



(11) **EP 4 403 830 A1**

(12) **EUROPÄISCHE PATENTANMELDUNG**

(43) Veröffentlichungstag:
24.07.2024 Patentblatt 2024/30

(51) Internationale Patentklassifikation (IPC):
F24C 7/08 (2006.01) **F24C 15/10** (2006.01)
H05B 6/06 (2006.01) **H05B 6/12** (2006.01)

(21) Anmeldenummer: **24153249.8**

(52) Gemeinsame Patentklassifikation (CPC):
F24C 7/082; F24C 15/105; H05B 6/062;
H05B 6/1209; H05B 2213/05; H05B 2213/06

(22) Anmeldetag: **22.01.2024**

(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:
GE KH MA MD TN

(72) Erfinder:
• **Heudorfer, Jochen Karl**
88371 Ebersbach (DE)
• **Grollmisch, Sascha**
98693 Ilmenau (DE)
• **Hofmann, Peter**
98693 Ilmenau (DE)
• **Heudorfer, Simon**
88371 Ebersbach (DE)

(30) Priorität: **23.01.2023 DE 102023200488**

(71) Anmelder: **Fraunhofer-Gesellschaft zur Förderung der angewandten Forschung e.V.**
80686 München (DE)

(74) Vertreter: **Pfitzner, Hannes et al Schoppe, Zimmermann, Stöckeler Zinkler, Schenk & Partner mbB Patentanwälte Radlkofersstraße 2 81373 München (DE)**

(54) **KOCHGERÄT UND VERFAHREN**

(57) Kochgerät (10), mit folgenden Merkmalen: einer Heizquelle (12) zum Erhitzen eines Mediums oder eines Kochgeschirrs; Mittel zur Schalldetektion (54), die ausgebildet sind, ein akustisches Signal herrührend von dem Medium oder dem Kochgeschirr zu empfangen und/oder

in ein digitales akustisches Signal zu überführen; einem Prozessor (55), der ausgebildet ist, das digitale akustische Signal im Hinblick auf ein oder mehrere Merkmale zu analysieren und anhand der ein oder mehreren Merkmale einen Kochzustand für das Medium zu bestimmen.

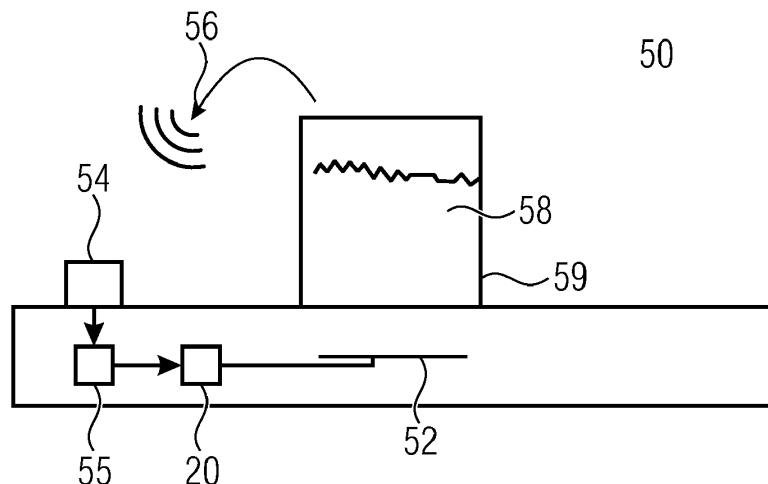


Fig. 4

EP 4 403 830 A1

Beschreibung

[0001] Ausführungsbeispiele der vorliegenden Erfindung beziehen sich auf ein Kochgerät, Kochzubehör und ein Verfahren. Bevorzugte Ausführungsbeispiele beziehen sich auf ein Machine-Learning-basierten Luft-/Körperschallsensor mit zugehöriger Softwarelösung für ein sicheres, energieeffizientes und automatisiertes Kochen, Braten und Aufwärmen.

[0002] Für den Menschen spielen Temperaturmesswerte beim Kochen keine Rolle. Egal ob bei 71°C auf dem Mount Everest oder bei 100°C am Atlantik: Wasser kocht, wenn es blubbert; Fett ist heiß, wenn es brutzelt. Auf diese Art und Weise kann selbst ein ungeübter Koch mehrere Töpfe durch »Hören« überwachen und Einstellungen am Herd vornehmen. Denn das menschliche Gehör ist in der Lage, einzelne Geräusche sowohl zu erkennen als auch in den richtigen Zusammenhang zu bringen.

[0003] Dieses »Hören« soll zur Überwachung und Verbesserung des Kochprozesses automatisiert werden. Aktuell wird überkochendes Wasser oder brennendes Fett nicht zuverlässig oder nicht benutzerfreundlich erkannt. Der Herd heizt weiter und wenn niemand anwesend ist, um die Temperatur/Heizleistung/Leistungsstufe manuell zu regulieren, kann dies unter Umständen einen Unfall zur Folge haben. Des Weiteren wird oft mehr Energie dem Kochvorgang hinzugeführt als notwendig, z.B. aufgrund einer verzögerten Leistungsanpassung und dem frühzeitigen Erreichen maximal möglichen Wassertemperatur (Siedetemperatur).

[0004] Im Stand der Technik gibt es bereits einige Ansätze für die Überwachung eines Koch-, Brat- und/oder Siedevorgangs. Im Literaturverzeichnis sind einige Patentanmeldungen aus diesem Themengebiet zusammengetragen.

[0005] Aktuell erhältliche High-Level-Herd-Systeme greifen für das Überwachen des Koch- und Bratprozesses auf Temperatursensoren zurück. Entsprechend unterscheiden sich vorhandene Lösungsansätze hauptsächlich durch die Position der angebrachten Sensoren; wobei jede Position Nachteile mit sich bringt:

- Beispielsweise werden Infrarot-Temperatursensoren in der Dunstabzugshaube integriert, welche jedoch nur ohne Topfdeckel funktionieren.
- Des Weiteren werden Temperatursensoren in die Herdplatte eingesetzt. Diese reagieren jedoch verzögert und liefern deshalb keinen Schutz gegen überkochende Flüssigkeiten.
- Teure, externe Temperatursensoren (z. B. Siemens Kochsensor Plus) müssen per Hand an einem speziellen Topf angebracht werden. Zudem müssen Batterien manuell aufgeladen und die Funkverbindung manuell hergestellt werden.

[0006] Ferner sind Luftfeuchtigkeitssensoren zur Überwachung von Wasserdampf möglich. Andere Systeme (siehe wissenschaftl. Ref.) fokussieren sich auf Gasherde, um Brände zu erkennen, z. B. durch Gassensoren zur Überwachung an Gasaustritt oder IR-Sensoren über der Herdplatte zur frühzeitigen Branderkennung. Hierbei erfolgt meist eine Rückkopplung an die Gaszufuhr des Herdes oder direkt an den Nutzer per App.

[0007] Wie die aufgeführten Punkte jedoch zeigen, funktioniert das alleinige Zurückgreifen auf Temperaturmesswerte ausschließlich bei einem ordnungsgemäßen Gebrauch oder bei Verwendung spezieller Töpfe, Tollerierung von Zeitverzögerung, oder eben nur für Gas. Dieser ist nicht bei allen Nutzern gewährleistet. Deshalb besteht der Bedarf nach einem verbesserten Ansatz.

[0008] Aufgabe der vorliegenden Erfindung ist es, ein Konzept zur Überwachung eines Kochvorgangs (inklusive Braten, Aufwärmen, etc.) zu schaffen, das die im Stand der Technik vorhandene Nachteile überwindet und insbesondere einen verbesserten Kompromiss aus Kosteneffizienz, Überwachungsfunktionalität und Überwachungsgenauigkeit bietet.

[0009] Die Aufgabe wird durch den Gegenstand des unabhängigen Patentanspruchs gelöst.

[0010] Ausführungsbeispiele der vorliegenden Erfindung schaffen ein Kochgerät (z. B. ein Kochfeld) mit einer Heizquelle (z. B. eine Induktionsplatte) zum Erhitzen eines Mediums (z. B. Gargut, wie Gemüse oder Fleisch oder Kochwasser bzw. Bratfett) oder eines Kochgeschirrs (z. B. des Topfes). Ferner umfasst das Kochgerät Mittel zur Schalldetektion (z. B. Luftschall oder Körperschall), die ausgebildet sind, ein akustisches Signal (z. B. ein Siedegeräusch) herrührend von dem Medium oder dem Kochgeschirr zu empfangen und/oder in ein digitales akustisches Signal zu überführen. Entsprechend Ausführungsbeispielen können diese Mittel zur Schalldetektion beispielsweise ein Luftschall- oder Körperschallmikrofon oder allgemein ein Mikrofon darstellen. Ferner umfasst das Kochgerät einen Prozessor, der ausgebildet ist, das (empfangene und digitalisierte) digitale akustische Signal im Hinblick auf ein oder mehrere Merkmale zu analysieren und anhand der ein oder mehreren Merkmale oder Rohdaten einen Kochzustand (z. B. ein Siedezustand) für das Medium zu bestimmen.

[0011] Entsprechend einem Ausführungsbeispiel kann das Kochgerät die Form eines Kochfelds aufweisen. Eine Einschränkung auf bestimmte Typen, wie z. B. ein Gaskochfeld, Induktionskochfeld oder Infrarotkochfeld, besteht nicht. Entsprechend einem Ausführungsbeispiel kann es sich bei dem Kochgeschirr um einen Topf oder eine Pfanne handeln. Das Medium kann beispielsweise ein Gargut, z. B. ein Fleisch oder ein Garmedium, z. B. ein Kochwasser oder ein Fett, aufweisen. Entsprechend einem Ausführungsbeispiel weist das Kochgerät die Form eines Kochfelds auf, das mehrere Kochplatten oder Kochpositionen umfasst, wobei der Prozessor ausgebildet ist, anhand der digitalen akustischen Signale und/oder einer Zusatzinformation eine

Kochpositionsdetektion oder eine Kochplattendetektion durchzuführen. Die Kochplattenposition oder die Kochplattendetektionsinformation stellt eines der oben genannten Merkmale dar.

[0012] Ausführungsbeispielen der vorliegenden Erfindung liegt die Erkenntnis zugrunde, dass durch akustische Überwachung ein Kochzustand direkt überwacht werden kann, indem das aufgenommene akustische Signal (Körperschallsignal oder Luftschallsignal) analysiert wird im Hinblick auf ein oder mehrere Merkmale. Es können so viel detailliertere Aussagen über die Koch- bzw. Küchenvorgänge oder auch zusätzliche Auskünfte über Anwesenheiten von Personen in der Küche/im Kochbereich getroffen werden. Eine derartige Sensorik reagiert im Vergleich zu bestehender Sensorik viel schneller, so dass schnell auf Änderungen im Kochzustand reagiert werden kann. Die Überwachung ist ferner auch unabhängiger von Kochgeschirr und/oder offenen oder geschlossenen Deckeln des Kochgeschirrs.

[0013] Entsprechen Ausführungsbeispielen erfolgt die Erkennung des Kochzustandes nur auf Basis der akustischen Signale, d.h. ohne Zusatzinformation von Temperatursignal oder ähnlich. Auch kann das aktuell vorliegende Signal ohne den vorherigen Signalverlauf zu berücksichtigen ausreichen, um den Kochzustand zu erkennen.

[0014] Entsprechend einem weiteren Ausführungsbeispiel wird ein Kochzubehör, z. B. als Ergänzung zu einem Kochgerät, geschaffen. Das Kochzubehör kann beispielsweise Mittel zur Schalldetektion sowie den Prozessor umfassen. Das Kochzubehör ist zur Verwendung für ein Kochgerät mit einer Heizquelle zum Erhitzen eines Mediums oder eines Kochgeschirrs geeignet und umfasst die zwei Einheiten, die oben bereits erläutert worden sind. Vorteilhaft hierbei ist, dass das System so auch an bestehende Küchengeräte angebracht und diese bestehenden Küchengeräte sozusagen erweitert werden können.

[0015] Entsprechend einem weiteren Ausführungsbeispiel kann anhand ein oder mehrerer Muster von Merkmalen, d. h. also auf Basis einer Merkmalskombination, eine Differenzierung zwischen ein oder mehreren Kochzuständen erfolgen. Insbesondere können vordefinierte Kochzustände erkannt und differenziert werden. Entsprechend einem Ausführungsbeispiel kann der Kochzustand aus der Gruppe von Kochzuständen stammen, die folgende umfassen:

- Temperaturinformation des Mediums;
- Siedeeinformation eines Fluids als Medium;
- Verdampfungs- und/oder Verbrennungszustand eines Fettes als Medium;
- Garzustand des Mediums und/oder des Kochguts als Medium.

[0016] Die Mittel zur Schalldetektion können beispielsweise einem Kochgeschirr oder dem Medium direkt zugeordnet sein, so dass dann auch hierüber eine direkte Zuordnung zu der Kochposition besteht. Auch wäre es entsprechend Ausführungsbeispielen denkbar, dass die Mittel zur Schalldetektion zu den ein oder mehreren Kochplatten ausgerichtet werden oder sich selbstständig ausrichten. Die genaue Anordnung hängt mit der Implementierung der Mittel zur Schalldetektion zusammen. Diese können entsprechend Ausführungsbeispielen Mittel zur Schalldetektion von Luftschall, ein oder mehrere Mikrofone und/oder Mittel zur Schalldetektion von Körperschall aufweisen. Bei den Mitteln zum Luftschall wird vorteilhafterweise das Mikrofon entsprechend auf das zu überwachende Kochgeschirr und/oder die zu überwachenden Mittel ausgerichtet. Bei Mittel zur Körperschallüberwachung kann eine Anordnung der Mittel zur Körperschalldetektion an dem Kochgeschirr direkt erfolgen. Ferner können entsprechend Ausführungsbeispielen auch Mittel zur Schalldetektion externe Mittel zur Schalldetektion umfassen, die direkt an dem Kochgerät oder dem Kochgeschirr oder der Küchendecke im Bereich des Kochfeldes oder der Dunstabzugshaube, etc. angeordnet werden.

[0017] Entsprechend einem Ausführungsbeispiel ist der Prozessor ausgebildet, ein oder mehrere der folgenden Prozeduren durchzuführen:

- A/D-Wandlung der akustischen Signale;
- Vorverarbeitung, welche ggf. Schritte wie Quantisierung oder Normalisierung beinhaltet;
- Ggf. Merkmalsextraktion, dies kann in Form einer Zeit-Frequenz-Transformation oder anderer vordefinierter Merkmale erfolgen; alternativ könnte auch mit direkten Zeitdaten (Rohdaten) als Eingabe für das ML Modell gearbeitet werden;
- Ggf. Signalfilterung, insbesondere zur Störgeräuschminimierung oder Minimierung von Störgeräuschen, herrührend von der Heizquelle (Induktion), beispielsweise in Form eines Bandpassfilters; oder
- Beamforming-Algorithmus zur Ortung bzw. Positionsdetektion oder Kochzonendetektion.

[0018] Das heißt also, dass der Prozessor einen A/D-Wandler aufweisen kann oder ausgebildet sein kann, um beispielsweise mittels Schritten wie Quantisierung oder Normalisierung eine Vorverarbeitung durchzuführen. Entsprechend Ausführungsbeispielen kann der Prozessor zur Merkmalsextraktion, beispielsweise basierend auf einer Zeitfrequenztransformation, oder einer andersartigen Merkmalsextraktion ausgebildet sein. Entsprechend weiteren Ausführungsbeispielen kann der Prozessor einen Filter zur Signalfilterung, insbesondere zur Störgeräuschminimierung, aufweisen. Dieser Filter ermöglicht vorteilhafterweise die Minimierung von Störgeräuschen herrührend von der Heizquelle (Induktion) etc. Eine mögliche Implementierungsvariante wäre ein Band-

passfilter.

[0019] Gemäß einem weiteren Ausführungsbeispiel ist der Prozessor ausgebildet, mittels maschinellen Lernens, bspw. in Form eines neuronalen Netzes die Analyse durchzuführen. Beispielsweise kann der Prozessor mittels Trainingsdaten und/oder mittels eines aktuellen digitalen akustischen Signals oder mittels mehreren digitalen akustischen Signalen (beispielsweise zusammen mit einer zugehörigen Kochzustandsinformation) das neuronale Netz und/oder den ML-Algorithmus trainieren. Der Prozessor ist beispielsweise ausgebildet, vor Ort trainiert zu werden und/oder im Auslieferungszustand trainiert zu sein und/oder vor Ort adaptiert zu werden und/oder mittels föderiertem Training trainiert zu werden.

