzer übereinstimmt. In einer beispielhaften Ausgestaltung wird der Nutzer dazu veranlasst, bei neutraler Pupillenstellung in eine bestimmte Richtung zu blicken. Die hierdurch dann gewonnenen Datensätze werden zweckmäÙigerweise zum Test des Anpassungsgrads genutzt. Dieses Vorgehen ist weniger fordernd für den Nutzer, als diesen sich durch den Raum bewegen zu lassen. Zusätzlich werden hiermit zweckmäÙigerweise noch Datensätze zu fehlenden räumlichen Situationen hinsichtlich der Orientierung des Kopfes relativ zum Torso aufgenommen.

[0038] Die HRTF ist grundsätzlich selbst zerlegbar in mehrere einzelne Übertragungsfunktionen, welche einzelne Abschnitte des akustischen Pfads modellieren und welche dann zusammengefügt die HRTF für den gesamten akustischen Pfad ergeben. Unter Umständen ist es nicht erforderlich oder sogar unmöglich, die HRTF für den gesamten akustischen Pfad auf die beschriebene Weise zu bestimmen, sondern nur für einen oder mehrere einzelne Abschnitte, speziell diejenigen Abschnitte, welche dem Nutzer am nächsten sind. Die übrigen Ab-

schnitte werden dann insbesondere mittels einer jeweiligen Standardfunktion modelliert.

[0039] In einer zweckmäÙigen Ausgestaltung erfolgt die Bestimmung der HRTF ausgehend von einer Basis-HRTF, welche eine Übertragungsfunktion für lediglich einen ersten Abschnitt eines akustischen Pfads von der Audioquelle zum Gehörgang des Nutzers ist, sodass die HRTF überwiegend für einen anderen, zweiten Abschnitt des akustischen Pfads bestimmt wird. Dem liegt die Überlegung zugrunde, dass die HRTF regelmäßig am Stärksten durch das Ohr des Nutzers und speziell dessen Pinna definiert ist und demgegenüber weniger durch den Torso des Nutzers oder dessen allgemeine Kopfform. Daher enthält der zweite Abschnitt insbesondere denjenigen Teil des akustischen Pfads, welcher die Pinna enthält. Die Basis-HRTF ist dann beispielsweise eine HRTF eines Dummies und berücksichtigt vornehmlich die Körperform und allgemeine Kopfform des Nutzers. Diese Basis-HRTF wird dann durch das vorliegende Verfahren dahingehend optimiert, dass die spezielle Form der Pinna des Nutzers berücksichtigt wird, sodass insgesamt die HRTF nutzerspezifisch bestimmt wird. Hierfür ist das Hörgerät zweckmäÙigerweise derart ausgebildet, dass dessen Mikrofon in getragenem Zustand im Gehörgang oder im Ohr des Nutzers positioniert ist und nicht lediglich hinter dem Ohr.

[0040] Wie bereits angedeutet, wird die HRTF nicht zwingend von dem Hörgerät bestimmt. Bevorzugterweise wird die HRTF von einem Computer bestimmt, insbesondere einem Server, welcher separat von dem Hörgerät und der Audioquelle ausgebildet ist. Nachfolgend wird ohne Beschränkung der Allgemeinheit von einem Server als Computer ausgegangen. Wie genau die Datensätze hierfür an den Server gelangen ist nicht weiter relevant und hängt auch von der gewählten Ausgestaltung des Verfahrens, dem Hörgerät, der Audioquelle und anderen gegebenenfalls beteiligten Geräten ab. Beispielsweise sendet das Hörgerät das erste, akustisch übertragene Audiosignal oder Ausschnitte hiervon an den Server, ebenso wird das zweite, akustisch übertragene Audiosignal oder Ausschnitte hiervon von dem Hörgerät oder von einem anderen Gerät, z.B. einem Smartphone oder der Audioquelle, an den Server gesendet. Der Server sendet dann wiederum zweckmäÙigerweise die HRTF an das Hörgerät.

[0041] Bevorzugterweise ist die Audioquelle ein stationäres Gerät. Unter "stationär" wird insbesondere unbewegt verstanden, aber nicht zwingend generell unbeweglich. Mit anderen Worten: die Audioquelle verharrt typischerweise an derselben Stelle in einer Umgebung, z.B. einem Raum, während der Nutzer sich relativ zur Audioquelle bewegt und sich allgemein die räumliche Situation bezüglich des Nutzers ändert. Ein stationäres Gerät hat insbesondere den Vorteil, dass jegliche Bewegung des Nutzers automatisch eine Änderung der räumlichen Situation erzeugt, sodass entsprechend Datensätze zu verschiedenen räumlichen Situationen auf einfache Weise erzeugbar sind.

[0042] Besonders bevorzugt ist eine Ausgestaltung, bei welcher die Audioquelle ein TV-Gerät ist, auch als Fernseher bezeichnet. Ein TV-Gerät ist insbesondere ein stationäres Gerät. Die Verwendung eines TV-Geräts als Audioquelle in einem Verfahren wie hier beschrieben hat verschiedene Vorteile. Zum einen weist ein TV-Gerät typischerweise einen oder mehrere Lautsprecher auf, welche eine hohe Ausgabequalität aufweisen und dadurch ein besonders breites Frequenzspektrum abdecken und das Quell-Audiosignal auch besonders originalgetreu ausgeben. Dies gilt besonders im Vergleich zu einem Smartphone. Außerdem hält sich der Nutzer relativ zum TV-Gerät typischerweise in einer Entfernung von wenigen Metern auf, welche ähnlich ist zur Entfernung bei der Bestimmung einer HRTF in einem echofreien Raum wie eingangs beschrieben und welche optimal ist zur Bestimmung der HRTF. Außerdem ist das TV-Gerät in der Umgebung typischerweise immer an derselben Position platziert, sodass zusätzliche raumakustische Effekte bei der Bestimmung der HRTF besser berücksichtigt werden können, insbesondere entlang eines Abschnitts des akustischen Pfads, welcher nicht durch die HRTF abgebildet wird. Schließlich ist auch zu erwarten, dass Schallsignale von einem TV-Gerät keine sensiblen, persönlichen Daten enthalten, anders als z.B. bei Schallsignalen von einem Smartphone.

[0043] Vorzugsweise wird das hier beschriebene Verfahren durchgeführt, während der Nutzer fernsieht, insbesondere mit der Audioquelle, d.h. während die Audioquelle, welche ein TV-Gerät ist, eingeschaltet ist und sich der Nutzer in dessen näherer Umgebung aufhält (z.B. innerhalb von weniger als 5 m entfernt von der Audioquelle). Dabei ist nicht zwingend erforderlich, dass der Nutzer dem von dem TV-Gerät ausgesendeten Inhalten folgt oder spezielle Beachtung schenkt. Die Durchführung des Verfahrens, während der Nutzer fernsieht, hat diverse Vorteile.