[0020] Gemäß einem weiteren Ausführungsbeispiel wird ein digitaler Regler, der die Heizleistung zum Erreichen eines Zielkochzustandes abhängig vom aktuellen Kochzustand bestimmt, geschaffen.

[0021] An dieser Stelle sei angemerkt, dass entsprechend Ausführungsbeispielen der Prozessor ausgebildet ist, ein aus dem digitalen akustischen Signal abgeleitetes Signal mittels Privatsphäreerweiterungsprozessierung, z. B. mittels eines Sprachfilters, nachzubearbeiten. Dies ermöglicht vorteilhafterweise, dass so eine akustische Überwachung möglich ist, ohne dass die Privatsphäre-relevanten Informationen weitergegeben werden.

[0022] Entsprechend weiteren Ausführungsbeispielen kann der Prozessor auch noch zusätzliche Informationen erhalten, um die Analyse durchzuführen. Somit kann der Prozessor ausgebildet sein, die Analyse basierend auf weiteren Merkmalen, z. B. Merkmalen aus der Gruppe, umfassend folgende durchzuführen:

- Anregungsfrequenz des Kochgeschirrs;
- Temperatur des Kochgeschirrs;
- Topfpositionsinformation;
- Topferkennungszustand;
- Kochgeräteinstellung;
- Information über das Medium (Gargut und/oder Garmedium).

[0023] Die Liste ist nicht abschließend. Ferner sind noch Kombinationen denkbar. In anderen Worten ausgedrückt heißt es, dass entsprechend Ausführungsbeispielen das Kochgerät vorteilhafterweise um weitere Sensorik erweitert werden kann bzw. auf weitere Sensorik zugreifen kann. Rein exemplarisch sei der Hinweis gegeben, dass die Kombination aus der akustischen Überwachung durch Temperaturmessung Vorteile bietet, insbesondere für den Anlernvorgang. Umgekehrt heißt es, dass Temperaturmesswerte grundsätzlich zwar schon eine nützliche Information zum Kochzustand lie-

fern, diese aber durch eine auditive Geräuschüberwachung wertvollerweise ergänzt werden können.

[0024] Entsprechend einem Ausführungsbeispiel weist das Kochgerät eine interne Datenbank und/oder eine Schnittstelle zu einer externen Datenbank auf, auf die der Prozessor beispielsweise zur Analyse zugreifen kann. Die interne Datenbank oder die externe Datenbank umfasst Informationen bezüglich ein oder mehrerer Referenzmerkmale zugeordnet zu einem Kochzustand (in gespeicherter Form), wobei der Prozessor ausgebildet ist, eine Analyse mittels der ein oder mehreren Referenzmerkmale durchzuführen.

[0025] Entsprechend einem weiteren Ausführungsbeispiel kann das Kochgerät eine Steuerung aufweisen, die ausgebildet ist, die Heizquelle in Abhängigkeit von dem ermittelten Kochzustand, insbesondere eine Leistung für die Heizquelle, zu regeln. Beispielsweise kann die Heizquelle reduziert werden, wenn ein Kochzustand erreicht ist, insbesondere ein Siedezustand.

[0026] Entsprechend einem weiteren Ausführungsbeispiel kann ein Verfahren zur Überwachung eines Kochgeräts mit einer Heizquelle zum Erhitzen eines Mediums oder eines Kochgeschirrs geschaffen werden. Das Verfahren umfasst

- Empfangen eines akustischen Signals herrührend von dem Medium oder dem Kochgeschirr mittels Mitteln zur Schalldetektion und/oder Überführen in ein digitales akustisches Signal;
- Analysieren des digitalen Signals im Hinblick auf die ein oder mehreren Merkmale und Ermitteln eines Kochzustands anhand der ein oder mehreren Merkmale.

[0027] Entsprechend einem Ausführungsbeispiel kann dieses Verfahren auch computerimplementiert sein. Insofern bezieht sich ein Verfahren auf ein Computerprogramm zur Durchführung dieses Verfahrens.

[0028] Ausführungsbeispiele der vorliegenden Erfindung werden anhand der beiliegenden Zeichnungen erläutert. Es zeigen:

Fig. 1A-1B schematische Darstellungen eines Kochgeräts zur Erläuterung der Funktionalität bei Ausführungsbeispielen;

Fig. 1C schematische Diagramme zur Illustration der Steuerung der Leistung bei Ausführungsbeispielen;

Fig. 1D bis 1G schematische Darstellungen zur Illustration der Regelung der Temperatur gemäß Ausführungsbeispielen;

Fig. 2A ein schematisches Blockdiagramm zur Illustration der Integration von

	Mitteln zur Schalldetektion in einer Regelstrecke für das Kochgerät gemäß Ausführungsbeispielen;		Fig. 5c	illustriert schematisch charakteristische Merkmale von Kochgeräuschen, dargestellt als Mel-Spektrogramm zur Erläuterung von Ausführungsbeispielen;
Fig. 2B	eine schematische Illustration zur Erläuterung unterschiedlicher Merkmale bei der Analyse gemäß Ausführungsbeispielen;	5		
			Fig. 5d	illustriert schematisch einen exemplarischer Aufbau und Anwendung eines CNN am Beispiel von vier Kochzuständen gemäß Ausführungsbeispielen;
Fig. 2C	eine schematische Übersicht zur Erläuterung von möglichen Implementierungsvarianten für Mittel zur Schalldetektion gemäß Ausführungsbeispielen;	10		
			Fig. 5e	illustriert schematisch einen Versuchsaufbau und Hardware für die Datenerfassung im Rahmen der Machbarkeitsstudie zur Erläuterung von Ausführungsbeispielen;
Fig. 2D	eine schematische Darstellungen (Fig. 2Dlinks, 2Drechts) zur Erläuterung möglicher Positionierungen der Mittel zur Schalldetektion bei Kochgeräten;	15		
			Fig. 5f	illustriert schematisch ausgewählte Mel-Spektrogramme (200x200) für jeden Kochzustand aus dem Trainingsdatensatz (Betrachtungszeitraum innerhalb eines Spektrogramms beträgt 2,14 s auf der Ordinate, die Anzahl der Mel-Filter-Bänder beträgt 200, bei einer Bandbreite von 200 Hz bis 20.000 Hz) zur Erläuterung von Ausführungsbeispielen;
Fig. 2E und 2F	schematische Diagramme zur Erläuterung und Detektion von Störgeräuschen, die gemäß Ausführungsbeispielen filterbar sind;	25		
Fig. 2G und 2H	schematische Illustrationen zur Erläuterung der Filterung von Störgeräuschen gemäß Ausführungsbeispielen;		30	Fig. 5g
				illustriert schematisch eine möglich Genauigkeit des ML-Modells (maschinelles Lernen, Maschinelles Lernen) gemäß Ausführungsbeispielen;
Fig. 3A und 3B	schematische Darstellungen zur Erläuterung der Klassifizierung von Kochzuständen gemäß Ausführungsbeispielen;	35	35	Fig. 5h
				zeigt schematisch Darstellung eines Markow-Entscheidungsproblems für fünf Kochzustände mit beispielhaft gewählten Übergangswahrscheinlichkeiten (Ziel ist es, die optimale Aktion (hier: Leistungsstufe 6) zu bestimmen, um den ZIEL-Kochzustand (hier: Kochen) zu erreichen) zur Erläuterung von Ausführungsbeispielen;
Fig. 3C-3G	schematische Darstellungen zur Erläuterung von Anwendungen gemäß Ausführungsbeispielen;	40		
Fig. 4	eine schematische Darstellung eines Kochgeräts mit Mitteln zur Schalldetektion sowie einem Prozessor gemäß einem Basisausführungsbeispiel des Kochgeräts;	45		
			50	Fig. 5i
Fig. 5a	illustriert schematisch die Ausführung des Kochgeräts bzw. Sensors als cyber-physisches System zur Illustration von Ausführungsbeispielen;			zeigt exemplarisch eine Hardware-Vorauswahl und Systemaufbau des Sensor mit Syntiant NDP120 zur Erläuterung von Ausführungsbeispielen.
Fig. 5b	illustriert schematisch die Einordnung von Standard-Garmethoden nach Temperatur (bei Normaldruck) und Hörbarkeit zur Erläuterung von Ausführungsbeispielen;	55		

[0029] Bevor nachfolgend Ausführungsbeispiele der vorliegenden Erfindung anhand der beiliegenden Zeichnungen erläutert werden, sei darauf hingewiesen, dass gleichwirkende Elemente mit gleichen Bezugszeichen versehen sind, so dass die Beschreibung derer aufeinander anwendbar bzw. austauschbar ist.

[0030] Fig. 1A zeigt ein Kochgerät 10, das hier bei-

spielsweise vier Heizquellen 12a-d aufweisen kann. Jede dieser Heizquellen 12a-d kann beispielsweise über eine Steuerung 20, z. B. über ein Drehknopf 20k, individuell steuerbar sein oder auch hinsichtlich Größe verändert werden.

[0031] Die sichtbare Oberseite eines Kochfelds 10 besteht in der Regel aus speziellen Glaskeramikflächen mit mehreren Kochzonen 12a-12d (Heizbereich), die den Bereich der Induktionsspulen kennzeichnen. Die vier, mit Merkmahlen gekennzeichneten Drehknöpfe 12k geben dem Koch die Möglichkeit, für jede Kochzone einen Sollwert für die Heizleistung einzustellen. Neben Strahlungsbeheizung werden auf dem Hausgerätemarkt auch Kochfelder mit Induktionstechnik angeboten. Der Hauptunterschied zur Strahlungsbeheizung (Infrarotbeheizung) besteht darin, dass die Wärme direkt im Boden des Kochgeschirrs (nicht dargestellt) erzeugt wird. Entsprechend wird die Kochzone nur durch die Rückwärme des Kochgeschirrs erwärmt und die Oberflächentemperatur der Glaskeramikplatte bleibt niedrig. Außerdem kann ein Induktionskochfeld schneller Speisen erwärmen als eine andere Kochfeldart. Bezug nehmend auf Fig. 1B wird ein derartiger Kochfeldtyp erläutert.

[0032] Fig. 1B zeigt ein Kochfeld 10 mit einem Kochgeschirr 15. Bei dem Kochgerät 10 ist eine Kochzone 12a dargestellt, die hier mittels Induktion betreibbar ist. Die Kochzone 12a umfasst hierzu mehrere Induktionsspulen 12i, die über einen Umrichter 12u angetrieben werden. Der Umrichter erhält vom Netz seine elektrische Energie und wird über die Steuerung 20 gesteuert.

[0033] Die Wärmeentwicklung beim Induktionskochfeld erfolgt grundsätzlich in vier Schritten:

- 1) Die Frequenz des Wechselstroms aus dem Stromnetz wird mithilfe des Umrichters 12u (meist einem Royer-Oszillator) von 50 Hz auf 20-60 kHz erhöht.
- 2) Der hochfrequente Wechselstrom wird in die Induktionsspulen 12i gleitet, wodurch ein magnetisches Wechselfeld 12w für die Energieübertragung entsteht.
- 3) Das magnetische Wechselfeld wird im Pfannenboden des Kochgefäßes 15 gebündelt und induziert dort einen elektrischen Wirbelstrom.
- 4) Da das ferromagnetische Material im Pfannenboden einen deutlich höheren ohmschen Widerstand als die Induktionsspule aufweist, wird dort (unter anderem aufgrund des Skin-Effekts und Ummagnetisierungsverlusten) der größte Teil des Wirbelstroms in Wärme umgewandelt.

[0034] Die Anregung der Induktionsspulen 12i erfolgt mit einer entsprechenden Anregungsfrequenz wie Fig. 1C zeigt. Hier ist aufgetragen über die Zeit die abgebbare elektrische Leistung P_{eff} dargestellt. Fig. 1C zeigt drei

Diagramme mit drei unterschiedlichen Ausgabeleistungen. Um die Leistung zu steuern, kann die Steuerung 20 eine Modulation anwenden. Ausgehend von einem exemplarisch eingesetzten Royer-Oszillator (mit einer festen Frequenz des Spulenstroms) kann die effektive elektrische Leistung anhand der programmierten Modulation der Pulsdauer (PDM) - also durch ein reines Ein- und Ausschalten des Oszillators - gesteuert werden. In Abhängigkeit von der Einstelldauer und den Pausen ergibt sich somit eine effektive Wirkleistung P_{eff} . Eine lange Einstelldauer und kurze Pause führen entsprechend zu einem schnellen Aufwärmen des Kochguts und umgekehrt.

[0035] Neben der klassischen Methode zur Steuerung der Leistung, werden hochklassige Kochfelder auch mit Temperaturregelung angeboten. Bei der Temperaturregelung im Sinne eines Closed-Loop-Systems 20l wird entweder der Temperaturfühler unter dem Glaskeramikochfeld verwendet oder es kommen spezielle Koch- und Bratsensoren mit Funkübertragung zum Einsatz (mit dem Vorteil, dass die Temperatur des Kochguts direkt gemessen werden kann). Im Zusammenhang mit dem Royer-Oszillator (feste Frequenz des Spulenstroms) wird meist ein sogenannter Zweipunktregler 20z über die Regelstrecke 20r verwendet. Mit diesem Zweipunktregler kann die Anregungsfrequenz der Induktionsspule angepasst werden, wie anhand der Kurve f_{20} dargestellt ist. Zum Closed-Loop-System 20l wird angemerkt, dass ausgehend von der gewünschten Leistung $w(t)$ und einem Temperatursignal $x(t)$ der Zweipunktregler 20z mit dem kombinierten Signal $e(t)$ angesteuert wird, um die Anregungsfrequenz f_{20} bzw. $y(t)$ an die Induktionsspulen anzulegen.

[0036] Wird anstelle eines Royer-Oszillators ein Umrichter verwendet, der eine stetige Variierung der Anregungsfrequenz ermöglicht, so kann ein stetig arbeitender Regler 20pit für die Regelstrecke 20r des modifizierten Loops 20l' verwendet werden. Entsprechend stellt der Regler 20pit nicht die Einschaltdauer des Oszillators, sondern die Regelfrequenz der Spule variabel ein, wie anhand von f_{20}' (zugehörig zu $y(t)$) gezeigt ist.

[0037] Bei den oben erläuterten Beispielen aus den Fig. 1D/1E und 1F/1G erfolgt die Regelung mittels des Reglers 20z bzw. 20pit unter Verwendung eines Temperatursensors 20ts. Wie oben bereits erläutert, kann dieser Temperatursensor in das Glaskeramikochfeld integriert sein und misst somit die Topftemperatur oder kann in dem Kochfeld vorliegen. Problematisch ist entweder die Ergonomie oder die indirekte Messung der Mediumtemperatur. Die einzigen Kochzustände der Mediumtemperatur können abhängig vom Medium oder anderen Umgebungsbedingungen, wie z. B. der Meereshöhe, variieren. Der Siedepunkt variiert sowohl in Abhängigkeit von der Meereshöhe als auch in Abhängigkeit von dem Medium. Unabhängig von dem Medium kann allerdings das Sieden anhand der Schallemission des Mediums im Fluid erkannt werden. Dieser Effekt wird nachfolgend durch das Kochgerät 50 genutzt. Das Kochgerät 50 um-

fasst beispielsweise ein Heizelement, wie z. B. ein Induktionsheizelement 52, z. B. eine Induktionsspule, wie sie oben erläutert wurde. Ferner umfasst das Kochgerät 50 Mittel zur Schalldetektion 54, wie z. B. ein Mikrofon oder einen Körperschallsensor. Die Mittel zur Schalldetektion 54 sind ausgebildet, das akustische Signal 56, herrührend von dem Medium 58, in dem Kochgeschirr 59 zu detektieren. Das akustische Signal wird dann beispielsweise in ein digitales akustisches Signal überführt und durch den Prozessor 55 ausgewertet. Die Auswertung kann entsprechend Ausführungsbeispielen gemäß ein oder mehreren Merkmalen erfolgen, um anhand dieser ein oder mehreren Merkmale den Kochzustand des Mediums 58 zu bestimmen. Beispielsweise kann eine Siedeinformation anhand des Geräusches erkannt werden. Wie oben erläutert, ergibt sich beim Siedevorgang ein akustisches Signal durch das Medium, so dass beispielsweise mittels Mustererkennung diese Information generiert werden kann. Es wurde ferner erkannt, dass auch Temperaturinformationen oder andere Informationen, wie z. B. ein Verdampfungs- oder Verbrennungszustand des Mediums, insbesondere bei Fett, erkannt werden kann.

[0038] Entsprechend optionalen Ausführungsbeispielen gibt diese Zustandsinformation der Prozessor 55 an die Steuerung 20 aus. Die Steuerung 20 kann ausgehend hiervon die Heizleistung für das Heizelement 52 steuern, wie es oben im Zusammenhang mit den Steuerungsbeispielen aus Fig. 1D, und 1F erläutert wurde.

[0039] Nachfolgend wird bezugnehmend auf Fig. 2a eine Variante erläutert, bei welcher der akustische Sensor 54 und der Prozessor 55 in eine externe Vorrichtung, wie z. B. eine Retrofit-Vorrichtung 53, integriert werden. Die Funktionalität ist im Wesentlichen dieselbe, wobei der Prozessor 55 die generierten Informationen und/oder Merkmale als Informationen dann an eine Programmierschnittstelle eines Standardkochfelds ausgibt. Hier ist die Programmierschnittstelle API mit dem Bezugszeichen 20a versehen. Wie die Programmierschnittstelle können entsprechend weiteren Ausführungsbeispielen nicht nur die generierten Informationen, z. B. in Form von Regelungsdaten, an die API-Schnittstelle ausgegeben werden, sondern auch Zusatzinformationen, wie z. B. eine Drehknebelstellung, eine Topferkennung und/oder eine Temperatur von der Schnittstelle 20a durch die Vorrichtung 53 abgegriffen und in die Regelung einbezogen werden. Ausgehend hiervon kann dann die herkömmliche Regelung mittels der Regler 20z und der Regelungsstrecke 20r erfolgen. An dieser Stelle sei gleich angemerkt, dass der Regler natürlich nicht auf eine Zweipunktregelung beschränkt ist; ein PID-Regler wäre auch denkbar.

[0040] Die einzigen Sensorsignale, die entsprechend Ausführungsbeispielen für das Monitoring einbezogen werden können, sind in Fig. 2B illustriert. Bei diesem Ausführungsbeispiel wird davon ausgegangen, dass der akustische Sensor 54 in das Ceranfeld integriert sein kann. Das Ceranfeld umfasst optionaler Weise eine Topferkennung 61 und einen Temperatursensor 62. Ausge-

hend hiervon sind dann also die vier Eingangsdaten Drehknebelstellung, Topferkennung, Temperatur und das akustische Signal vorhanden, so dass unter Verwendung dieser Signale die Anregungsfrequenz für die Steuerung 20, d. h. also die Leistungssteuerung, angepasst werden kann. Diese Regelung kann z. B. für jede Kochzone separat, d. h. x-mal erfolgen. Die Drehknopfstellung gibt den Sollwert ein, wobei unter Berücksichtigung von Temperatur, akustischem Signal dann die Anregungsfrequenz so gewählt wird, dass ein passender Kochzustand erhalten wird. Dieser wird über das akustische Signal und/oder die Zusatzsignale erkannt und geregelt. Beim Anlernen des Modells bildet der Prozessor (nicht dargestellt) durch Rückschlüsse zum dynamischen System aus Regler und Regelstrecke (Glaskeramikplatte und Topf) ein ML-Modell und lernt dieses entsprechend an. Hierbei können über die zugeführte Energiemenge und der damit verbundenen Temperaturänderung (Temperatursensor 62) auch Kenntnisse zum Topfinhalt gewonnen werden. Der Topfinhalt ist also ein entsprechendes Merkmal zugehörig zu dem Kochzustand, da sowohl die akustische Charakteristik als auch der Kochzustand selbst je Medium bzw. Topfinhalt variieren kann.

[0041] Entsprechend Ausführungsbeispielen kommen als Mittel zur Schalldetektion 54 unterschiedliche Varianten in Betracht. Entsprechend einer ersten Variante kann, wie beispielsweise im Zusammenhang mit Fig. 3 erläutert, ein Luftschall bestimmt werden. Hierfür könnte entsprechend einem Ausführungsbeispiel ein MEMS-Mikrofon verwendet werden. Entsprechend einer weiteren Variante wäre auch die Bestimmung eines Körperschalls denkbar.

[0042] Ein Körperschallaufnehmer (Körperschallmikrofon) ist ein elektroakustischer Wandler zur Körperschallmessung, wobei sich die Messung vorwiegend auf die Untersuchung von schwingenden Oberflächen bezieht. Die wichtigsten Kenngrößen sind die Auslenkung, die Schwingungsgeschwindigkeit und die Schwingungsbeschleunigung. Entsprechend platziert man beispielsweise vier Typen von Körperschallaufnehmern, wie sie in Fig. 2C gezeigt sind. Hierzu gehören piezoelektrische Sensoren, MEMS-Sensoren, Dehnungsmessstreifen, magnetisch-induktive Sensoren. Alle dienen zur Beschleunigungsaufnahme.

[0043] Wie in Fig. 2B gezeigt ist, kann der Schallaufnehmer, wie z. B. das Mikrofon oder der Körperschallaufnehmer, an unterschiedlichen Positionen des Kochfelds 10 mit den mehreren Kochzonen positioniert werden. In der rechten Fig. 2B rechts sind vier Schallaufnehmer, jeweils zugeordnet zu den Kochzonen 12a-d, vorgesehen. Alternativ können die Schallaufnehmer auch zwischen den Kochzonen vorgesehen sein, wie in der linken Fig. 2B links illustriert ist. In diesem Fall ist dann nicht eine 1:1-Zuordnung von Schallaufnehmer und Kochzone möglich.

[0044] Gemäß Ausführungsbeispielen kann als Mikrofon auch ein Mikrofon-Array eingesetzt werden. Das bietet einige Vorteile, nämlich dass so mittels des einen Ar-

rays mehrere Kochzonen 12a-d z.B. unter Anwendung von Beamforming überwachbar wären. Auch kann gemäß Ausführungsbeispielen eine Störgeräuschausblendung erfolgen. Besonders der Einsatz eines Array ermöglicht vorhandene Störgeräusche zu erkennen und dann zu berücksichtigen oder herauszufiltern (vor der weiteren Verarbeitung der Signale). Die Mikrofone können entsprechend Ausführungsbeispielen direkt am Kochfeld oder in der Kochumgebung (z.B. Dunstabzugshaube, Küchendecke, o.ä.) angebracht werden.

[0045] Die aktiven Induktionsspulen erzeugen Störgeräusche, die eventuell gefiltert werden müssen. Störgeräusche treten abhängig vom Umrichter in unterschiedlicher Weise auf:

1) Ein Royer-Oszillator erzeugt Störgeräusche mit einer konstanten Frequenz (vgl. Fig. 2E).

2) Ein Umrichter mit variabler einstellbarer Frequenz erzeugt ein Störgeräusch mit variierender Frequenz (vgl. Fig. 2F).

[0046] Eine Analyse der Störgeräusche ist z.B. zwischen Anregungspausen gezeigt, wie Fig. 2G im Bereich A zeigt.

[0047] Entsprechend Ausführungsbeispielen weist der Prozessor einen entsprechenden Filter auf, um derartige Störgeräusche, die in Abhängigkeit von der Wahl des Umrichters kalkulierbar sind, herauszufiltern. Eine simple Möglichkeit wäre die Verwendung eines Tiefpasses zur Filterung des Audiosignals, wie in Fig. 2H anhand des Bezugszeichens 55t gezeigt ist. Der Tiefpassfilter erhält entsprechend Ausführungsbeispielen auch noch Informationen wie die aktuelle Anregungsfrequenz, um das Audiosignal optimal zu filtern.

[0048] Zur Erkennung der ein oder mehreren Merkmale eines Kochzustands anhand des akustischen Signals wird im Vorfeld der Prozessor trainiert oder mit trainierten Daten versorgt. Mittels maschinellen Lernens können die unterschiedlichen Signale, z. B. Drehknebelstellung, Topferkennung, Temperatur, Anregungsfrequenz und vor allem das akustische Signal, kombiniert werden und anhand dieser ein Muster für unterschiedliche Kochzustände bestimmt werden. Ein so trainiertes ML-Modell (SVM, CNN, TCNN, RNN, LSTM, Transformer) kann dann zur nachfolgenden Überwachung und Automatisierung des Kochprozesses verwendet werden. Entsprechend einem Basisausführungsbeispiel wird die akustische Emission von Kochvorgängen bzw. anderen Ereignissen am Herd oder ähnlichen Küchengeräten per Körper- und/oder Luftschall (hörbare Frequenzen bis 20000 Hz) erfasst. Diesen akustischen Emissionen wird dann ein Kochzustand zugeordnet, der zu einem späteren Zeitpunkt wiedererkennbar ist. Entsprechend weiteren Ausführungsbeispielen werden Sensordaten durch intelligente Signalanalyse oder Vorverarbeitung, z. B. Zeit/Frequenztransformation oder Merkmalsextraktion, in Kombination mit Verfahren des maschinellen Lernens,

z. B. durch neuronale Netze, fortwährend oder zu festen Zeitintervallen überwacht und analysiert. Die Luft- und/oder Körperschalldaten werden zur Analyse ggf. mit weiteren Sensordaten zusammengeführt. Die Analyse kann lokal direkt am Gerät oder Sensor durchgeführt werden. Alternativ ist auch eine Cloud-Auswertung möglich. Ein so angeleitetes ML-Modell (Machine-Learning-Modell) ermöglicht anschließend verschiedene ein oder mehrere vorher definierte Zustände zu erkennen, z. B. überkochendes Wasser und das z.B. unabhängig vom vorherigen Signalverlauf. Anstatt fixe Ereignisse oder additiv zu fixen Ereignissen können auch kontinuierliche Ereignisse, wie z. B. eine "Brutzelintensität" von Fett bestimmt werden.

[0049] Eine derartige Vorrichtung kann direkt in das Küchengerät integriert werden, wie es z. B. im Zusammenhang mit Fig. 4 erläutert wurde oder auch als Retrofit-Element vorgesehen sein, wie Fig. 2A gezeigt hat.

[0050] Die integrierte Variante oder auch die Retrofit-Variante bieten beide die Möglichkeit, entsprechend weiteren Ausführungsbeispielen anhand der Ergebnisse der Analyse eine Rückkopplung an das Küchengerät zu geben, um dessen Parameter zu regeln. Additiv oder alternativ kann auch eine Information einem Nutzer, z. B. via Smartphone, ausgegeben werden, um den Nutzer über den aktuellen Status zu informieren und ggf. auf Probleme hinzuweisen.

[0051] Derartige Probleme können als Kochzustände interpretiert werden. Im Zusammenhang mit Fig. 3B sind exemplarisch drei Kochzustände dargestellt. Fig. 3B zeigt ausgehend von einer Vielzahl von verknüpften Sensorinformationen (vgl. Fig. 3a), die z.B. anhand ihrer Relevanz gewichtet sind, drei resultierenden erkannten Zustände "Wasser kocht über", "Fett brutzelt zu stark" oder "alles in Ordnung". Das sind Beispielklassen für Sicherheitsfunktionen. Ausgehend von jedem Zustand kann dann auch ein Hinweis gegeben werden oder auch direkt eine Steuerung der Kochfeldleistung vorgenommen werden. Bei Wasser kocht über oder Fett brutzelt zu stark kann beispielsweise die Kochfeldleistung (oder der Temperatursollwert) verringert werden. Im Zustand alles in Ordnung wird die Sollwertvorgabe vom Drehknebel verwendet. Entsprechend der Vorhersagen (predictions) des ML-Modells kann das über die API des Herstellers erfolgen, um so eine Temperaturanpassung vorzunehmen. Es können sowohl Klassifizierungs- als auch Regressionsmodelle verwendet werden. Ferner kann auch überprüft werden, ob eine Klassifizierung passend ist oder das Modell (z. B. Vorhersage eines Temperaturwerts) verbessert werden soll. Hierfür kann dann der Nutzer über die API ein Feedback geben, das mit berücksichtigt wird (siehe unten).

[0052] Entsprechend Ausführungsbeispielen ist die Sicherheitsfunktion als Basisfunktion zu verstehen. Insbesondere kommt es häufig zu Küchenbränden infolge von brennendem Fett. Der Zustand stark brutzelndes Fett kann so dazu führen, die Heizleistung zu reduzieren und ist vorteilhafterweise sehr gut anhand von Körperschall

oder auch Luftschall zu detektieren. Im Wesentlichen gilt das Gleiche für das Überkochen, da der Überkochvorgang sehr gut anhand des akustischen Modells identifiziert werden kann, auch wenn die potenziellen Schadensauswirkungen geringer sind, da hier kein Fettbrand resultiert. Nichtsdestotrotz stellt ein überkochender Topf ein sicherheitskritisches Thema dar, so dass auch dieser erkannte Zustand einer Sicherheitsfunktion zuzuordnen ist. Entsprechend Ausführungsbeispielen wäre es auch denkbar, diese Sicherheitsfunktion zu deaktivieren, um aktiv sehr hohe Leistung, z. B. beim Frittieren, in das Medium einzutragen. Durch ein Nutzerfeedback kann der selbstlernende Algorithmus auch weiter trainiert werden, wenn dieser beispielsweise einen überkochenden Topf erkennt oder eine zu hohe Fetttemperatur erkennt, obwohl diese noch nicht erreicht ist. Insofern kann durch ein Nutzerfeedback bezüglich der Zustandsinformation auch ein Training während des Betriebs ermöglicht werden.

[0053] An dieser Stelle sei angemerkt, dass auch andere Kochgeräte, wie z. B. ein Wasserkocher, potenziell denkbar wären. Ein Wasserkocher hat ein integriertes Heizelement und kann akustisch überwacht werden. Ausgehend von dem akustischen Signal kann dann das Abschalten des Wasserkochers ermöglicht werden.

[0054] Für den Fall der Kochaufgabe Wasser aufkochen kann mittels herkömmlichem Kochgeschirr (vgl. Fig. 3D) oder mittels einem herdbetriebenen Wasserkocher (vgl. Fig. 3C) genauso die Wasserkocherfunktionalität "einmaliges Aufkochen" ermöglicht werden. Das Kochfeld wird dann abgeschaltet, sobald das Wasser aufgeköcht wurde. Entsprechend Ausführungsbeispielen wäre es natürlich auch denkbar, dass über solche Funktionen eine Sprachsteuerung möglich ist, da ja die sicherheitsrelevanten Aspekte durch die akustische Überwachung abgesichert werden können.

[0055] Fig. 3D zeigt eine mögliche Variante, wie weitere Informationen, z. B. vom Kochgeschirr an die Steuerung, übertragen werden können. Beispielsweise kann ein RFID-Tag als Aufkleber auf das Kochgeschirr vorgesehen sein, der Informationen über die Funktionalität via RFID an das Kochgerät ausgibt. Insofern kann das Kochgerät entsprechend Ausführungsbeispielen einen RFID-Leser aufweisen. Entsprechend Ausführungsbeispielen kann ein dynamisches Modell oder spezielle Funktion in einem RFID-Tag somit hinterlegt werden und an die intelligente Steuerung des Kochfelds übermittelt werden. Interessant wäre z. B. ein RFID-Tag, der alten Töpfen o. ä. neue Funktionen gibt. Zum Beispiel "ich bin ein Wasserkocher", um so die oben erläuterte Wasserkocherfunktionalität auszuführen.

[0056] Somit kann additiv oder alternativ zu den Sicherheitsfunktionalitäten auch einen Komfortfunktionalität, wie eine einer Kochaufgabe zugeordneter Kochmodus, ermöglicht werden.

[0057] Fig. 3E zeigt eine Steuerung 20', mit einem Prozessor 55, die das akustische Signal von dem Sensor 54 erhält. Die Steuerung kann entsprechend Ausführungs-

beispielen beispielsweise via Bluetooth oder anderen Funkkommunikationsmitteln Informationen an den Nutzer ausgeben. Der Nutzer kann beispielsweise einen hier dargestellten Kopfhörer zur Sprachausgabe oder auch eine Smartwatch zur visuellen Anzeige oder Alarmierung via Vibrationssignal tragen. Ferner können auch die Schallinformationen vom Kochbereich / zum Kochzustand in repräsentative Vibrationsmuster umgewandelt und dann an eine Smartwatch übertragen werden.

[0058] Eine weitere Variante einer möglichen Steuerungsvariante bzw. Komfortfunktionalität könnte die situationsabhängige Regulierung der Leistung sein. Beispielsweise kann gem. Ausführungsbeispielen das Kochmedium im Kochgeschirr in einem ersten Zustand, der z.B. bei Bestätigung durch den Nutzer erfasst wird, konstant gehalten werden. Wenn der Nutzer oder der Koch mit der aktuellen Koch- oder Brutzelintensität zufrieden ist, kann er dies der Steuerung - ähnlich wie beim Tempomat im PKW- über eine Hold-Taste mitteilen. Die Steuerung sorgt dann dafür, dass die Koch- oder Brutzelintensität entsprechend gehalten wird. Das Nudelwasser kocht nicht über. Ein mehrfaches Nachjustieren der Heizleistung über den Drehknebel ist somit nicht notwendig. Eine solche Funktion ist optimal zum leichten Köcheln, Aufwärmen oder Warmhalten von Speisen. Außerdem fängt eine Flüssigkeit oft direkt stärker an zu kochen, wenn man zum Energiesparen einen Deckel benutzen möchte.