[0044] Einerseits ist zu erwarten, dass der Nutzer über einen längeren Zeitraum von z.B. 1 bis 2 Stunden fernsieht, sodass entsprechend besonders viele Datensätze aufgenommen werden. Auch ist zu erwarten, dass der Nutzer wiederholt fernsieht, sodass wiederkehrend entsprechend viele Datensätze aufgenommen werden. Weiter finden während des Fernsehens typischerweise keine persönlichen Gespräche des Nutzers mit anderen Personen statt, sodass sichergestellt ist, dass keine sensiblen, persönlichen Daten aufgezeichnet werden. Falls doch, werden diese zweckmäßigerweise verworfen. Ein persönliches Gespräch wird vom Hörgerät beispielsweise dadurch erkannt, dass das zugehörige Schallsignal aus einer anderen Richtung eintrifft, als das Schallsignal von der Audioquelle. Auch andere Störgeräusche sind während des Fernsehens typischerweise nicht vorhanden, da andere Geräuschequellen vom Nutzer regelmäßig ausgeschaltet werden, sodass insgesamt Datensätze mit sehr guter Qualität erzeugt werden.

[0045] Die Verwendung eines TV-Geräts ist außerdem vorteilhaft, da dieses zwar regelmäßig mehrere Laut-

sprecher aufweist, dabei jedoch auch derart betreibbar ist, dass lediglich ein einzelner Lautsprecher zur Ausgabe von Schallsignalen verwendet wird. Dadurch wird die Bestimmung der HRTF deutlich genauer, da nun lediglich eine einzelne Schallquelle vorhanden ist und der akustische Pfad somit sehr genau definiert ist. Dies gilt auch allgemein für alle Audioquellen mit mehreren Lautsprechern. In einer vorteilhaften Ausgestaltung wird daher die Audioquelle derart gesteuert, dass diese das Audio-
signal als Schallsignal über lediglich einen einzelnen Lautsprecher ausgibt. Die Ausgabe über lediglich einen Lautsprecher ist für den Nutzer zumindest insofern nicht einschränkend, als dass dieser das Quell-Audiosignal vorteilhaft gegebenenfalls auch mittels des Streaming-
betriebs als Datensignal empfängt und entsprechend nicht auf die Schallausgabe der Audioquelle angewiesen ist. Vorzugsweise wird das Hörgerät während des Ver-
fahrens demnach im Streamingbetrieb betrieben. Sofern die zusätzliche Schallausgabe als störend empfunden wird, wird das Schallsignal beispielsweise durch das Hör-
gerät mittels einer ANC-Einheit herausgefiltert (ANC be-
deutet "active noise cancelling", d.h. aktive Geräuschunterdrückung).

[0046] In einer zweckmäßigen Ausgestaltung wird ein Akustikparameter der Umgebung bestimmt, um insbesondere einen oder mehrere raumakustische Effekte zu quantifizieren, und bei der Bestimmung der HRTF be-
rücksichtigt. Raumakustische Effekte sind beispielsweise Reflektionen des Schallsignals an Wänden oder Ge-
genständen in der Umgebung oder ein Nachhallen, speziell in einem Raum. Entsprechend sind Akustikparame-
ter der Umgebung eine Zeit oder eine Amplitude, welche eine Impulsantwort der Umgebung, eine frühe Reflektion (sogenannte "early reflection") der Umgebung oder einen Nachhall ("reverberation") der Umgebung quantifizieren. Der Akustikparameter wird beispielsweise mit dem Hör-
gerät bestimmt oder mit einem anderen Gerät. Zweck-
mäßig ist es auch, zur Bestimmung des Akustikparame-
ters in der Umgebung ein zusätzliches Mikrofon im zu-
Raum platzieren.

[0047] Ein erfindungsgemäßes Hörgerät weist eine Steuereinheit auf, welche ausgebildet ist zur Durchfüh-
rung eines Verfahrens wie vorstehend beschrieben, ge-
gebenenfalls in Kombination mit einer Audioquelle und/oder einem anderen Gerät wie beschrieben.

[0048] Die Aufgabe wird weiterhin insbesondere gelöst durch einen Computer und/oder ein anderes Gerät, z.B. Smartphone wie oben beschrieben.

[0049] Nachfolgend werden Ausführungsbeispiele der Erfindung anhand einer Zeichnung näher erläutert. Darin zeigen jeweils schematisch:

Fig. 1 eine Umgebung mit einer Audioquelle und ei-
nem Nutzer mit Hörgerät,

Fig. 2 ein akustischer Pfad,

Fig. 3 ein Hörgerät,

Fig. 4 die Bestimmung einer HRTF aus mehrere Datensätzen,

Fig. 5 eine Audioquelle, ein Hörgerät und ein Computer.

[0050] In Fig. 1 ist ein Kerngedanke der vorliegenden Erfindung illustriert, nämlich zur Bestimmung einer HRTF 2 für einen bestimmten Nutzer 4 eine Audioquelle 6 zu verwenden, welche ein Quell-Audiosignal 8 sowohl akustisch als auch nicht-akustisch ausgeben kann. Die Audioquelle 6 ist hier ein Mediengerät und speziell ein TV-Gerät. Die Audioquelle 6 wird wiederkehrend vom Nutzer 4 in dessen Alltag genutzt. Das akustisch ausgegebene Audiosignal propagiert entlang eines akustischen Pfads 10 zum Nutzer und speziell bis zu einem Mikrofon 12 eines Hörgeräts 14 des Nutzers 4 und wird entlang des akustischen Pfads 10 durch die Körperform des Nutzers 4 modifiziert.

[0051] Ein beispielhafter akustischer Pfad 10 ist in Fig. 2 gezeigt und enthält mehrere Abschnitte 16, 18, 20. Ein erster Abschnitt 16 ist definiert durch eine erste Modifikation, welche unabhängig vom Nutzer 4 durch die Umgebung erfolgt, und ist hier nicht weiter von Bedeutung. Ein zweiter Abschnitt 18 ist definiert durch eine zweite Modifikation, welche durch die Körperform (hauptsächlich Torsoform) und Kopfform des Nutzers 4 erfolgt. Der zweite Abschnitt 28 bildet den akustischen Pfad 10 über/entlang/durch den Körper des Nutzers 4 bis zum Ohr oder bis hinter das Ohr des Nutzers 4. Eine dritte Modifikation 20 erfolgt durch das Ohr, speziell die Pinna des Nutzers 4 und definiert somit einen dritten und hier auch letzten Abschnitt 20 des akustischen Pfads 10 von außerhalb des Ohrs bis in den Gehörgang des Nutzers 4. Die Abschnitte 18, 20 sind definiert durch eine Übertragungsfunktion, welche der tatsächlichen, individuellen HRTF des Nutzers 4 entspricht. Das nicht-akustisch ausgegebene Audiosignal wird hingegen gerade nicht durch diese HRTF 2 modifiziert, sodass sich durch einen Vergleich der beiden unterschiedlich übertragenen Audiosignale die HRTF 2 individuell für den Nutzer bestimmen lässt.