[0059] Entsprechend Ausführungsbeispielen kann die Steuerung aufgrund des akustischen Signals zwischen dem Zustand mit Deckel und ohne Deckel unterscheiden und dann die Regulierung entsprechend anpassen. Abhängig vom Zustand Deckel oder ohne Deckel ändert sich sowohl das akustische Signal als auch das Verhalten des Kochmediums, was die Steuerung ausgebildet ist, zu berücksichtigen. Ein speziell optimiertes Aufwärmprogramm wäre ebenfalls denkbar, wie nachfolgend erläutert werden wird.

[0060] Ein Aufwärmprogramm bzw. allgemein ein Kochprogramm könnte beispielsweise ein automatisiertes Regeln der Heizleistung entsprechend einem vorgegebenen Rezept durchführen. In dem Rezept gespeicherte Inhalte können beispielsweise die Dauer von einzelnen Heizstufen sein oder auch die Dauer von einzelnen Kochzuständen. Beispielsweise kann definiert werden, dass über eine bestimmte Dauer der Kochzustand A gehalten wird, während über eine weitere bestimmte Dauer der Kochzustand B gehalten wird. Aufwärmprogramme könnten beispielsweise in Zusammenarbeit mit Herstellern von Fertiggerichten entworfen werden. Über einen QR-Code auf der Verpackung kann die intelligente Steuerung dann ein von dem Hersteller optimiertes Kochprogramm ausführen (Wassermenge + Pulver im Topf, QR-Code scannen mit Kochfeld/Smartphone, Start-Klicken, falls nötig Signalton zum Umrühren, etc. Dasselbe Prinzip kann in Kochbüchern angewendet werden. Weiter werden auch unterschiedliche Programme so ermöglicht, wie z. B. zum Erwärmen von Würsten wie

Weißwürsten, entsprechend vorgegebener Rezeptur.

[0061] Bezug nehmend auf Fig. 3F wird die Ermittlung der Daten-Basis für die Temperaturvoraussage (temperature prediction) unter Verwendung eines neuronalen Netzes, das anhand des Körperschalls die Temperatur des Fettes oder allgemein des Mediums in der Pfanne bzw. allgemein im Kochgeschirr voraussagt, erläutert. Über ein Infrarotthermometer wird so zu Trainingszwecken die Temperatur des aufzuheizenden Mediums bestimmt und gleichzeitig über einen Schallaufnehmer, z. B. einen Piezo-Tonabnehmer oder ein Mikrofon, der aktuell vorherrschende Körperschall aufgenommen. Diese zwei Informationen können korreliert werden. Die Zusammenhänge können mit einem ML-Modell (Regressionsmodell) erlernt werden. Als weiteres zu korrelierendes Merkmal kann auch noch eine Information über das zu erhitzende Medium eingelesen werden. Hintergrund ist, dass, wie die Tabelle in Fig. 3F zeigt, unterschiedliche Medien unterschiedliche Rauchpunkte haben, da diese bis zu anderen Maximaltemperaturen erhitzbar sind.

[0062] Fig. 3G zeigt einen Auszug aus einem CSV-Marker für beispielsweise drei unterschiedliche Kochintensitäten KS0 Herd an, KS1 leichtes Kochen, KS2 starkes Kochen, KS3 Überkochen.

[0063] Nachfolgend wird ein bevorzugtes Ausführungsbeispiel zusammen mit dem Funktionsprinzip anhand von Fig. 5A-I im Detail erläutert.

[0064] Ein Ausführungsbeispiel schafft einen intelligenten Kochsensor, der Kochzustände sicher erkennen und automatisch regeln kann. Er besteht z.B. aus einem künstlichen auditiven Wahrnehmungsmodell und einem neuartigen Leistungsregler. Damit bildet er zusammen mit einem Induktionskochfeld ein intelligentes cyber-physisches Gesamtsystem. So kann er die Kochumwelt wahrnehmen, verstehen und durch Aktionen - wie z. B. durch Anpassen der Heizleistung - gezielt verändern. Durch die Möglichkeit autonom zu handeln, bildet er das Fundament für das smarte Kochfeld der Zukunft und die Basis für benutzerfreundliche Koch-Assistenzsysteme.

[0065] Aufgrund des angedachten Systemaufbaus kann der Sensor einfach und schnell in konventionelle Kochfeldsysteme integriert werden.

[0066] Das Funktionsprinzip des Sensor wird anhand von Fig. 5a erläutert. Fig. 5a illustriert die die Ausführung des Sensors als cyber-physisches System. Hier sind die drei Stufen Wahrnehmungsmodell, Systemzustand und Systemregler abhängig von Ziel- und Ist-Kochzustand unter Berücksichtigung der Topfdynamik dargestellt.

[0067] Die als Umweltgeräusche wahrgenommenen Schalldruckwellen werden von kostengünstigen MEMS-Mikrofonen erfasst, in einem digitalen Signalprozessor vorverarbeitet und in ein Spektrogramm überführt. Dieses beinhalten die Geräuschinformationen und dient als Eingabe für die Kochzustandserkennung im künstlichen auditiven Wahrnehmungsmodell. Die Ausgabe wird als IST-Kochzustand zwischengespeichert. Neben den erfassten Audiosignalen AS werden die Informationen der Kochfeld-Steuerung in die Wahrnehmung einbezogen

(Sensorfusion). Dazu gehören: Indirekte Temperaturmesswerte, Topferkennung und aktuelle Heizleistung (vgl. Fig. 3a).

[0068] Der Systemzustand M bildet als Zustandsvektor die Eingangsgröße für den Leistungsregler. Neben dem wahrgenommenen IST-Kochzustand beinhaltet der Systemzustand Z den gewünschten ZIEL-Kochzustand sowie einen intern berechneten Parameter für die Topfdynamik. Letzterer charakterisiert das thermodynamische Verhalten des Gesamtsystems aus Kochfeld, Kochgeschirr und Flüssigkeit. Der Systemzustand Z kann zudem um Vorgaben für Kochmodi erweitert werden (z. B. Energiesparmodus).

[0069] Der zustandsbasierte Leistungsregler R berechnet die aktuell benötigte Heizleistung auf Basis des Systemzustandes und sendet entweder ein Kommando an die Kochfeld-Steuerung oder eine Warnmeldung an die kochende Person. So kann der ZIEL-Kochzustand autonom und energieeffizient erreicht und beibehalten werden.

[0070] Im Folgenden wird das Konzept der Klassifizierung von Kochzuständen beschrieben.

[0071] Hörbare Garmethoden und nützliche Kochzustände sind in Fig. 5b gezeigt: Unter Kochen oder Garen versteht man im Allgemeinen das Zubereiten von Speisen mithilfe einer Wärmequelle. Dabei wird grundsätzlich zwischen den feuchten Garmethoden (dem Kochen i. e. S.) und den trockenen Garmethoden (Braten, Frittieren und Anschwitzen) unterschieden. Hauptunterschied der beiden Zubereitungsarten ist das Medium, das zur Übertragung der Wärme auf das Kochgut verwendet wird. So werden zum Kochen Flüssigkeiten wie Wasser, Brühe, Wein und Milch verwendet; beim Braten, Frittieren und Anschwitzen erfolgt das Erwärmen mit Hilfe von Fetten und Ölen [8]. Die Wahl der Garmethode wirkt sich dabei direkt auf den Geschmack, die Verträglichkeit und den Nährstoffgehalt der zubereiteten Lebensmittel aus - oft auch auf die Gesundheit [8]. Ein Überblick der in privaten Haushalten regelmäßig angewendeten Garmethoden ist in Fig. 5b dargestellt. Akustisch hörbare Garmethoden sind schraffiert hinterlegt.

[0072] Für den zu entwickelnden Demonstrator zur Kundengewinnung und für ein erstes minimal praktikables Produkt (engl. Minimum Viable Product, kurz MVP) im Sinn der Lean Startup Methode, eignen sich die feuchten Garmethoden am besten. Denn:

- Kochzustände sind meist über einen langen Zeitraum konstant zu halten
- Es sind weniger direkte Interaktionen erforderlich als z. B. beim Braten
- Sie machen den größeren Teil aller Garmethoden aus und sind allgemein gesünder
- Das Potential zum Energiesparen ist größer
- Der Mehrwert für die Endbenutzerinnen ist insgesamt größer

[0073] Im Rahmen einer durchgeführten Machbar-

keitsstudie für das künstliche auditive Wahrnehmungsmodell wurden die folgenden Kochzustandsklassen verwendet: Herd aus, Implosionen, Simmern, Köcheln, Kochen, stark Kochen und Überkochen. Damit lassen sich nahezu alle feuchten Garmethoden anhand ihrer spezifischen Kochgeräusche überwachen und regeln. Die Zustandsklassen können im Rahmen der Kundenentdeckung (engl. customer discovery) angepasst werden. In diesem Zusammenhang können z. B. auch sicherheitsrelevante Funktion zum Braten und Frittieren sowie Bratassistenten im Zusammenhang mit Brutzelintensitäten implementiert werden.

[0074] Gemäß Ausführungsbeispielen kann Hören mit künstlicher Intelligenz eingesetzt werden: Geräusche sind im Allgemeinen Hörempfindungen, die nicht direkt als Klang, Ton, Tongemisch, Zusammenklang oder Knall wahrgenommen werden. Ursache für Geräusche sind über elastische Körper (z. B. einen Kochtopf) vermittelte Schwingungsvorgänge die sich als Luftschall im Raum ausbreiten [9]. Im Gegensatz zu einem Pfeifton, hat ein Kochgeräusch somit keine exakt bestimmbare Tonhöhe, also keine dominierende Frequenz (siehe Fig. 5c). Dennoch sind unterschiedliche Frequenzbereiche unterschiedlich stark vertreten und verleihen so auch einem Kochgeräusch einen individuellen Charakter, was im dargestellten Mel-Spektrum MS in Fig. 5c gut zu erkennen ist. Anmerkung: Ein Spektrum ist die bildliche Darstellung des zeitlichen Verlaufs des Frequenzspektrums eines Signals (z.B. eines Audiosignals) [10]. Dabei wird das Zeitsignal mit der Kurzzeit-Fourier-Transformation (englisch short-time Fourier transform, kurz STFT) in den Zeit-Frequenz-Bereich überführt [11]. In einem Mel-Spektrum sind die Frequenzen auf der Y-Achse in der Mel-Skala dargestellt [12]. Darüber hinaus bilden sich auch markante zeitliche Muster heraus. Additiv oder alternativ könnten deshalb auch statt Frequenzbereichen auch der zeitliche Verlauf eingelernt werden.

[0075] Auf Basis solcher charakteristischer Merkmale können unterschiedliche Geräusche sowohl vom menschlichen Gehirn als auch von einem ML-Modell klassifiziert und damit einem bekannten Kochzustand zugeordnet werden. Hierbei ist anzumerken, dass die grundlegenden Merkmale der Kochgeräusche trotz überlagerter Störgeräusche erhalten bleibt. Zudem sind Mikrofone nicht auf den Hörbereich des Menschen begrenzt.

[0076] Um die akustischen Signale automatisch zu analysieren, kommen gemäß Ausführungsbeispielen Methoden des maschinellen Lernens (ML) zum Einsatz, bspw. in Form von tiefen neuronalen Netzen. Beim überwachten Lernen (engl. Supervised Learning), erlernt das neuronale Netz die Zusammenhänge zwischen Kochgeräusch und Kochzustand anhand von Trainingsdaten. Nach erfolgreichem Training kann das neuronale Netz (ML- bzw. KI-Modell) zum Klassifizieren von Kochgeräuschen angewendet werden (siehe Fig. 5d).

[0077] Eine Machbarkeitsstudie zum Klassifizieren

von Kochgeräuschen wurde wie folgt durchgeführt. Dabei konnte die Funktionalität des ML-basierten auditiven Wahrnehmungssystems nachgewiesen.

5 1. Datenerhebung: Im Rahmen der Datenerhebung wurden Kochgeräusche mit Hilfe eines Mikrofons aufgenommen und in einem Trainingsdatensatz zusammengefasst. Ein einzelnes Datensatzelement besteht dabei aus einer Audiodatei (Kochgeräusch) sowie dem zugehörigen Klassenlabel (Kochzustand). Bei der Aufnahme der Trainingsdaten kam das vorab entwickelte Aufnahme und Label-Programm "KitchenGuard Audio Recorder" zum Einsatz, welches eine schnelle und fehlerfreie Datenerhebung erlaubt. Auf dieser Basis konnte ein erster Trainingsdatensatz für die sieben definierten Kochzustände erstellt werden. Dieser beinhaltet 748 Aufnahmen mit einer Gesamtdauer von etwa 12,5 Stunden. Der Versuchsaufbau und die verwendete Hardware sind in Fig. 5e dargestellt.

10 2. Vorverarbeitung, Merkmalsextraktion: Aus den aufgezeichneten Audiodaten wurden im Rahmen der Vorverarbeitung gelabelte Mel-Spektrogramme extrahiert (siehe Fig. 5f). Aufgrund der moderaten Größe des Trainingsdatensatzes, konnten mit einem Betrachtungszeitraum von 2,14 s und folglich 17.574 Mel-Spektrogrammen die besten Ergebnisse erzielt werden. Um den realen Betrieb mit Störgeräuschen besser abzubilden, wurden die Trainingsbeispiele im Rahmen einer Datenaugmentierung (engl. Data Augmentation) erweitert und diversifiziert, wie Fig. 5f darstellt.

15 3. Modellauswahl und Training: In der Machbarkeitsstudie wurde u. a. das von Google LLC entwickelte CNN Mobilenetv2_050 getestet [Q]. Dieses CNN ist speziell für den Einsatz auf mobilen Geräten optimiert und kann zuverlässig auf Mikrocontrollern und kleinen KI-Prozessoren (microNPUs) betrieben werden. Das CNN wurde daraufhin mit dem erstellten Trainingsdatensatz trainiert.

20 4. Bewertung: Um die Leistungsfähigkeit eines Klassifizierungsmodells zu bewerten, wird vornehmlich die Genauigkeit (engl. Accuracy) in Bezug auf die Vorhersage von unbekanntem Testdaten als erstes Bewertungskriterium herangezogen. Die Genauigkeit des ML-Modells beschreibt das Verhältnis zwischen den richtigen Vorhersagen und allen getroffenen Vorhersagen. [14]. Die Ergebnisse sind in Fig. 5g dargestellt.

25 **[0078]** Es ist zu sehen, dass selbst mit wenig Trainingsdaten vergleichsweise gute Genauigkeiten erzielt werden konnten. Die geringeren Genauigkeiten der Zustandsklassen Köcheln, Kochen und stark Kochen sind u. a. darauf zurückzuführen, dass sich die in diesen Zu-

ständen verursachten Geräusche sehr ähnlich sind und deshalb leichter verwechselt werden. Zum Erlernen von feinen Unterschieden sind entsprechend mehr Trainingsbeispiele notwendig. Für den Nachweis der Machbarkeit sind die dargestellten Ergebnisse jedoch ausreichend.

[0079] Abschließend ist anzumerken, dass es für die Geräuschanalyse noch viele weitere ML-Verfahren gibt. Eine Reihe dieser Verfahren wurde von den Experten in einem Toolkit für akustisches Monitoring (kurz: amo) zusammengefasst [15]. Diese werden für den Sensor ebenfalls getestet und bewertet. (Anmerkung Testdaten sind Daten, die dem ML-Modell (im Training nicht gezeigt wurden) und somit unbekannt sind. Damit repräsentieren sie den realen Einsatz (z. B. in der Küche der Endkunden:innen). Entsprechend wurde für die Bewertung des MLK-Modell einen separaten Testdatensatz aufgenommen, bei dem sich Aufnahmezeitpunkt, Topfhersteller und Topfinhalt von den Trainingsdaten unterscheiden. Zudem repräsentieren vorhandene Störgeräusche den Realbetrieb.

[0080] Gemäß Ausführungsbeispielen kann ein Leistungsregler für die Berechnung der optimalen Heizleistung verwendet werden: Der Leistungsregler des Sensors hat die Aufgabe - ausgehend vom aktuellen Systemzustand - die bestmögliche Leistungsstufe auszuwählen. Der aktuelle Systemzustand beinhaltet hierbei den wahrgenommenen IST-Kochzustand, den gewünschten ZIEL-Kochzustand und die berechnete Topfdynamik.

[0081] Im Gegensatz zu einer Regelung, die auf Temperaturmessungen oder Vibrationsintensitäten beruht, können hier keine klassischen Konzepte der Regelungstechnik angewendet werden. Da es zudem kein Wahrnehmungsmodell gibt, das den IST-Kochzustand mit 100-prozentiger Genauigkeit bestimmen kann und sich auch die Topfdynamik (z. B. durch Hinzufügen von kaltem Wasser durch den Benutzer) ändern kann, handelt es sich um einen nichtdeterministischen Entscheidungsprozess; die Folge einer ausgewählten Aktion kann somit nicht exakt vorhergesagt werden.

[0082] Auf Basis des Markov-Entscheidungsprozesses (engl. Markov-Decision Process, kurz MDP), kann die optimale Leistungsstufe dennoch bestimmt werden. Zum Beispiel anhand einer erlernten Strategie (engl. policy) oder anhand von statistisch erfassten, aktionsabhängigen Übergangswahrscheinlichkeiten. Dafür gibt es Methoden die u. a. in die Bereiche Dynamische Programmierung, Reinforcement Learning und Imitation Learning fallen. Mit entsprechend gewählten Randbedingungen können so auch sicherheitskritische Zustände sicher vermieden werden (z. B. Überkochen). Ein vereinfachtes Beispiel mit aktionsabhängigen Übergangswahrscheinlichkeiten ist in Fig. 5h dargestellt.

[0083] Die geplante Aktion (die Leistungsstufe, die mit höchster Wahrscheinlichkeit zum gewünschten ZIEL-Kochzustand führt) wird am Ende an die Kochfeld-Steuerung übermittelt.

[0084] Zur möglichen Hardware für den Sensor: Die

Anwendung eines trainierten ML-Modells wird als Inferenz (engl. Model-Inference) bezeichnet. Dabei wird im Gegensatz zum Modell-Training deutlich weniger Rechenleistung und Arbeitsspeicher (RAM) benötigt. Aus diesem Grund kann das auditive Wahrnehmungsmodell des Sensors auch auf einem kostengünstigen Mikrocontroller betrieben werden (Stichwort: EndpointAI13, TinyML14). Dadurch können die Kochgeräusche direkt im Kochfeld und in Echtzeit (Inferenz-Zeit von unter 100 ms) klassifiziert werden [16]. Im Gegensatz zum klassischen, cloudbasierten Inferenz-Betrieb ergeben sich folgende Vorteile:

- Privatsphäre und Datenschutz: Private Daten bleiben in der Küche (z. B. Gespräche).
- Sicherheit: ML-Funktionen stehen ohne aktive Internetverbindung zur Verfügung.
- Geschwindigkeit: Kochgeräusche können in Echtzeit im Sensor ausgewertet werden.
- Energieeffizienz: Die Leistungsaufnahme beträgt i. Allg. weniger als 500 μ W.
- Preiswert: Zusätzliche Chips für Ethernet oder WLAN werden nicht benötigt und es entstehen nahezu keine laufenden Betriebskosten. [17]

Durch die steigende Zugänglichkeit der kostengünstigen, MLK-fähigen Mikrocontroller ist der Zeitpunkt für die Umsetzung des Sensors ideal.

[0085] Das in Fig. 5i dargestellte elektronische Hardwarekonzept stellt eine erste Auswahl der Hardware-Komponenten anhand aktueller Erkenntnisse und Annahmen dar. Dieser Hardwareaufbau erlaubt ein gleichzeitiges Überwachen und Regeln von vier Kochzonen. Entsprechend sind vier hochwertige MEMS-Mikrofone für die Audiosignalerfassung vorgesehen. Die Auswahl, Positionierung und Ausrichtung dieser Mikrofone, das sogenannte Mikrofonierungskonzept, soll im Rahmen des EXIST-Gründungsstipendiums erarbeitet werden.

[0086] Zur Vision vom benutzerfreundlichen und sicheren Kochassistenten: Um das Bedürfnis junger Menschen nach Technologie und Luxus zu erfüllen und gleichzeitig eine für technik-averse Endkunden:innen zugängliche, intuitive Bedienung bereit zu stellen, soll mit dem Assistenten ein smarterer Kochassistent geschaffen werden. Interaktive Koch-Apps sollen den Menschen dabei helfen, mit Spaß und stressfrei gesundes Essen zu kochen, neue Rezepte zu entdecken und neue energiesparende und automatisierte Kochmethoden zu testen (z. B. Eier nach der Ogi-Methode zubereiten). Zudem besteht die Möglichkeit, Herstellern von Fertigprodukten, Babynahrung und Kochbuchverlagen die Möglichkeit geben, selbst interaktive Apps bereitzustellen und somit eine optimale Zubereitung ihrer Produkte zu gewährleisten. Weitere Überlegungen sind: Eine Verbindung zu smarten Kühlschränken für Rezeptempfehlungen, speziell entwickeltes, schallemittierendes Kochgeschirr oder die Möglichkeit einer Live-Übertragung von Kochgeräuschen und visuellen Informationen auf Smartphones

oder VR-Brillen. Ziel ist es, das Kochen so attraktiv, interaktiv und entspannend wie möglich zu gestalten und gleichzeitig die notwendige Sicherheit zu bieten.

[0087] Nachfolgend werden unterschiedliche Ausführungsbeispiele bzw. optionale Features zu Ausführungsbeispielen erläutert. Entsprechend Ausführungsbeispielen ist es möglich, das System, d. h. also das Kochgerät oder das Kochzubehör, anzulernen oder weiter zu lernen. Auch ein föderiertes Training (engl. Federated Learning), verteilt durch mehrere Anwender wäre denkbar. Hierdurch wird dann die Datenbank über mehrere Geräte hinweg erweitert. Die Anwenderdaten können nur teilweise oder gar nicht annotiert sein und durch teilüberwachtes Lernen zur Verbesserung des Modells beitragen.

[0088] Entsprechend Ausführungsbeispielen ist der Prozessor ausgebildet, eine Adaptionphase durchzuführen, in welcher sich das Gerät bzw. der Erkennungsalgorithmus des Geräts an das aktuelle Kochgerät oder Kochgeschirr anpasst.

[0089] Entsprechend Ausführungsbeispielen erfolgt die Auswertung sowie ggf. das Weiterlernen unter Verwendung von Privacy-Enhancement-Technologien (homomorphic Encryption, differential privacy, secure multiparty computation, o. ä.), um die unerwünschte Preisgabe von sensiblen Informationen zu vermeiden bzw. Rückschlüsse auf die Teilnehmer, Attribute der Teilnehmer oder andere sensitive Informationen zu ermöglichen.

[0090] Entsprechend Ausführungsbeispielen kann der Prozessor ausgebildet sein, die Sprache als personenbezogene Informationen zu entfernen, ggf. durch Werkzeuge zum Herausfiltern von Sprachinformationen, wie z. B. Voice Activity Detection.

[0091] Entsprechend einem weiteren Ausführungsbeispiel wäre es denkbar, dass eine Herdplatte oder Kochzone, auf der sich der Topf befindet, erkannt wird und zugeordnet wird. Hierzu kann beispielsweise die Ortung von Geräuschen verwendet werden oder auch Informationen von dem Kochgerät, z. B. über eine aktivierte Kochzone, erhalten werden.

[0092] Bei allen Ausführungsbeispielen ist zentral, dass Luft- und/oder Körperschallsensoren zur Analyse der Kochvorgänge genutzt werden.

[0093] Mögliche Anwendungen sind neben dem Kochfeld/Herd auch Heizplatten, Küchenmaschinen mit Kochfunktion, wie z. B. Thermomix, Wasserkocher oder auch Öfen.

[0094] An dieser Stelle sei angemerkt, dass entsprechend Ausführungsbeispielen die Mittel zur Schalldetektion auch Ultraschallabnehmer aufweisen können. Additiv wäre es auch denkbar, dass zusätzlich zu der Schallsensorik auch eine Kamerasensorik verwendet wird.

[0095] Obwohl manche Aspekte im Zusammenhang mit einer Vorrichtung beschrieben wurden, versteht es sich, dass diese Aspekte auch eine Beschreibung des entsprechenden Verfahrens darstellen, sodass ein Block oder ein Bauelement einer Vorrichtung auch als ein entsprechender Verfahrensschritt oder als ein Merkmal ei-

nes Verfahrensschrittes zu verstehen ist. Analog dazu stellen Aspekte, die im Zusammenhang mit einem oder als ein Verfahrensschritt beschrieben wurden, auch eine Beschreibung eines entsprechenden Blocks oder Details oder Merkmals einer entsprechenden Vorrichtung dar. Einige oder alle der Verfahrensschritte können durch einen Hardware-Apparat (oder unter Verwendung einer Hardware-Apparats), wie zum Beispiel einen Mikroprozessor, einen programmierbaren Computer oder eine elektronische Schaltung. Bei einigen Ausführungsbeispielen können einige oder mehrere der wichtigsten Verfahrensschritte durch einen solchen Apparat ausgeführt werden.

[0096] Ein erfindungsgemäß codiertes Signal, wie beispielsweise ein Audiosignal oder ein Videosignal oder ein Transportstromsignal, kann auf einem digitalen Speichermedium gespeichert sein oder kann auf einem Übertragungsmedium wie beispielsweise einem drahtlosen Übertragungsmedium oder einem verdrahteten Übertragungsmedium, z.B. dem Internet, übertragen werden.

[0097] Das erfindungsgemäße kodierte Audiosignal kann auf einem digitalen Speichermedium gespeichert sein, oder kann auf einem Übertragungsmedium, wie beispielsweise einem drahtlosen Übertragungsmedium oder einem drahtgebundenen Übertragungsmedium, wie beispielsweise dem Internet, übertragen werden.

[0098] Je nach bestimmten Implementierungsanforderungen können Ausführungsbeispiele der Erfindung in Hardware oder in Software implementiert sein. Die Implementierung kann unter Verwendung eines digitalen Speichermediums, beispielsweise einer Floppy-Disk, einer DVD, einer Blu-ray Disc, einer CD, eines ROM, eines PROM, eines EPROM, eines EEPROM oder eines FLASH-Speichers, einer Festplatte oder eines anderen magnetischen oder optischen Speichers durchgeführt werden, auf dem elektronisch lesbare Steuersignale gespeichert sind, die mit einem programmierbaren Computersystem derart zusammenwirken können oder zusammenwirken, dass das jeweilige Verfahren durchgeführt wird. Deshalb kann das digitale Speichermedium computerlesbar sein.

[0099] Manche Ausführungsbeispiele gemäß der Erfindung umfassen also einen Datenträger, der elektronisch lesbare Steuersignale aufweist, die in der Lage sind, mit einem programmierbaren Computersystem derart zusammenzuwirken, dass eines der hierin beschriebenen Verfahren durchgeführt wird.

[0100] Allgemein können Ausführungsbeispiele der vorliegenden Erfindung als Computerprogrammprodukt mit einem Programmcode implementiert sein, wobei der Programmcode dahin gehend wirksam ist, eines der Verfahren durchzuführen, wenn das Computerprogrammprodukt auf einem Computer abläuft.

[0101] Der Programmcode kann beispielsweise auch auf einem maschinenlesbaren Träger gespeichert sein.

[0102] Andere Ausführungsbeispiele umfassen das Computerprogramm zum Durchführen eines der hierin beschriebenen Verfahren, wobei das Computerpro-

gramm auf einem maschinenlesbaren Träger gespeichert ist. Mit anderen Worten ist ein Ausführungsbeispiel des erfindungsgemäßen Verfahrens somit ein Computerprogramm, das einen Programmcode zum Durchführen eines der hierin beschriebenen Verfahren aufweist, wenn das Computerprogramm auf einem Computer abläuft.

[0103] Ein weiteres Ausführungsbeispiel der erfindungsgemäßen Verfahren ist somit ein Datenträger (oder ein digitales Speichermedium oder ein computerlesbares Medium), auf dem das Computerprogramm zum Durchführen eines der hierin beschriebenen Verfahren aufgezeichnet ist.

[0104] Ein weiteres Ausführungsbeispiel des erfindungsgemäßen Verfahrens ist somit ein Datenstrom oder eine Sequenz von Signalen, der bzw. die das Computerprogramm zum Durchführen eines der hierin beschriebenen Verfahren darstellt bzw. darstellen. Der Datenstrom oder die Sequenz von Signalen kann bzw. können beispielsweise dahin gehend konfiguriert sein, über eine Datenkommunikationsverbindung, beispielsweise über das Internet, transferiert zu werden.

[0105] Ein weiteres Ausführungsbeispiel umfasst eine Verarbeitungseinrichtung, beispielsweise einen Computer oder ein programmierbares Logikbauelement, die dahin gehend konfiguriert oder angepasst ist, eines der hierin beschriebenen Verfahren durchzuführen.

[0106] Ein weiteres Ausführungsbeispiel umfasst einen Computer, auf dem das Computerprogramm zum Durchführen eines der hierin beschriebenen Verfahren installiert ist.

[0107] Ein weiteres Ausführungsbeispiel gemäß der Erfindung umfasst eine Vorrichtung oder ein System, die bzw. das ausgelegt ist, um ein Computerprogramm zur Durchführung zumindest eines der hierin beschriebenen Verfahren zu einem Empfänger zu übertragen. Die Übertragung kann beispielsweise elektronisch oder optisch erfolgen. Der Empfänger kann beispielsweise ein Computer, ein Mobilgerät, ein Speichergerät oder eine ähnliche Vorrichtung sein. Die Vorrichtung oder das System kann beispielsweise einen Datei-Server zur Übertragung des Computerprogramms zu dem Empfänger umfassen.

[0108] Bei manchen Ausführungsbeispielen kann ein programmierbares Logikbauelement (beispielsweise ein feldprogrammierbares Gatterarray, ein FPGA) dazu verwendet werden, manche oder alle Funktionalitäten der hierin beschriebenen Verfahren durchzuführen. Bei manchen Ausführungsbeispielen kann ein feldprogrammierbares Gatterarray mit einem Mikroprozessor zusammenwirken, um eines der hierin beschriebenen Verfahren durchzuführen. Allgemein werden die Verfahren bei einigen Ausführungsbeispielen seitens einer beliebigen Hardwarevorrichtung durchgeführt. Diese kann eine universell einsetzbare Hardware wie ein Computerprozessor (CPU) sein oder für das Verfahren spezifische Hardware, wie beispielsweise ein ASIC.

[0109] Die oben beschriebenen Ausführungsbeispiele stellen lediglich eine Veranschaulichung der Prinzipien

der vorliegenden Erfindung dar. Es versteht sich, dass Modifikationen und Variationen der hierin beschriebenen Anordnungen und Einzelheiten anderen Fachleuten einleuchten werden. Deshalb ist beabsichtigt, dass die Erfindung lediglich durch den Schutzbereich der nachstehenden Patentansprüche und nicht durch die spezifischen Einzelheiten, die anhand der Beschreibung und der Erläuterung der Ausführungsbeispiele hierin präsentiert wurden, beschränkt sei.