[0052] Das hier beschriebene Verfahren dient allgemein zur Bestimmung einer HRTF 2 (d.h. "head-related transfer function" oder kopfbezogene Übertragungsfunktion). Die Bestimmung der HRTF 2 erfolgt nutzerspezifisch für einen bestimmten Nutzer 4. Die Audioquelle 6 das Quell-Audiosignal 8 aus, nämlich sowohl akustisch als ein Schallsignal 22 als auch nicht-akustisch als ein Datensignal 24. Das Quell-Audiosignal 8 ist ein Audiosignal und als solches ein elektrisches Signal. Zur akustischen Ausgabe des Quell-Audiosignals 8 weist die Audioquelle 6 einen Lautsprecher 26 auf. Das gleiche Quell-Audiosignal 8 wird auch auf einem weiteren, nicht-akustischen Kanal ausgegeben, nämlich als Datensignal 24. Zur nicht-akustischen Ausgabe des Quell-Audiosignals 8 weist die Audioquelle 6 einen Datenausgang 28 auf, im gezeigten Ausführungsbeispiel eine Antenne für eine

Drahtlosfunkverbindung. Eine drahtgebundene Aussenleitung ist aber ebenso möglich, der Datenausgang 28 ist dann ein entsprechender Anschluss. Wesentlich ist zunächst lediglich, dass dasselbe Quell-Audiosignal 8 auf zwei unterschiedlichen Kanälen ausgegeben wird, nämlich einmal akustisch als Schallsignal 22 und einmal nicht-akustisch als Datensignal 24.

[0053] Das Schallsignal 22 wird von dem Hörgerät 14 empfangen und von diesem wieder in ein Audiosignal umgewandelt, nämlich in ein erstes Audiosignal 30, welches auch als "akustisch übertragenes Audiosignal" bezeichnet wird. Speziell bei einem Hörgerät 14 zur Versorgung eines hörgeschädigten Nutzers 4 ist das Empfangen von Schallsignalen 22 aus der Umgebung eine originäre Funktion des Hörgeräts 16. Das Datensignal 24 wird von dem Hörgerät 14 oder von einem anderen Gerät 32 empfangen, welches aus dem Datensignal 24 ein zweites Audiosignal 34 erzeugt. Hierzu weist das Hörgerät 14 oder das andere Gerät 32 entsprechend einen Dateneingang 44 auf, z.B. eine Antenne. Das andere Gerät 32 ist im gezeigten Ausführungsbeispiel ein Zusatzgerät, welches zum Datenaustausch mit dem Hörgerät 14 verbunden ist, beispielsweise ein Smartphone. Das zweite Audiosignal 34 wird auch als "nicht-akustisch übertragenes Audiosignal" bezeichnet.

[0054] Das erste Audiosignal 30 und das zweite Audiosignal 34, d.h. die auf unterschiedlichen Kanälen übertragenen Audiosignale, werden miteinander verglichen und basierend darauf, d.h. basierend auf dem Vergleich, wird die HRTF 2 bestimmt. Das zweite Audiosignal 34 stimmt typischerweise weitgehend mit dem Quell-Audiosignal 8 überein und ist zumindest nicht durch die HRTF 2 beeinflusst worden. Im Gegensatz dazu wurde das Schallsignal 22 durch die HRTF 2 modifiziert, sodass sich das erste Audiosignal 30 entsprechend vom Quell-Audiosignal 8 unterscheidet. Zum Bestimmen der HRTF 2 wird dann z.B. das erste Audiosignal 30 als ein Soll-Signal verwendet und das zweite Audiosignal 34 als ein Ist-Signal.

[0055] Die auf die vorgenannte Weise bestimmte HRTF 2 wird vorliegend in dem Hörgerät 14 gespeichert und von einer Signalverarbeitung 36 des Hörgeräts 16 im Betrieb verwendet, um im Ergebnis das Schallsignal anzupassen, welches vom Hörgerät 14 an den Nutzer 4 ausgegeben wird. Ein beispielhaftes Hörgerät 14 ist in Fig. 3 gezeigt. Das hier gezeigte Hörgerät 14 ist ohne Beschränkung der Allgemeinheit ein Hörgerät 14 zur Versorgung eines hörgeschädigten Nutzers 4. Ebenso ist die Erfindung aber auch anwendbar auf andere Hörgeräte 16, wie z.B. einen Kopfhörer, welcher zusätzlich ein oder mehrere Mikrofone aufweist. Das hier gezeigte Hörgerät 14 weist einen Eingangswandler (nämlich das Mikrofon 12), die bereits genannte Signalverarbeitung 36 und einen Ausgangswandler 38 auf, hier ein Hörer. Der Eingangswandler erzeugt ein Eingangssignal, welches der Signalverarbeitung 36 zugeführt wird. Vorliegend erzeugt der Eingangswandler speziell auch das erste Audiosignal 30, welches entsprechend ein Eingangssignal

ist. Die Signalverarbeitung 36 modifiziert das Eingangssignal und erzeugt dadurch ein Ausgangssignal, welches somit ein modifiziertes Eingangssignal ist. Zum Ausgleich eines Hörverlusts wird das Eingangssignal beispielsweise gemäß einem Audiogramm des Nutzers 4 mit einem frequenzabhängigen Verstärkungsfaktor verstärkt. Alternativ oder zusätzlich wird das Eingangssignal abhängig von der HRTF 2 modifiziert. Das Ausgangssignal wird schließlich mittels des Ausgangswandlers 38 an den Nutzer 4 ausgegeben.

[0056] In der hier gezeigten Ausgestaltung werden zur Bestimmung der HRTF 2 aus dem ersten und dem zweiten Audiosignal 30, 34 jeweils lediglich Ausschnitte 40, sogenannten Samples, entnommen und als ein Datensatz 42 gespeichert. Dies ist in Fig. 4 illustriert. Die beiden Ausschnitte 40 (ein Ausschnitt 40 aus dem ersten Audiosignal 30 und ein Ausschnitt 40 aus dem zweiten Audiosignal 34) eines jeweiligen Datensatzes 42 stammen hier auch aus demselben Zeitintervall oder weisen einen übereinstimmenden Zeitstempel auf. Typischerweise wird eine Vielzahl an Datensätzen 42 aufgenommen und gespeichert und zur Bestimmung der HRTF 2 ausgewertet. Dies erfolgt entweder auf dem Hörgerät 14, auf einem Zusatzgerät wie beschrieben oder auf einem separaten Computer, z.B. einem Server.

[0057] Die zuvor beschriebene Aufnahme und Wiederausgabe eines Schallsignals mit Modifikation auf elektrischer Ebene ist der Regelfall im Betrieb des Hörgeräts 16, dies wird auch als "Normalbetrieb" des Hörgeräts 16 bezeichnet. Zusätzlich zum Normalbetrieb weist das hier beschriebene Hörgerät 14 noch einen Streamingbetrieb auf, in welchem die Ausgabe an den Nutzer 4 auf dem Datensignal 24 basiert, welches von der Audioquelle 6 ausgesendet wird. Beim Streamingbetrieb wird auf eine Umwandlung in und Rückwandlung aus einem Schallsignal verzichtet und ein Audiosignal von der Audioquelle 6 verlustfrei und unbeeinflusst zum Nutzer 4 übertragen. Der Streamingbetrieb wird beispielsweise verwendet, um ein Audiosignal 8 von einem TV-Gerät, Computer oder Smartphone und allgemein von einer Audioquelle 6 zum Hörgerät 14 zu übertragen. Das Hörgerät 14 weist entsprechend einen Dateneingang 44 auf, welcher komplementär zum Datenausgang 28 der Audioquelle ausgebildet ist, hier demnach ebenfalls als eine Antenne.

[0058] Vorliegend werden nun die Funktionalitäten des Normalbetriebs und des Streamingbetriebs vereint, um die HRTF 2 zu bestimmen. Das Hörgerät 14 empfängt einerseits mittels des Mikrofons 12 das Schallsignal 22 von der Audioquelle 6 und nutzt somit die Funktionalität des Normalbetriebs. Andererseits empfängt das Hörgerät 14 das Datensignal 24 von der Audioquelle 6 und nutzt somit die Funktionalität des Streamingbetriebs. Welches der beiden Audiosignale 30, 34 dann tatsächlich auch wieder über den Ausgangswandler 38 an den Nutzer 4 ausgegeben wird, ist nicht von Bedeutung und bleibt z.B. dem Nutzer überlassen.

[0059] Für das hier beschriebene Verfahren ist jedoch nicht zwingend erforderlich, dass das Hörgerät 14 einen

Streamingbetrieb aufweist oder generell das Datensignal 24 empfängt, dieses kann auch von einem anderen Gerät 32 empfangen werden. Das erste und das zweite Audiosignal 30, 34 müssen lediglich auf irgendeinem Gerät 5 zusammengeführt werden, um dort verglichen zu werden und darauf basierend die HRTF 2 zu bestimmen.

[0060] Wichtig für die korrekte Bestimmung der HRTF 2 ist jedoch, dass das Hörgerät 14 das Schallsignal 22 empfängt, denn das Hörgerät 14 wird vom Nutzer 4 getragen, während jedes andere Gerät 32 regelmäßig abseits des Nutzers 4 positioniert ist und daher nicht geeignet ist, ein Schallsignal 22 zu empfangen, welches entlang des akustischen Pfads 10 zum Nutzer 4 propagiert. In der hier gezeigten Ausgestaltung empfängt entsprechend das Hörgerät 14 das Schallsignal 22 mit einem Mikrofon 12, welches ein Teil des Hörgeräts 16 ist. Das hier gezeigte Hörgerät 14 ist zudem derart ausgebildet, dass in getragenem Zustand das Mikrofon 12 in oder an einem Ohr des Nutzers 4 positioniert ist. Die 10 genaue Position des Mikrofons 12 hängt vom Typ des Hörgeräts 16 ab. Bei einem BTE-Gerät ist das Mikrofon 12 hinter dem Ohr positioniert, bei einem RIC-Gerät im Gehörgang und bei einem ITE-Gerät im Ohr, noch vor dem Gehörgang. Gegebenenfalls wird demnach nicht 15 der gesamte akustische Pfad 10 bis in den Gehörgang hinein berücksichtigt und die HRTF 2 entsprechend nur für einen oder einzelne Abschnitte 18, 20 des akustischen Pfads 10 bestimmt. Das Hörgerät 14 ist entweder monaural und wird dann nur auf einer Seite (links oder 20 rechts) des Kopfs getragen oder - wie hier gezeigt - binaural und weist dann zwei Einzelgeräte auf, welche auf unterschiedlichen Seiten des Kopfs getragen werden (d.h. links und rechts). Bei einem binauralen Hörgerät 14 weisen beide Einzelgeräte jeweils ein oder mehrere Mikrofone 12 auf.

[0061] Im hier gezeigten Ausführungsbeispiel wird bei der Bestimmung der HRTF 2 auch die räumliche Situation bezüglich des Nutzers 4 berücksichtigt, hier speziell dessen relative räumliche Beziehung zur Audioquelle 6. 25 Die räumliche Situation ist im gezeigten Ausführungsbeispiel charakterisiert durch eine Position 46, Entfernung 48 und/oder Orientierung 50 des Nutzers 4 relativ zur Audioquelle 6. In einer nicht explizit gezeigten Variante ist die räumliche Situation alternativ oder zusätzlich speziell eine Orientierung des Kopfes des Nutzers 4 relativ zu dessen Torso oder allgemein eine Körperhaltung des Nutzers 4. Andere Körperhaltungen sind z.B. Sitzen, Liegen, Stehen. Der akustische Pfad 10 hängt regelmäßig davon ab, wie der Körper des Nutzers 4 relativ zur Audioquelle 6 ausgerichtet ist oder welche Körperhaltung 30 der Nutzer 4 einnimmt, d.h. ob das Schallsignal 22 den Nutzer 4 z.B. von vorn, von hinten oder von der Seite erreicht und wie dessen eigener Körper, speziell Torso, das Schallsignal abschattet. Entsprechend ist die Modifikation des Schallsignals 22 bei dessen Propagation zum Nutzer 4 abhängig von der relativen räumlichen Beziehung zwischen Nutzer 4 und Audioquelle 6 sowie der Körperhaltung des Nutzers 4, sodass auch die HRTF 2 35 40 45 50 55

situationsabhängig und speziell richtungsabhängig und Körperhaltungsabhängig ist. Daher werden Datensätze 42 in möglichst vielen unterschiedlichen, relativen räumlichen Situationen aufgenommen, d.h. für möglichst viele verschiedene Positionen 46, Entferungen 48, Orientierungen 50 und/oder Körperhaltungen. Wie genau die räumliche Situation, z.B. die Position 46, Entfernung 48 und/oder Orientierung 50 des Nutzers 4 relativ zur Audioquelle 6, bestimmt wird, ist vorliegend von untergeordneter Bedeutung und daher hier nicht weiter Gegenstand. Jedenfalls werden vorliegend zur Bestimmung der HRTF 2 ein jeweiliger Ausschnitt 40 aus dem ersten und dem zweiten Audiosignal 30, 34 und eine räumliche Situation gemeinsam als ein Datensatz 42 gespeichert, sodass ein jeweiliger Datensatz 42 dann auch eine Information über die räumliche Situation enthält.

[0062] Eine Erzeugung von Datensätzen 42 ist auf verschiedenste Weisen möglich, insbesondere mit unterschiedlichem Grad an Beteiligung des Nutzers 4 und mit oder ohne eine spezielle Ansteuerung der Audioquelle 6.

[0063] Zunächst ist eine Ausgestaltung möglich, bei welcher fortlaufend Datensätze 42 erzeugt werden, ohne dass der Nutzer 4 überhaupt aktiv werden muss oder die Audioquelle 6 speziell gesteuert werden muss. Das Verfahren wird somit bei bestimmungsgemäßer Verwendung sozusagen im Hintergrund ausgeführt und stört den Nutzer 4 somit nicht.

[0064] Alternativ oder zusätzlich wird die Audioquelle 6 derart gesteuert, dass diese bei Vorliegen einer räumlichen Situation, für welche noch keine Mindestanzahl an Datensätzen 42 vorhanden ist, ein Quell-Audiosignal 8 ausgibt, um für diese räumliche Situation einen Datensatz 42 zu erzeugen. In dieser Ausgestaltung wird die Audioquelle 6 demnach speziell gesteuert, um gezielt für solche räumlichen Situationen einen Datensatz 42 zu erzeugen, für welche noch nicht ausreichend viele Datensätze 42 für eine hinreichend gute Bestimmung der HRTF 2 vorhanden sind. Wie viele Datensätze 42 tatsächlich für eine jeweilige räumliche Situation benötigt werden, wie groß also die Mindestanzahl ist, ist zunächst nicht von Bedeutung. Beispielsweise beträgt die Mindestanzahl lediglich 1 oder alternativ 10, 100 oder 1000. Auch in dieser Ausgestaltung ist eine Beteiligung des Nutzers 4 nicht erforderlich, es erfolgt jedoch eine spezielle Ansteuerung der Audioquelle 6, um gezielt möglichst sinnvolle Datensätze 42 zu erzeugen.