Literaturverzeichnis

Wissenschaftliche Referenzen

15 [0110]

- M. Sahani, A. Nayak, R. Agrawal and D. Sahu, "A GSM, WSN and embedded web server architecture for Internet based kitchen monitoring system," 2015 International Conference on Circuits, Power and Computing Technologies [ICCPCT-2015], Nagercoil, India, 2015, pp. 1-6, doi: 10.1109/ICCPCT.2015.7159480.
- H. Pudugosula, "Automatic Smart and Safety Monitoring System for Kitchen Using Internet of Things," 2019 International Conference on Intelligent Computing and Control Systems (ICCS), Madurai, India, 2019, pp. 1174-1177, doi: 10.1109/ICCS45141.2019.9065663.
- Žarić, Nikola, Milutin Radonjić, Nikola Pavličević, and Sanja Paunović Žarić. 2021. "Design of a Kitchen-Monitoring and Decision-Making System to Support AAL Applications" Sensors 21, no. 13: 4449. <https://doi.org/10.3390/s21134449>
- Hassan, Ch Anwar Ul, Jawaid Iqbal, Muhammad Sufyan Khan, Saddam Hussain, Adnan Akhunzada, Mudabbir Ali, Abdullah Gani, Mueen Uddin, and Syed Sajid Ullah. 2022. "Design and Implementation of Real-Time Kitchen Monitoring and Automation System Based on Internet of Things" Energies 15, no. 18: 6778. <https://doi.org/10.3390/en15186778>
- Umapathi, N., Sabbani, S. (2022). An Internet of Things (IoT)-based Approach for RealTime Kitchen Monitoring Using NodeMCU 1.0. In: Sivasubramanian, A., Shastry, P.N., Hong, P.C. (eds) Futuristic Communication and Network Technologies. VICFCNT 2020. Lecture Notes in Electrical Engineering, vol 792. Springer, Singapore. https://doi.org/10.1007/978-981-16-4625-6_4
- Hsu, Wei-Ling, Ji-Yun Jhuang, Chien-Shiun Huang, Chiu-Kuo Liang, and Yan-Chyuan Shiau. 2019. "Application of Internet of Things in a Kitchen Fire Prevention System" Applied Sciences 9, no. 17: 3520. <https://doi.org/10.3390/app9173520>
- F Nugroho and A B Pantjawati, "Automation and Monitoring Smart Kitchen Based on Internet of Things (IoT)", IOP Conference Series: Materials Science and Engineering, Volume 384, International

Symposium on Materials and Electrical Engineering (ISMEE) 2017, Bandung, Indonesia

Patente

[0111]

- CN212645834U; Overflow monitoring device
- CN216221393U; Water overflow detection device
- CN203799469U; Overflow alarm device
- US20130179159A1; System and methods for detecting overflow
- CN101957083A; Multifunctional overflow device
- CN217090649U; Dish washing machine
- CN112804600A; Sound equipment based on AI artificial intelligence and system thereof
- US20190354815A1; Homeostatic Capacity Evaluation of Artificial Intelligence Systems
- US20210232670A1; Artificial Intelligence service method and device therefor
- CN112362750A; Acoustic detection system and device based on artificial intelligence
- CN214011777U; Artificial intelligence test system
- CN207731301U; A kind of intelligent Sensorsystem framwork
- CN105659629A; Ear-shaped part, artificial head part, and measurement system and measurement method using these
- CN111496802A; Control method, device, equipment and medium for artificial intelligence equipment
- CN111161727A; Artificial intelligence barrier-free control system
- GB2588036A; Sound monitoring system and method
- GB2563892A; Sound monitoring system and method
- US20060177071A1; Method and system for detecting a predetermined sound event such as the sound of breaking glass
- CN103197630B; The self study criterion method of formation of Audio Monitoring System
- KR20180066294A; Sound monitoring system and method using multiple devices
- JP3693644B2; Equipment operating state acoustic monitoring method and equipment operating state acoustic monitoring apparatus
- US8155326B2; System, method, and apparatus for using the sound signature of a device to determine its operability
- EP1913567A2; Enhanced acoustic monitoring and alarm response
- JP2013225248A; Sound identification system, sound identification device, sound identification method and program.

Literatur

[0112]

- [1] "Wie kochen die Deutschen?", GfK, 2015. Zugegriffen: 21. November 2023. [Online]. Verfügbar unter: <https://aus-meinem-kochtopf.de/wie-kochen-die-deutschen/>
- [2] C. Wan, "How We Can Enable Intelligence On Endpoints", *ambiq*. Zugegriffen: 12. Dezember 2023. [Online]. Verfügbar unter: <https://ambiq.com/blog/how-we-canenable-intelligence-on-endpoints/>
- [3] "Die 5 häufigsten Brandursachen", *Brandschutz Zentrale*, Mai 2022. Zugegriffen: 15. Dezember 2023. [Online]. Verfügbar unter: <https://brandschutz-zentrale.de/brandschutz/einsatz/die-5-haeufigsten-brandursachen/>
- [4] H.-H. Drews, "Jeder fünfte Brand im Haushalt entsteht am Herd! Ursache: der Mensch", 2017. Zugegriffen: 10. Juli 2023. [Online]. Verfügbar unter: https://www.schadenprisma.de/wp-content/uploads/sp_2017_4_2.pdf
- [5] "MP3-Entwickler kommen in Ruhmeshalle", *stern*, März 2007. Zugegriffen: 15. November 2023. [Online]. Verfügbar unter: <https://www.stern.de/digital/computer/-cehall-of-fame--mp3-entwickler-kommen-in-ruhmeshalle-3356668.html>
- [6] Patent-Anmeldungen: TU Ilmenau bundesweit unter den ersten zehn. 2023. Zugegriffen: 18. Oktober 2023. [Radiobeitrag]. Verfügbar unter: <https://www.mdr.de/nachrichten/thueringen/suedthueringen/ilmeneau-ilmkreis/tu-ilmeneau-innovativ-patentiwstudie-100.html>
- [7] "Dipl.-Ing. Sascha Grollmisch". Zugegriffen: 22. November 2023. [Online]. Verfügbar unter: <https://www.idmt.fraunhofer.de/en/institute/doctorands/grollmisch.html#2>
- [8] "Garmethoden - Kochen, dämpfen, dünsten & Co." Zugegriffen: 13. November 2023. [Online]. Verfügbar unter: <https://www.verbraucherservice-bayern.de/themen/hauswirtschaft/garmethoden-kochen-daempfen-duensten-co#:~:text=Ob%20Sieden%2C%20Dünsten%2C%20Braten%20oder,eine%20enorme%20Vielfalt%20beim%20Kochen>
- [9] Wikipedia Autoren, "Geräusch", *Wikipedia*. 30. Mai 2023. Zugegriffen: 30. Oktober 2023. [Online]. Verfügbar unter: <https://de.wikipedia.org/wiki/Geräusch>
- [10] Wikipedia Autoren, "Spektrogramm", *Wikipedia*. 28. Juli 2023. [Online]. Verfügbar unter: <https://de.wikipedia.org/wiki/Spektrogramm>
- [11] Wikipedia Autoren, "Kurzzeit-Fourier-Transformation", *Wikipedia*. 21. November 2023. Zugegriffen: 15. Dezember 2023. [Online]. Verfügbar unter: <https://de.wikipedia.org/wiki/Kurzzeit-Fourier-Transformation>
- [12] S. Jauss, "Grundlagen der Signalverarbeitung und Audio-Features für Machine Learning", *KI im Audibereich*. Zugegriffen: 15. Dezember 2023. [Online]. Verfügbar unter: <https://ai.hdm-stutt>

gart.de/news/2023/ki-im-audiobereich-grundlagen-signalverarbeitung-ml/

[13] L. Monigatti, "Audio Classification with Deep Learning in Python", Towards Data Science. Zugegriffen: 10. Mai 2023. [Online]. Verfügbar unter: <https://towardsdatascience.com/audio-classification-with-deep-learning-in-python-cf752b22ba07>

[14] K. Nighania, "Various ways to evaluate a machine learning model's performance", Towards Data Science. Zugegriffen: 15. Dezember 2023. [Online]. Verfügbar unter: <https://towardsdatascience.com/various-ways-to-evaluate-a-machine-learning-models-performance-230449055f15>

[15] "KI-basiertes akustisches Monitoring in der Produktion". Zugegriffen: 15. Dezember 2023. [Online]. Verfügbar unter: https://www.idmt.fraunhofer.de/de/business_units/industrial-sound-analysis.html

[16] C. Nugteren, "tinyML Talks: Demoing the world's fastest inference engine for Arm Cortex-M (ab Sekunde 822)", 6. Januar 2022. Zugegriffen: 22. November 2023. [Online]. Verfügbar unter: <https://www.youtube.com/watch?v=ComEgcN7KfY&t=822s>

[17] "tinyML Summit 2021 Proceedings", 22. März 2021. Zugegriffen: 31. Oktober 2023. [Online]. Verfügbar unter: https://cms.tinyml.org/wp-content/uploads/summit2021/tinyMLSummit2021d1Awards_Syntiant.pdf

[18] "Hochwertige Audiosignalerfassung", TrendGuide Sensorik. Zugegriffen: 15. Dezember 2023. [Online]. Verfügbar unter: https://www.infineon.com/dgdl/Infineon-Xensiv%20MEMS%20Mikrofone_MarktundTechnik-ART-v01_00-DE.pdf?fileId=5546d46264fee02f01650e895f1b4854#:~:text=MEMS%20Mikrofone%20bieten%20gegenüber%20her,mehr-er-en%20Mikrofonen%20aufeinander%20abge%20%20stimmt.

[19] "Smart Kitchen Appliances Market Size, Share & Trends Analysis Report By Product (Smart Refrigerators, Smart Cookware & Cooktops, Smart Dishwashers, Smart Oven, Others), By Application, By Region, And Segment Forecasts, 2023 2030", Grand View Research, Report Overview, 2022. Zugegriffen: 20. September 2023. [Online]. Verfügbar unter: <https://www.grandviewresearch.com/industry-analysis/smart-kitchen-appliances-market>

[20] "Smart Kitchen Appliance Market Forecast to 2028 COVID-19 Impact and Global Analysis By Product (Ovens, Refrigerators, Sous Vide, Juicers & Blenders, Cooker & Cooking Robots, Cooktops, & Integrated Ovens & Cooktops, Others), by End User, and Connectivity", Research And Markets, Report Overview, 2021. [Online]. Verfügbar unter: https://www.researchandmarkets.com/reports/4787380/smart-kitchen-appliance-market-forecast-to?utm_source=GNOM&utm_medium=PressRelease&utm_code=qr738s&utm_campaign=1693860+-+Smart+Kitchen+Appliance+Global+Market+Forecast%3a+An+E-stimated+US%24+47%2c071+Million+Market+by+2028%2c+with+CAGR+of+17.4%25+Forecast+During+20202028&utm_exec=cari18prd

ports/4787380/smart-kitchen-appliance-market-forecast-

to?utm_source=GNOM&utm_medium=PressRelease&utm_code=qr738s&utm_campaign=1693860+-+Smart+Kitchen+Appliance+Global+Market+Forecast%3a+An+E-stimated+US%24+47%2c071+Million+Market+by+2028%2c+with+CAGR+of+17.4%25+Forecast+During+20202028&utm_exec=cari18prd

[21] "Induction Cooktops Market Size, Share & Trends Analysis Report By Product (Built-in, Free-standing), By Application (Household, Commercial), By Distribution Channel (Online, Specialty Stores), And Segment Forecasts, 2021 2028", Grand View Research, Report Overview, 2019. [Online]. Verfügbar unter: <https://www.grandviewresearch.com/industry-analysis/induction-cooktops-market>

[22] Statista, "Cooking appliances and equipment (INDUSTRIES & MARKTS)", Statista, Statistic report did-23654-1, Nov. 2022. Zugegriffen: 16. September 2023. [Online]. Verfügbar unter: <https://www.statista.com/study/23654/cooking-appliances-andequipment-statista-dossier/>

[23] "Fast 6 Millionen ältere Menschen leben allein", Statistisches Bundesamt (Destatis), Sep. 2021. [Online]. Verfügbar unter: https://www.destatis.de/DE/Presse/Pressemitteilungen/2021/09/PD21_N057_12411.html

[24] "GERMANY KITCHEN APPLIANCES MARKET SIZE & SHARE ANALYSIS GROWTH TRENDS & FORECASTS (2023 2028)", Mordor Intelligence, Report Overview, 2022. Zugegriffen: 25. September 2023. [Online]. Verfügbar unter: <https://www.mordorintelligence.com/industry-reports/germany-kitchen-appliancesproducts-market-industry>

[25] A. Viroli, L. Jeanneteau, M. Nostro, und S. E. Christiansen, "Induction hob with boiling detection and induction energy control, method for heating food with an induction hob and computer program product", EP3195694A1 Zugegriffen: 26. Juli 2023. [Online]. Verfügbar unter: <https://patents.google.com/patent/EP3195694A1/en>

[26] C. Franco Gutierrez u. a., "Gargerätevorrichtung", EP2590473A1 Zugegriffen: 26. Juli 2023. [Online]. Verfügbar unter: <https://patents.google.com/patent/EP2590473A1/de?q=EP2590473A1>

[27] A. R. Buendia Garcia, F. Ashrafzadeh, und M. MUKHTAR, "Boil and boil-dry detection methods for cooking appliances using vibration sensors", US9354207B2 Zugegriffen: 24. Juli 2023. [Online]. Verfügbar unter: <https://patents.google.com/patent/US9354207B2/en?q=US9354207B2>

[28] G. Dr. med. Betz, H. Dr. med. Renz-Polster, und A. Dr. med. Schäffler, "Sinnesorgane und Körperwahrnehmung im Alter", Gesundh. Heute, 2014, Zugegriffen: 18. Oktober 2023. [Online]. Verfügbar

unter: <https://www.apotheken.de/krankheiten/hintergrundwissen/10299-sinnesorgane-und-koerperwahrnehmung-im-alter>

[29] S. Ahrens, "Pro-Kopf-Verbrauch von Nudeln in Deutschland bis 2021/22", Statista, Sep. 2023. Zugegriffen: 26. September 2023. [Online]. Verfügbar unter: <https://de.statista.com/statistik/daten/studie/156453/umfrage/pro-kopf-verbrauch-von-nudeln-in-deutschland-seit-1996/>

[30] "Windenergie Wieviel Strom produziert ein Windrad?", Bluedrift Wissen und Infos. Zugegriffen: 12. September 2023. [Online]. Verfügbar unter: <https://www.bluedrift.at/index.php/wissen-und-infos/windkraft>

[31] L. Fernández, "Weighted average cost for installed onshore wind energy worldwide from 2010 to 2021", Statista, Statistik, Feb. 2023. Zugegriffen: 26. September 2023. [Online]. Verfügbar unter: <https://www.statista.com/statistics/506774/weighted-average-installed-cost-for-onshore-wind-power-worldwide/>

[32] R. Bocksch, "Es werde Licht (ELEKTRIZITÄT)", Mai 2023. Zugegriffen: 18. September 2023. [Online]. Verfügbar unter: <https://de.statista.com/infografik/21802/anteilder-bevoelkerung-mit-zugang-zu-elektrizitaet/>

[33] "Alles Wissenswerte über Kochfelder", Küchen Staude online Magazin. Zugegriffen: 19. September 2023. [Online]. Verfügbar unter: <https://www.kuechen-staude.de/magazin/highlights/kochfelder-a-z/>

[34] "Deutschland Haushalte und Haushaltsmitglieder (2022)", Statistisches Bundesamt (Destatis), März 2023. [Online]. Verfügbar unter: <https://www.destatis.de/DE/Themen/Gesellschaft-Umwelt/Bevoelkerung/Haushalte-Familien/Tabelle/1-1-privathaushalte-haushaltsmitglieder.html>

[35] Länderdaten, "Energiehaushalt in Deutschland", Länderdaten, 2021. Zugegriffen: 19. September 2023. [Online]. Verfügbar unter: <https://www.laenderdaten.info/Europa/Deutschland/energiehaushalt.php>

[36] "Europa Bevölkerung 2022", Statistisches Bundesamt (Destatis), März 2023. [Online]. Verfügbar unter: <https://www.destatis.de/Europa/DE/Thema/Basisstabelle/Bevoelkerung.html>

[37] B. Urmersbach, "Europäische Union & Euro-Zone: Anzahl der Privathaushalte von 2012 bis 2022", Statista, Juli 2023. Zugegriffen: 19. September 2023. [Online]. Verfügbar unter: <https://de.statista.com/statistik/daten/studie/349055/umfrage/privathaushalte-in-eu-und-euro-zone/#:~:text=Im%20Jahr%202021%20gab%20es,es%20rund%20153%2C4%20Millionen>

[38] A.-S. Turulski, "Weltbevölkerung nach Kontinenten Mitte des Jahres 2022", Statista, Mai 2023. Zugegriffen: 19. September 2023. [Online]. Verfügbar unter: <https://de.statista.com/statistik/daten/studie/1723/umfrage/weltbevoelkerung-nach-kontinenten/>

en/studie/1723/umfrage/weltbevoelkerung-nach-kontinenten/

[39] United Nations, "Household size and composition around the world", United Nations Department of Economic and Social Affairs, 2017. Zugegriffen: 16. September 2023. [Online]. Verfügbar unter: https://www.un.org/en/development/desa/population/publications/pdf/pop-facts/PopFacts_2017-2.pdf

[40] R. Muschter, "Durchschnittliche Größe der Haushalte in China in den Jahren 1990 bis 2021", Statista, März 2023. Zugegriffen: 19. September 2023. [Online]. Verfügbar unter: <https://de.statista.com/statistik/daten/studie/220587/umfrage/durchschnittliche-groesse-der-haushalte-in-china/#:~:text=Durchschnittliche%20Größe%20der%20Haushalte%20in%20China%20bis%202021&text=Im%20Jahr%202021%20hat%20die,d>

en%20Jahren%201990%20bis%202021

Patentansprüche

1. Kochgerät (10), mit folgenden Merkmalen:

einer Heizquelle (12) zum Erhitzen eines Mediums oder eines Kochgeschirrs;
Mittel zur Schalldetektion (54), die ausgebildet sind, ein akustisches Signal herrührend von dem Medium oder dem Kochgeschirr zu empfangen und/oder in ein digitales akustisches Signal zu überführen;
einem Prozessor (55), der ausgebildet ist, das digitale akustische Signal im Hinblick auf Rohdaten oder ein oder mehrere Merkmale zu analysieren und anhand der ein oder mehreren Merkmale einen Kochzustand für das Medium zu bestimmen.