[0065] Alternativ oder zusätzlich wird eine Anweisung an den Nutzer 4 ausgegeben, eine oder mehrere räumliche Situationen herzustellen, in welchen dann die Audioquelle 6 jeweils ein Quell-Audiosignal 8 ausgibt, um für diese räumlichen Situationen jeweils einen Datensatz 42 zu erzeugen. Die Anweisung wird beispielsweise von dem Hörgerät 14, der Audioquelle 6 oder einem anderen Gerät 32 ausgegeben. Die Anweisung ist beispielsweise akustisch oder optisch. Ob der Nutzer 4 der Anweisung tatsächlich folgt, bleibt ihm oder ihr selbst überlassen. Das Verfahren nutzt dann insgesamt eine Beteiligung des Nutzers 4, eine spezielle Ansteuerung der Audio-

quelle 6 ist jedoch nicht zwingend erforderlich.

[0066] Alternativ oder zusätzlich weist das Hörgerät 14 einen Testmodus auf und gibt in diesem an den Nutzer 4 ein Ausgangssignal aus, welches eine räumliche Geräuschinformation (d.h. "spatial cue", z.B. ein räumlich lokalisiertes Geräusch) aufweist, um den Nutzer 4 dazu zu veranlassen sich in eine vorgesehene Richtung zu bewegen oder zu orientieren, nämlich insbesondere dorthin, wo das Geräusch vermeintlich herkommt. Weiter wird dann bestimmt, in welche tatsächliche Richtung sich der Nutzer 4 bewegt oder orientiert und diese wird mit der vorgesehenen Richtung verglichen, um einen Anpassungsgrad der HRTF 2 an den Nutzer 4 zu ermitteln. Der Anpassungsgrad gibt dann z.B. an, wie gut die aktuell bestimmte HRTF 2 mit der tatsächlichen HRTF 2 übereinstimmt. Der Testmodus ermöglicht somit eine Überprüfung der bisher bestimmten HRTF 2 und auch eine Ermittlung, wie gut diese mit der tatsächlichen HRTF 2 für den Nutzer 4 übereinstimmt.

[0067] Wie in Fig. 2 bereits erkennbar ist, ist die HRTF 2 grundsätzlich selbst zerlegbar in mehrere einzelne Übertragungsfunktionen, welche einzelne Abschnitte (z. B. die Abschnitte 18, 20) des akustischen Pfads 10 modellieren und welche dann zusammengefügt die HRTF 2 für den gesamten akustischen Pfad 10 ergeben. Unter Umständen ist es nicht erforderlich oder sogar unmöglich, die HRTF 2 für den gesamten akustischen Pfad 10 auf die beschriebene Weise zu bestimmen, sondern nur für einen oder mehrere einzelne Abschnitte 18, 20, speziell diejenigen Abschnitte 18, 20, welche dem Nutzer 4 am nächsten sind, hier vor allem der dritte Abschnitt 20. Die übrigen Abschnitte 18 werden dann z.B. mittels einer jeweiligen Standardfunktion modelliert, besonders auch der Abschnitt 16, welcher an sich nicht zur HRTF beiträgt, dessen Bestimmung jedoch gegebenenfalls verfälscht.

[0068] In einer möglichen Ausgestaltung erfolgt die Bestimmung der HRTF 2 ausgehend von einer Basis-HRTF, welche eine Übertragungsfunktion für lediglich einen ersten Abschnitt 18, 20 eines akustischen Pfads 10 von der Audioquelle 6 zum Gehörgang des Nutzers 4 ist, sodass die HRTF 2 überwiegend für einen anderen, zweiten Abschnitt 18, 20 des akustischen Pfads 10 bestimmt wird. Beispielsweise enthält der zweite Abschnitt insbesondere denjenigen Teil des akustischen Pfads 10, welcher die Pinna enthält, hier der dritte Abschnitt 20 in Fig. 2. Die Basis-HRTF ist dann beispielsweise eine HRTF 2 eines Dummys und berücksichtigt vornehmlich die Körperform und allgemeine Kopfform des Nutzers 4. Diese Basis-HRTF wird dann durch das vorliegende Verfahren dahingehend optimiert, dass die spezielle Form der Pinna des Nutzers 4 berücksichtigt wird, sodass insgesamt die HRTF 2 nutzerspezifisch bestimmt wird. Hierfür ist das Hörgerät 14 z.B. derart ausgebildet, dass dessen Mikrofon 12 in getragenem Zustand im Gehörgang oder im Ohr des Nutzers 4 positioniert ist und nicht lediglich hinter dem Ohr.

[0069] Die HRTF 2 wird nicht zwingend von dem Hörgerät 14 bestimmt. In Fig. 5 wird die HRTF 2 beispielwei-

se von einem Computer 52 bestimmt, hier einem Server, welcher separat von dem Hörgerät 14 und der Audioquelle 6 ausgebildet ist. Wie genau die Datensätze 42 hierfür an den Server gelangen ist nicht weiter relevant und hängt auch von der gewählten Ausgestaltung des Verfahrens, dem Hörgerät 14, der Audioquelle 6 und anderen gegebenenfalls beteiligten Geräten 32 ab. Insofern zeigt Fig. 5 lediglich eine von vielen möglichen Ausführungsformen. Möglich sind beispielsweise Ausgestaltungen, bei welchen das Hörgerät 14 das erste, akustisch übertragene Audiosignal 30 oder Ausschnitte 40 hiervon an den Server sendet, ebenso wird das zweite, akustisch übertragene Audiosignal 34 oder Ausschnitte 4 hiervon von dem Hörgerät 14 oder von einem anderen Gerät 32, z.B. einem Smartphone oder der Audioquelle 6, an den Server gesendet, welcher dann die HRTF 2 an das Hörgerät 14 sendet.

[0070] Im gezeigten Ausführungsbeispiel der Fig. 1 ist die Audioquelle 6 ein stationäres Gerät und verharrt typischerweise an derselben Stelle in der Umgebung, z.B. einem Raum wie gezeigt, während der Nutzer 4 sich relativ zur Audioquelle 6 bewegt und sich allgemein die räumliche Situation ändert. Eine solche Bewegung des Nutzers 4 ist in Fig. 1 durch einen beispielhaften Bewegungspfad 54 illustriert. Zudem ist die Audioquelle 6 in der hier gezeigten Ausgestaltung ein TV-Gerät. Wie in Fig. 1 erkennbar ist, hält sich der Nutzer 4 relativ zum TV-Gerät typischerweise in einer Entfernung von wenigen Metern auf, welche ähnlich ist zur Entfernung bei der Bestimmung einer HRTF 2 in einem echofreien Raum wie eingangs beschrieben. Außerdem ist das TV-Gerät in der Umgebung typischerweise immer an derselben Position platziert, sodass zusätzliche raumakustische Effekte, speziell entlang des ersten Abschnitts 16, bei der Bestimmung der HRTF 2 besser berücksichtigt werden. Das hier beschriebene Verfahren wird auch speziell dann durchgeführt, während der Nutzer 4 fernsieht, d.h. während die Audioquelle 6 eingeschaltet ist und sich der Nutzer 4 in dessen näherer Umgebung aufhält (z.B. innerhalb von weniger als 5 m entfernt von der Audioquelle 6). Dabei ist nicht zwingend erforderlich, dass der Nutzer 4 dem von dem TV-Gerät ausgesendeten Inhalten folgt oder spezielle Beachtung schenkt. In einer möglichen Ausgestaltung wird die Audioquelle 6 zudem derart gesteuert, dass diese das Audiosignal 8 als Schallsignal 22 über lediglich einen einzelnen Lautsprecher 26 ausgibt, sodass der akustische Pfad 10 genauer definiert ist.

[0071] Außerdem wird in einer Ausführungsform noch ein Akustikparameter der Umgebung bestimmt, um einen oder mehrere raumakustische Effekte zu quantifizieren, und bei der Bestimmung der HRTF 2 berücksichtigt. Dadurch wird hier eine Übertragungsfunktion für den ersten Abschnitt 16 bestimmt. Raumakustische Effekte sind beispielsweise Reflexionen des Schallsignals an Wänden oder Gegenständen in der Umgebung oder ein Nachhallen, speziell in einem Raum. Der Akustikparameter wird beispielsweise mit dem Hörgerät 14 bestimmt oder mit einem anderen Gerät 32.

[0072] Das Hörgerät 14 weist weiter eine Steuereinheit 56 auf, welche ausgebildet ist zur Durchführung des Verfahrens wie vorstehend beschrieben, zumindest derjenigen Schritte des Verfahrens, welche vom Hörgerät 14 durchgeführt werden.

Bezugszeichenliste

[0073]

10	2	HRTF
	4	Nutzer
	6	Audioquelle
	8	Quell-Audiosignal
15	10	akustischer Pfad
	12	Mikrofon
	14	Hörgerät
	16	erster Abschnitt
	18	zweiter Abschnitt
20	20	dritter Abschnitt
	22	Schallsignal
	24	Datensignal
	26	Lautsprecher (der Audioquelle)
	28	Datenausgang
25	30	erstes Audiosignal (aus Schallsignal)
	32	anderes Gerät
	34	zweites Audiosignal (aus Datensignal)
	36	Signalverarbeitung
	38	Ausgangswandler
30	40	Ausschnitt (Sample)
	42	Datensatz
	44	Dateneingang
	46	Position
	48	Entfernung
35	50	Orientierung
	52	Computer (Server)
	54	Bewegungspfad
	56	Steuereinheit

Patentansprüche

1. Verfahren zur Bestimmung einer HRTF (2),

- wobei eine Audioquelle (6) ein Quell-Audiosignal (8) ausgibt, nämlich sowohl akustisch als ein Schallsignal (22) als auch nicht-akustisch als ein Datensignal (24),
- wobei das Schallsignal (22) von einem Hörgerät (14) eines Nutzers (4) empfangen wird und von diesem Hörgerät (14) wieder in ein Audiosignal (30) umgewandelt wird, nämlich in ein erstes Audiosignal (30),
- wobei das Datensignal (24) von dem Hörgerät (14) oder von einem anderen Gerät (6, 32) empfangen wird, welches aus dem Datensignal (24) ein zweites Audiosignal (34) erzeugt,
- wobei das erste Audiosignal (30) und das

- zweite Audiosignal (34) miteinander verglichen werden und basierend darauf die HRTF (2) bestimmt wird.
2. Verfahren nach Anspruch 1, wobei zum Bestimmen der HRTF (2) das erste Audiosignal (30) als ein Soll-Signal verwendet wird und das zweite Audiosignal (34) als ein Ist-Signal.
3. Verfahren nach Anspruch 1 oder 2, wobei das Hörgerät (14) das Schallsignal (22) mit einem Mikrofon (12) empfängt, wobei das Hörgerät (14) derart ausgebildet ist, dass in getragenem Zustand das Mikrofon (12) in oder an einem Ohr des Nutzers (4) positioniert ist.
4. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 3, wobei eine räumliche Situation bezüglich des Nutzers (4) ermittelt wird und bei der Bestimmung der HRTF (2) berücksichtigt wird, wobei die räumliche Situation bezüglich des Nutzers (4) ausgewählt ist aus einer Menge an räumlichen Situationen, umfassend:
- eine Position (46) des Nutzers (4) relativ zur Audioquelle (6),
 - eine Entfernung (48) des Nutzers (4) relativ zur Audioquelle (6),
 - eine Orientierung (50) des Nutzers (4) relativ zur Audioquelle (6),
 - eine Orientierung des Kopfes des Nutzers (4) relativ zu dessen Torso,
 - eine Körperhaltung des Nutzers (4).
5. Verfahren nach Anspruch 4, wobei zur Bestimmung der HRTF (2) ein jeweiliger Ausschnitt (40) aus dem ersten und dem zweiten Audiosignal (30, 34) und eine räumliche Situation bezüglich des Nutzers (4) gemeinsam als ein Datensatz (42) gespeichert werden, wobei die Audioquelle (6) derart gesteuert wird, dass diese bei Vorliegen einer räumlichen Situation bezüglich des Nutzers (4), für welche noch keine Mindestanzahl an Datensätzen (42) vorhanden ist, ein Quell-Audiosignal (8) ausgibt, um für diese räumliche Situation bezüglich des Nutzers (4) einen Datensatz (42) zu erzeugen.
6. Verfahren nach Anspruch 4 oder 5, wobei eine Anweisung an den Nutzer (4) ausgegeben wird, eine oder mehrere räumliche Situationen herzustellen, in welchen dann die Audioquelle (6) jeweils ein Quell-Audiosignal (8) ausgibt, um für diese räumlichen Situationen jeweils einen Datensatz (42) zu erzeugen.
7. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 6, wobei das Hörgerät (14) einen Testmodus aufweist und in diesem an den Nutzer (4) ein Ausgangssignal ausgibt, welches eine räumliche Geräuschinformation aufweist, um den Nutzer (4) dazu zu veranlassen sich in eine vorgesehene Richtung zu bewegen, wobei bestimmt wird, in welche tatsächliche Richtung sich der Nutzer (4) bewegt und diese mit der vorgesehenen Richtung verglichen wird, um einen Anpassungsgrad der HRTF (2) an den Nutzer (4) zu ermitteln.
8. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 7, wobei die Bestimmung der HRTF (2) ausgehend von einer Basis-HRTF erfolgt, welche eine Übertragungsfunktion für lediglich einen ersten Abschnitt (18, 20) eines akustischen Pfads (10) von der Audioquelle (6) zum Gehörgang des Nutzers (4) ist, sodass die HRTF (2) überwiegend für einen anderen, zweiten Abschnitt (18, 20) des akustischen Pfads (10) bestimmt wird.
9. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 8, wobei die HRTF (2) von einem Computer (52) bestimmt wird, welcher separat von dem Hörgerät (14) und der Audioquelle (6) ausgebildet ist.
10. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 9, wobei die Audioquelle (6) ein stationäres Gerät ist.
11. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 10, wobei die Audioquelle (6) ein TV-Gerät ist.
12. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 11, wobei dieses durchgeführt wird, während der Nutzer (4) fernsieht.
13. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 12, wobei die Audioquelle (6) derart gesteuert wird, dass diese das Quell-Audiosignal (8) als Schallsignal (22) über lediglich einen einzelnen Lautsprecher (26) ausgibt.
14. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 13, wobei ein Akustikparameter der Umgebung bestimmt wird und bei der Bestimmung der HRTF (2) berücksichtigt wird.
15. Hörgerät (14), welches eine Steuereinheit (56) aufweist, welche ausgebildet ist zur Durchführung eines Verfahrens gemäß einem der Ansprüche 1 bis 14.