2. Kochgerät (10) gemäß Anspruch 1, wobei der Prozessor (55) ausgebildet ist, anhand ein oder mehrerer Muster von Merkmalen und/oder Merkmalskombinationen ein oder mehrere Kochzustände, insbesondere vordefinierte Kochzustände, zu erkennen.

3. Kochgerät (10) gemäß einem der vorherigen Ansprüche, wobei der Kochzustand aus der Gruppe von Kochzuständen umfassend eine der folgenden stammt:

- Temperaturinformation des Mediums;
- Siedeinformation eines Fluids als Medium;
- Verdampfungs-/Verbrennungszustand eines Fettes als Medium; und
- Garzustand des Mediums und/oder eines Kochguts als Medium.

4. Kochgerät (10) gemäß einem der vorherigen Ansprüche, wobei das Kochgerät (10) die Form eines Kochfelds aufweist; und/oder
- wobei das Kochgeschirr einen Topf oder eine Pfanne umfasst und/oder wobei das Medium ein Gargut (z.B. Fleisch) und/oder eine Garmedium (z.B. Kochwasser oder Fett) umfasst; und/oder wobei das Kochgerät (10) die Form eines Kochfelds aufweist, das mehrere Kochplatten oder Kochpositionen umfasst; wobei der Prozessor (55) ausgebildet ist, anhand des digitalen akustischen Signals oder der digitalen akustischen Signale und/oder einer Zusatzinformation eine Kochpositionsdetektion oder eine Kochplattendetektion durchzuführen, wobei die Kochposition oder die Kochplattendetektionsinformation ein Merkmal darstellt.
5. Kochgerät (10) gemäß einem der vorherigen Ansprüche, wobei die Mittel zur Schalldetektion (54) ausgebildet sind, auf ein jeweiliges Kochgeschirr oder Medium zugeordnet zu einer Kochposition oder Kochplatte ausgerichtet zu werden oder sich auszurichten.
6. Kochgerät (10) gemäß einem der vorherigen Ansprüche, wobei die Mittel zur Schalldetektion (54) Mittel zur Schalldetektion (54) von Luftschall, einem Mikrofon oder Mikrofonarray und/oder Mittel zur Schalldetektion (54) von Körperschall aufweisen; und/oder wobei die Mittel zur Schalldetektion (54) externe Mittel zur Schalldetektion (54) umfassen, die an dem Kochgerät (10) und/oder an dem Kochgeschirr und/oder der Küchendecke im Bereich des Kochfeldes und/oder der Dunstabzugshaube angeordnet sind.
7. Kochgerät (10) gemäß einem der vorherigen Ansprüche, wobei beim Analysieren der Prozessor (55) eine oder mehrere der folgenden Operationen durchführt:
- A/D-Wandlung der akustischen Signale
 - Vorverarbeitung (z.B. umfassend Schritte wie Quantisierung oder Normalisierung)
 - Merkmalsextraktion, z.B. in Form einer Zeit-Frequenz-Transformation, oder Extraktion anderer vordefinierter Merkmale erfolgen;
 - Signalfilterung, insbesondere zur Störgeräuschminimierung oder Minimierung von Störgeräuschen herrührend von der Heizquelle (Induktion) (12), beispielsweise in Form eines Bandpassfilters;
 - Beamforming
8. Kochgerät (10) gemäß einem der vorherigen Ansprüche, wobei der Prozessor (55) ausgebildet ist, mittels maschinellen Lernens und/oder einem neuronalen Netz die Analyse durchzuführen.
9. Kochgerät (10) gemäß Anspruch 8, wobei der Prozessor (55) ausgebildet ist, mittels Trainingsdaten und/oder mittels einem aktuellen digitalen akustischen Signals das neuronale Netz und/oder den ML-Algorithmus zu trainieren.
10. Kochgerät (10) gemäß Anspruch 9, wobei der Prozessor (55) ausgebildet ist, vor Ort trainiert zu werden, im Auslieferungszustand trainiert zu sein, vor Ort adaptiert zu werden und/oder mittels föderiertem Training trainiert zu werden.
11. Kochgerät (10) gemäß einem der vorherigen Ansprüche, wobei der Prozessor (55) ausgebildet ist, ein aus dem digitalen akustischen Signal abgeleitetes Signal mittels Privatsphäreerweiterungsprozessierung und/oder mittels eines Sprachfilters nachzu bearbeiten.
12. Kochgerät (10) gemäß einem der vorherigen Ansprüche, wobei der Prozessor (55) ausgebildet ist, die Analyse basierend auf weiterer externer Merkmale, insbesondere einer Anregungsfrequenz des Kochgeschirrs, einer Temperatur des Kochgeschirrs, einer Topfpositionsinformation, eines Topferkennungszustands, einer Kochgeräteinstellung, durchzuführen und/oder einer Information über das Medium (Gargut und/oder Garmedium).
13. Kochgerät (10) gemäß einem der vorherigen Ansprüche, das eine interne Datenbank und/oder eine Schnittstelle zu einer externen Datenbank aufweist, wobei auf der internen Datenbank oder der externen Datenbank Modellgewichtungen und/oder Informationen bezüglich ein oder mehrerer Referenzmerkmale zugeordnet zu einem oder mehreren Kochzuständen gespeichert sind und wobei der Prozessor (55) ausgebildet ist, eine Analyse mittels der ein oder mehreren Referenzmerkmale durchzuführen.
14. Kochgerät (10) gemäß einem der vorherigen Ansprüche, wobei das Kochgerät (10) eine Steuerung aufweist, die ausgebildet ist, die Heizquelle (12) in Abhängigkeit eines ermittelten Kochzustands, insbesondere eine Leistung für die Heizquelle (12) bei Erreichen eines Kochzustands, insbesondere eines Siedezustands, zu regeln.
15. Kochzubehör zur Verwendung für ein Kochgerät (10) mit einer Heizquelle (12) zum Erhitzen eines Mediums oder eines Kochgeschirrs, mit folgenden Merkmalen:
- Mittel zur Schalldetektion (54), die ausgebildet

sind, ein akustisches Signal herrührend von dem Medium oder dem Kochgeschirr zu empfangen und/oder in ein digitales akustisches Signal zu überführen;

einem Prozessor (55), der ausgebildet ist, das digitale akustische Signal in Hinblick auf Rohdaten oder ein oder mehrere Merkmale zu analysieren und anhand der ein oder mehreren Merkmale einen Kochzustand für das Medium zu bestimmen.

5

10

- 16.** Verfahren zur Überwachung eines Kochgeräts (10) mit einer Heizquelle (12) zum Erhitzen eines Mediums oder eines Kochgeschirrs, mit folgenden Schritten:

15

Empfangen eines akustischen Signals herrührend von dem Medium oder dem Kochgeschirr mittels Mitteln zur Schalldetektion und/oder Überführen in ein digitales akustisches Signal; Analysieren des digitalen Signals im Hinblick auf Rohdaten oder die ein oder mehreren Merkmale und Ermitteln eines Kochzustands anhand der ein oder mehreren Merkmale.

20

25

- 17.** Computerprogramm mit einem Programmcode zur Durchführung des Verfahrens nach Anspruch 16, wenn der Programmcode auf einem Prozessor (55) ausgeführt wird.