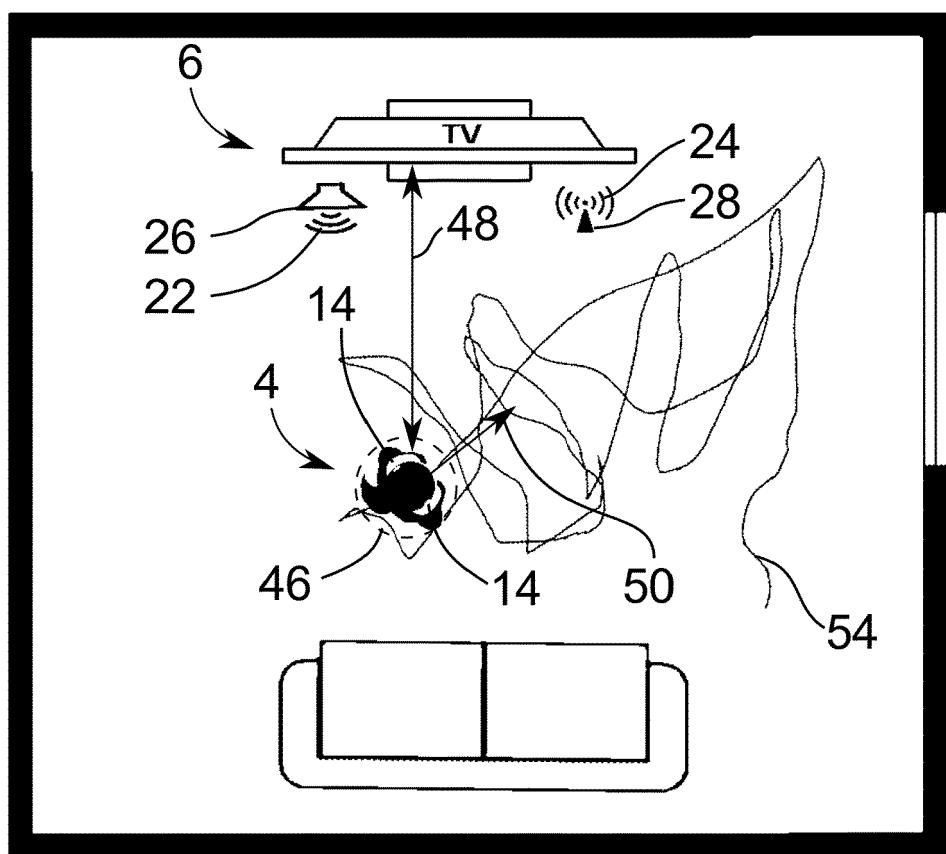


Fig. 1

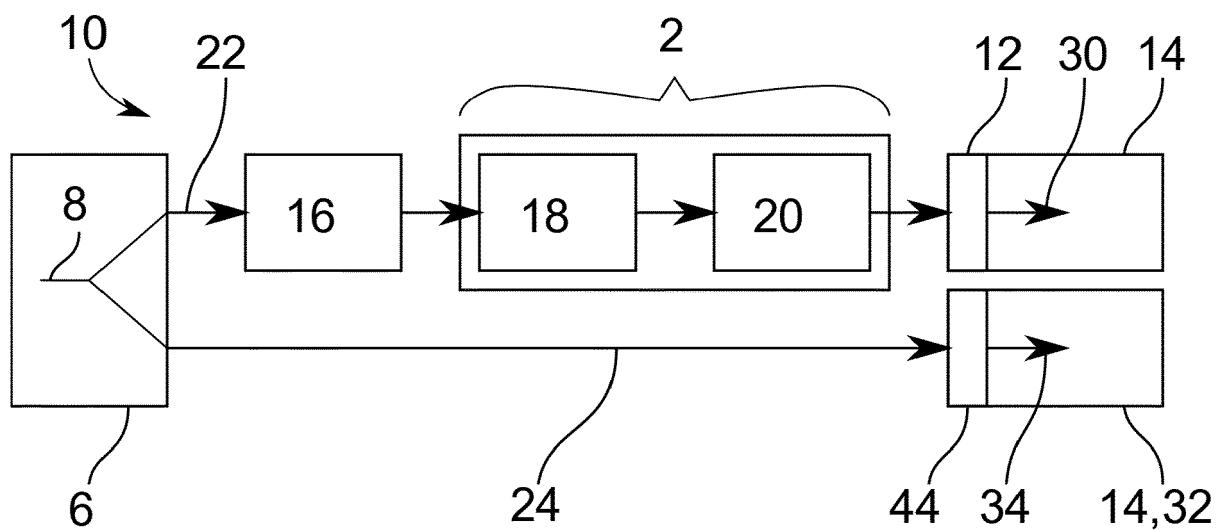


Fig. 2

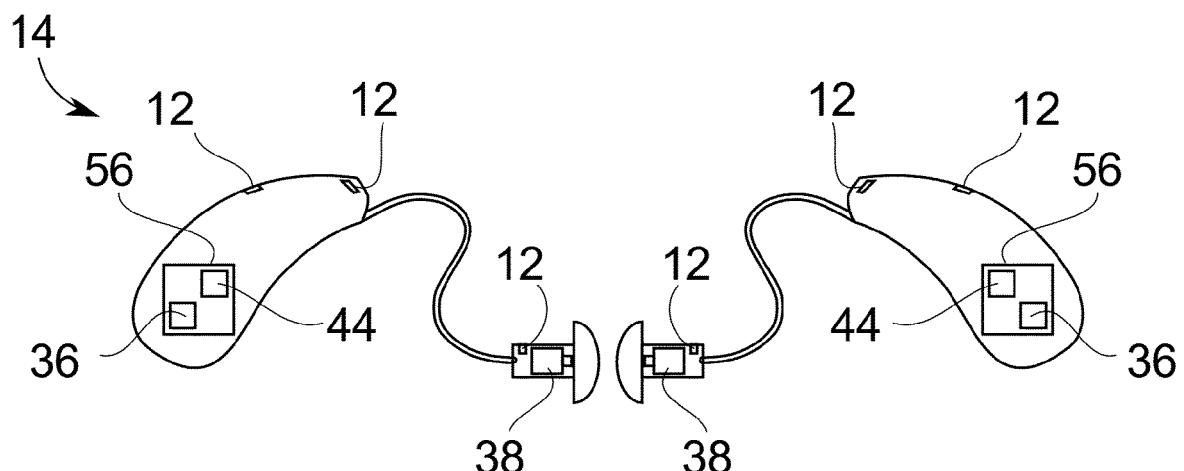


Fig. 3

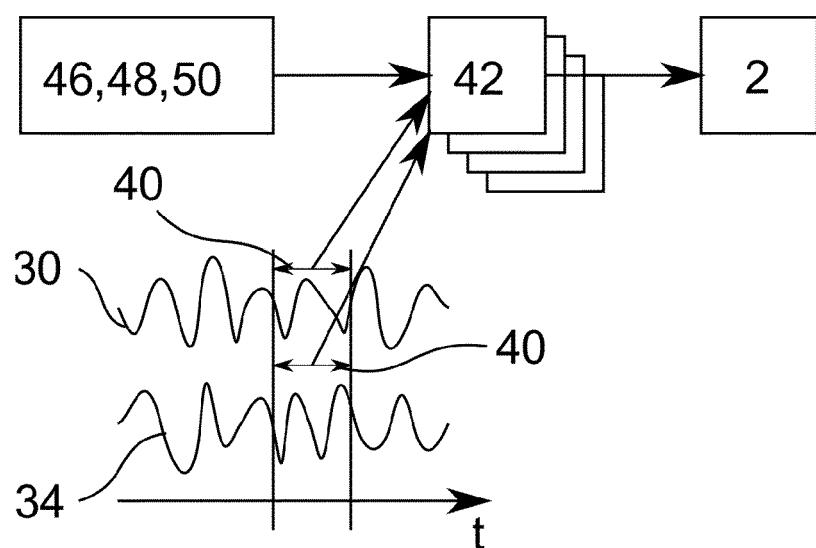


Fig. 4

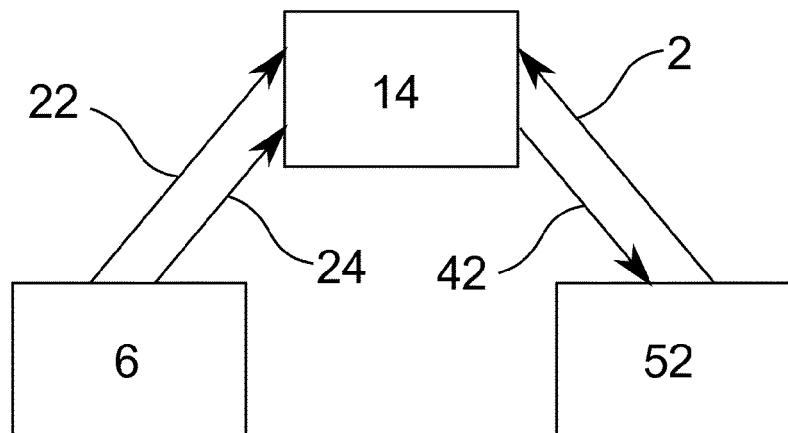


Fig. 5



EUROPÄISCHER RECHERCHENBERICHT

Nummer der Anmeldung

EP 22 19 9852

5

EINSCHLÄGIGE DOKUMENTE				
	Kategorie	Kennzeichnung des Dokuments mit Angabe, soweit erforderlich, der maßgeblichen Teile	Betritt Anspruch	KLASSIFIKATION DER ANMELDUNG (IPC)
10	X	US 2015/289063 A1 (MA GUILIN [DK]) 8. Oktober 2015 (2015-10-08)	1-3, 5-7, 9-13, 15	INV. H04R25/00
	Y	* Absätze [0024], [0042], [0091], [0111] – [0135]; Abbildungen 1, 2 *	4, 8, 14	
15	Y	US 2019/110137 A1 (UDESEN JESPER [DK] ET AL) 11. April 2019 (2019-04-11)	4, 14	
	A	* Absatz [0283] *	1-3, 5-13, 15	
20	Y	US 2016/277865 A1 (LEE TAEGYU [KR] ET AL) 22. September 2016 (2016-09-22)	8	
	A	* Absatz [0073] *	1-7, 9-15	
25				
30				RECHERCHIERTE SACHGEBiete (IPC)
				H04R H04S
35				
40				
45				
50	1	Der vorliegende Recherchenbericht wurde für alle Patentansprüche erstellt		
	Recherchenort	Abschlußdatum der Recherche	Prüfer	
	München	23. Januar 2023	Fruhmann, Markus	
	KATEGORIE DER GENANNTEN DOKUMENTE			
	X : von besonderer Bedeutung allein betrachtet Y : von besonderer Bedeutung in Verbindung mit einer anderen Veröffentlichung derselben Kategorie A : technologischer Hintergrund O : nichtschriftliche Offenbarung P : Zwischenliteratur			
	T : der Erfindung zugrunde liegende Theorien oder Grundsätze E : älteres Patentdokument, das jedoch erst am oder nach dem Anmeldeatum veröffentlicht worden ist D : in der Anmeldung angeführtes Dokument L : aus anderen Gründen angeführtes Dokument & : Mitglied der gleichen Patentfamilie, übereinstimmendes Dokument			
55	EPO FORM 1503 03/82 (P04C03)			

**ANHANG ZUM EUROPÄISCHEN RECHERCHENBERICHT
ÜBER DIE EUROPÄISCHE PATENTANMELDUNG NR.**

EP 22 19 9852

5 In diesem Anhang sind die Mitglieder der Patentfamilien der im obengenannten europäischen Recherchenbericht angeführten Patendokumente angegeben.
Die Angaben über die Familienmitglieder entsprechen dem Stand der Datei des Europäischen Patentamts am
Diese Angaben dienen nur zur Unterrichtung und erfolgen ohne Gewähr.

23-01-2023

10	Im Recherchenbericht angeführtes Patendokument	Datum der Veröffentlichung	Mitglied(er) der Patentfamilie		Datum der Veröffentlichung
	US 2015289063 A1 08-10-2015 KEINE				
15	US 2019110137 A1 11-04-2019	CN	109640235 A		16-04-2019
		DK	3468228 T3		18-10-2021
		EP	3468228 A1		10-04-2019
		JP	2019083515 A		30-05-2019
		US	2019110137 A1		11-04-2019
20	US 2016277865 A1 22-09-2016	CN	105874819 A		17-08-2016
		CN	105900455 A		24-08-2016
		CN	108347689 A		31-07-2018
		CN	108449704 A		24-08-2018
		EP	3062534 A1		31-08-2016
		EP	3062535 A1		31-08-2016
		KR	20160083859 A		12-07-2016
		KR	20160083860 A		12-07-2016
		US	2016275956 A1		22-09-2016
		US	2016277865 A1		22-09-2016
		US	2019122676 A1		25-04-2019
		US	2020152211 A1		14-05-2020
		US	2022059105 A1		24-02-2022
		WO	2015060652 A1		30-04-2015
		WO	2015060654 A1		30-04-2015
35					
40					
45					
50					
55					

EPO FORM P0461

Für nähere Einzelheiten zu diesem Anhang : siehe Amtsblatt des Europäischen Patentamts, Nr.12/82

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

- US 9591427 B1 [0008]