30

35

40

45

50

55

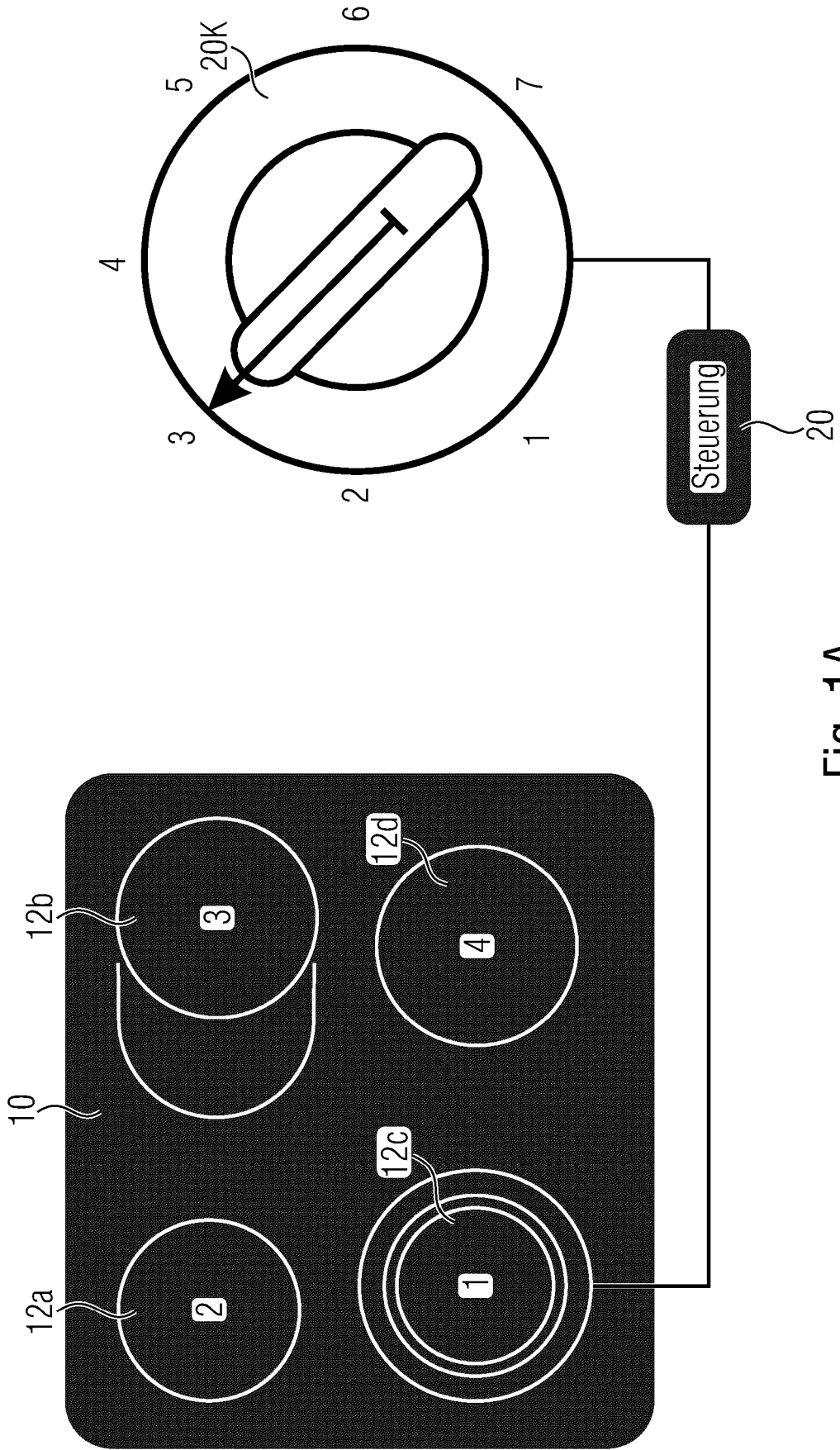


Fig. 1A

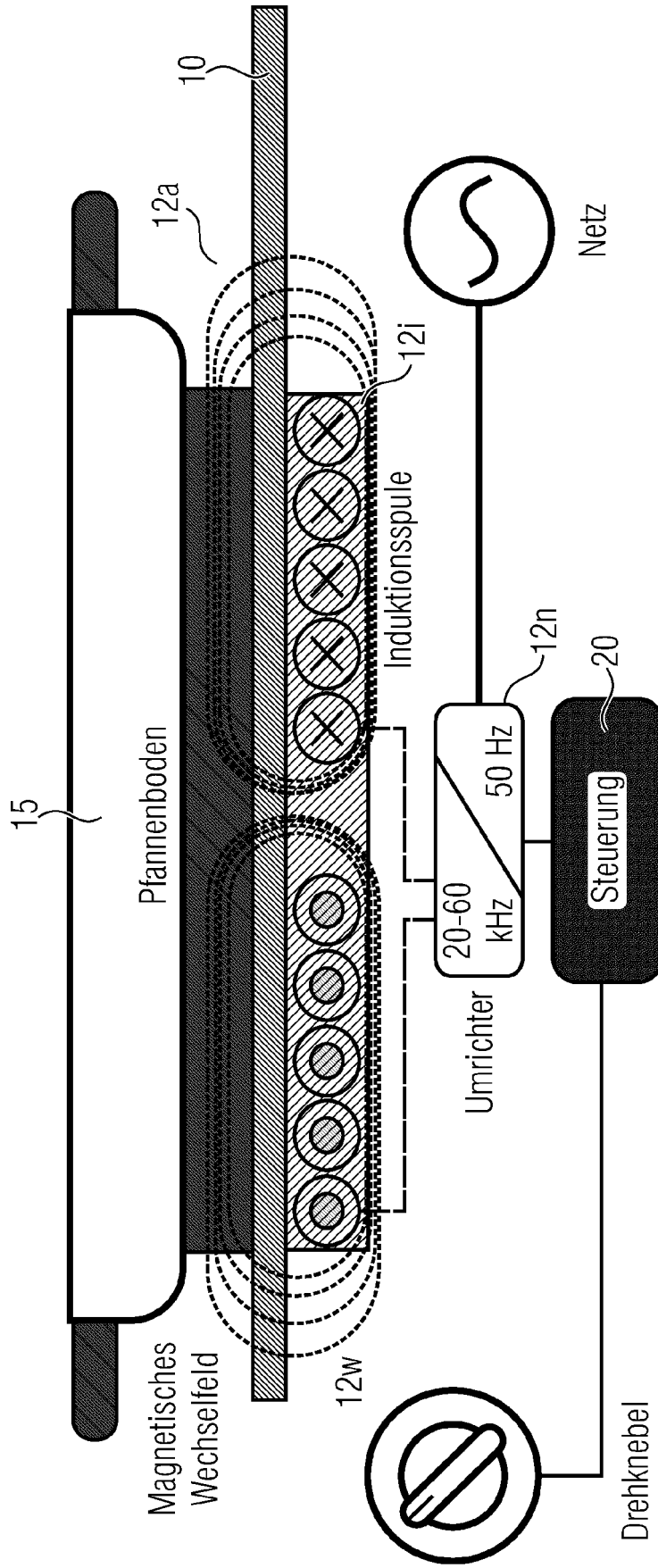


Fig. 1B

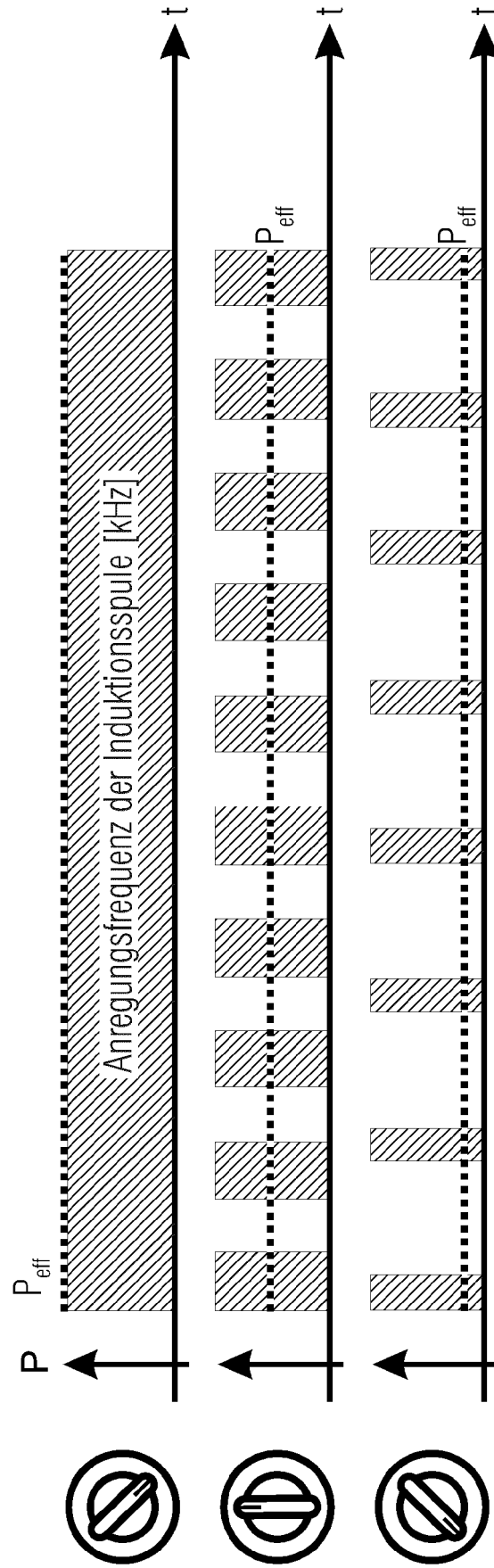


Fig. 1C

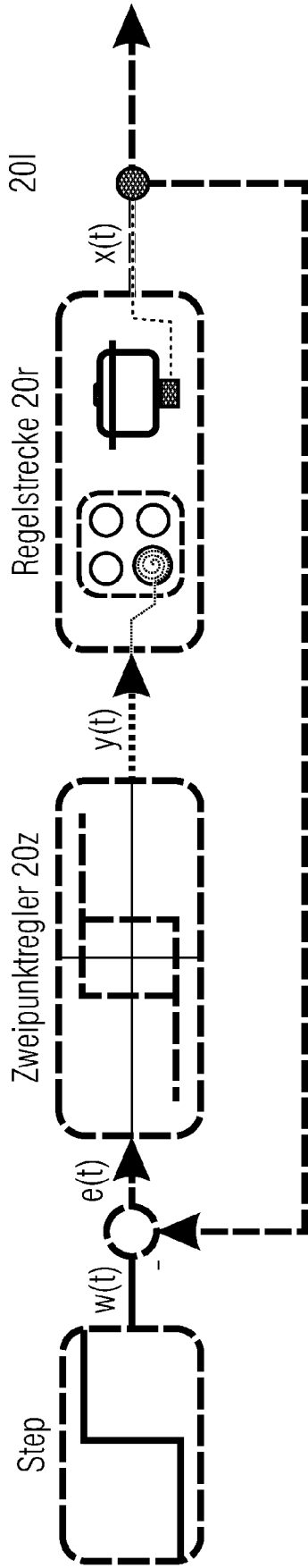


Fig. 1D

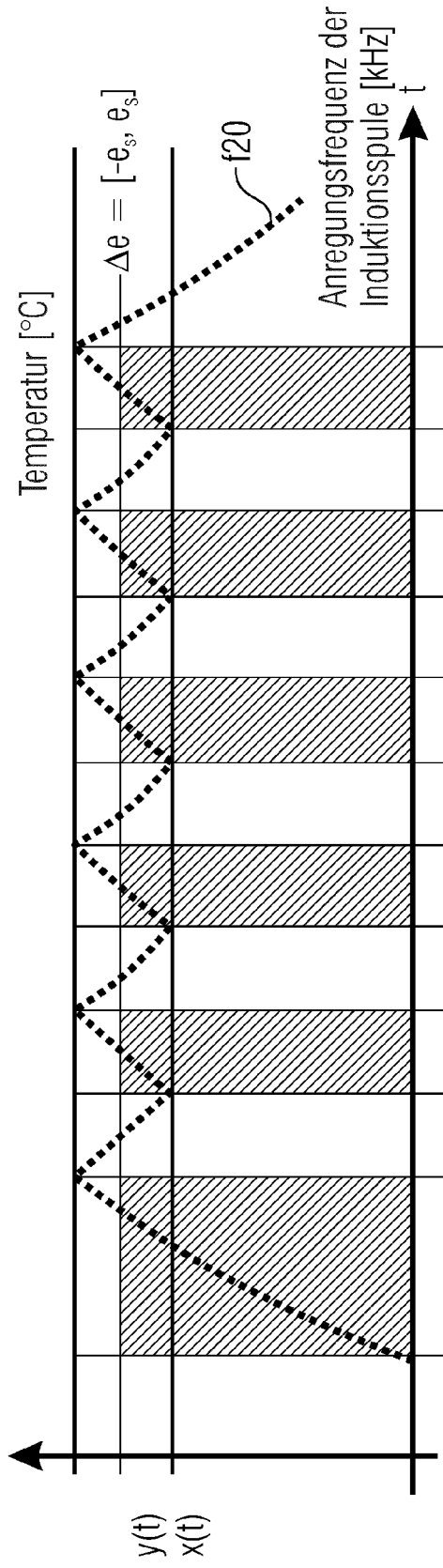


Fig. 1E

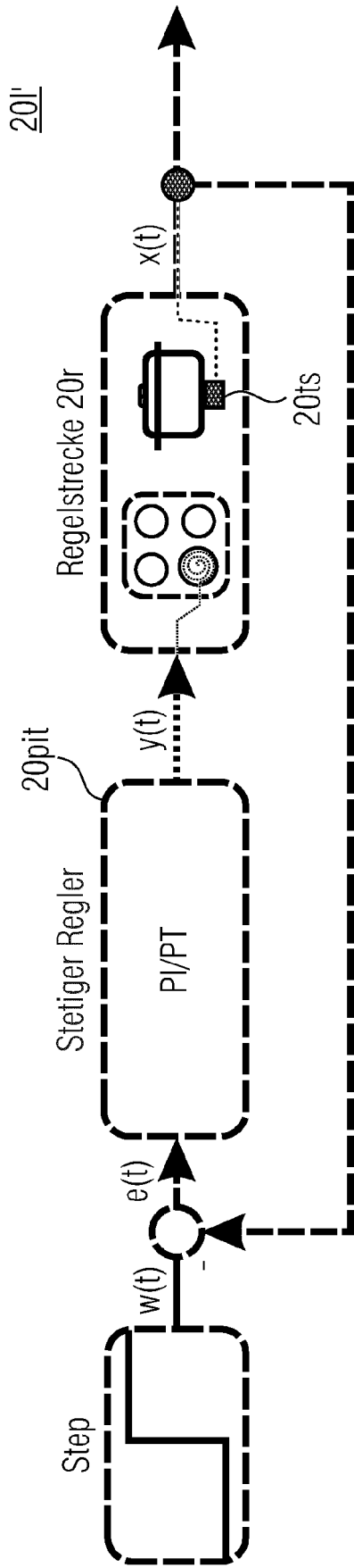


Fig. 1F

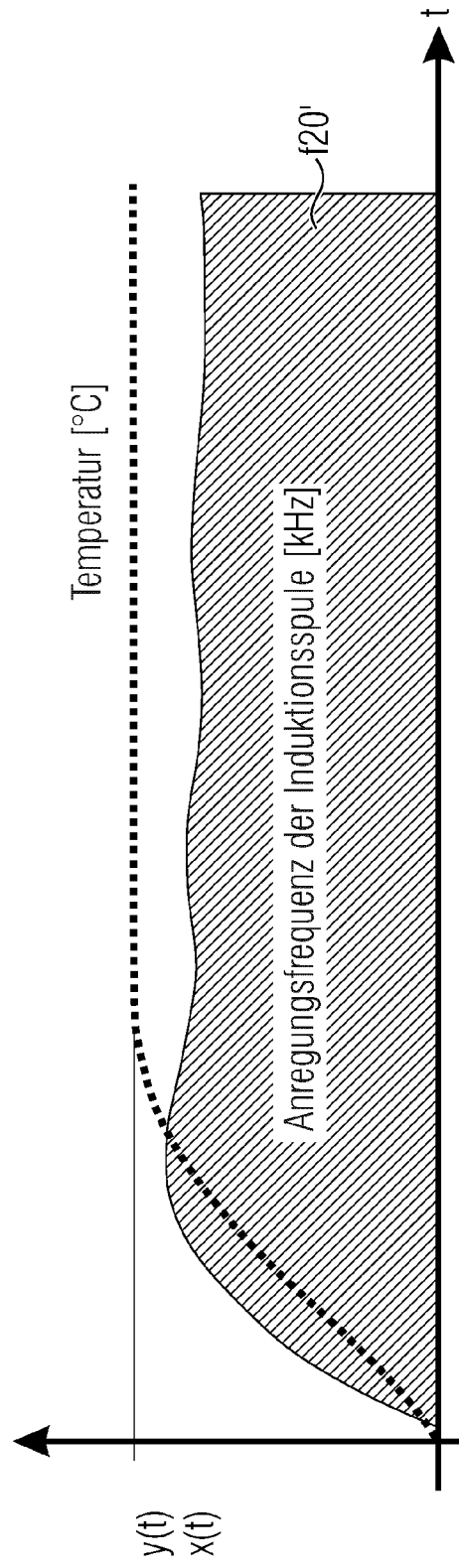


Fig. 1G

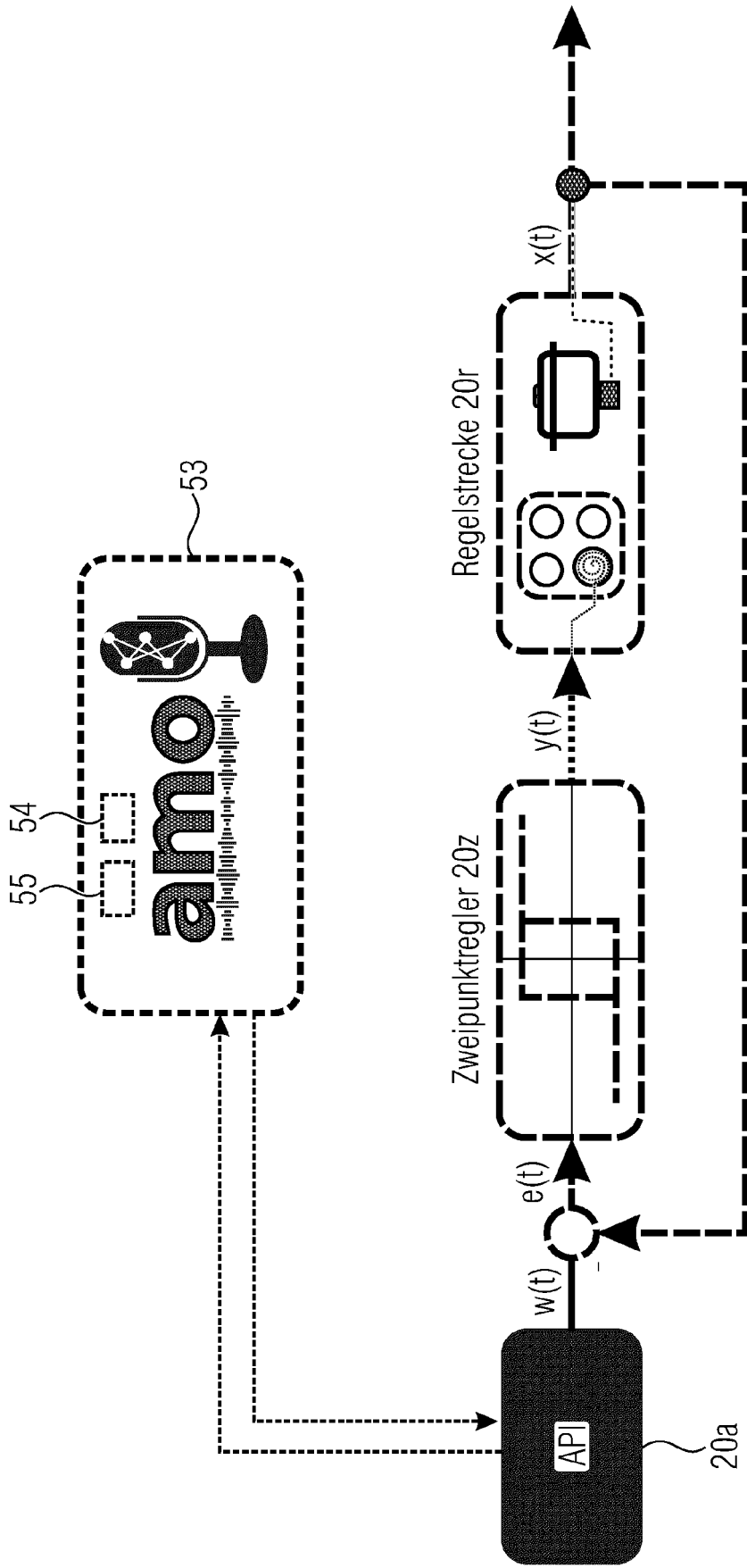


Fig. 2A

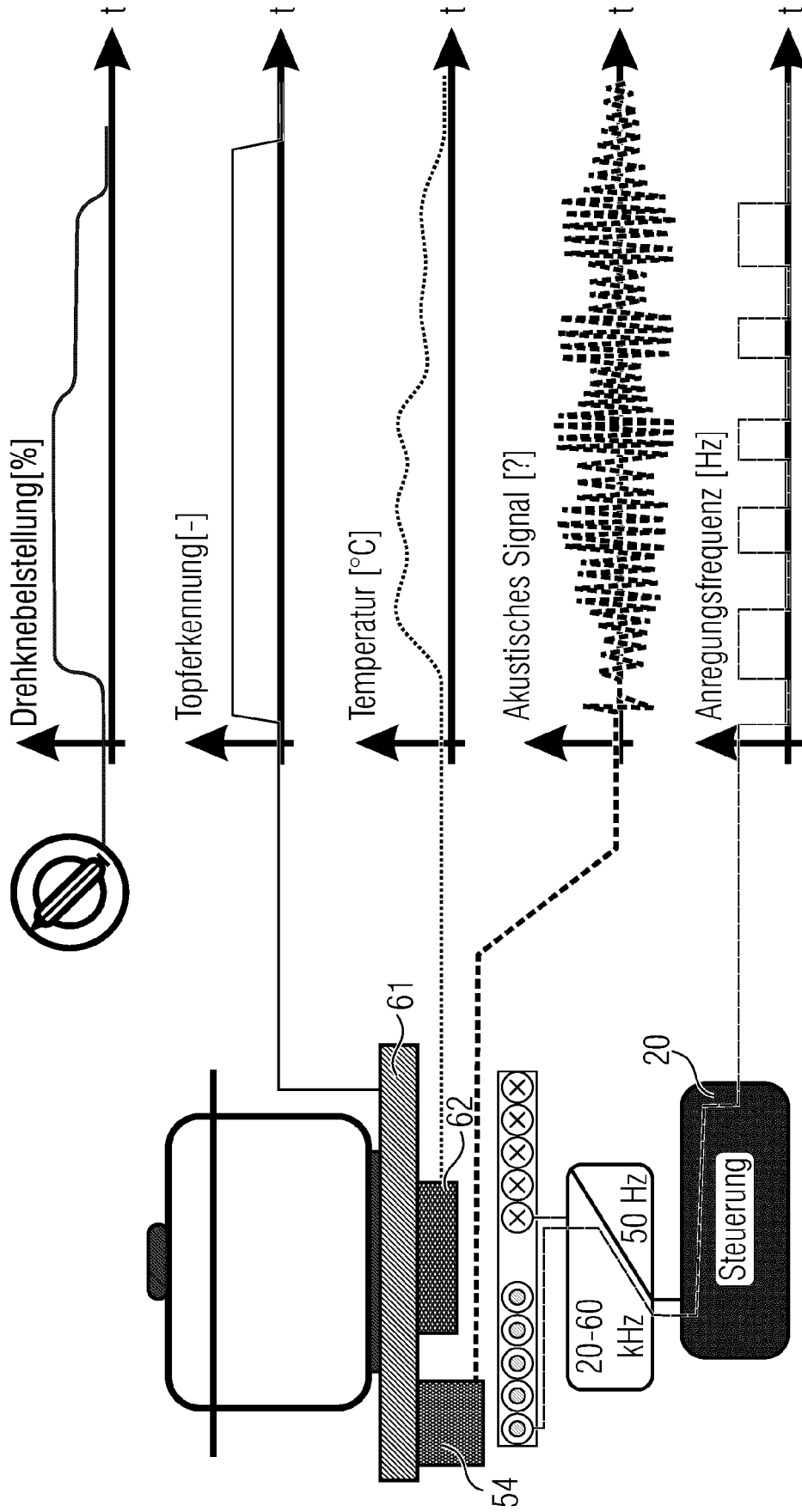


Fig. 2B

Beschleunigungsaufnehmer	Geschwindigkeitsaufnehmer	Wegaufnehmer
Piezoelektrische Sensoren	f	f f
MEMS	f	f f
Dehnungsmessstreifen	f	f f
Magnetisch-Induktive Sensoren	f	f f

Fig. 2C

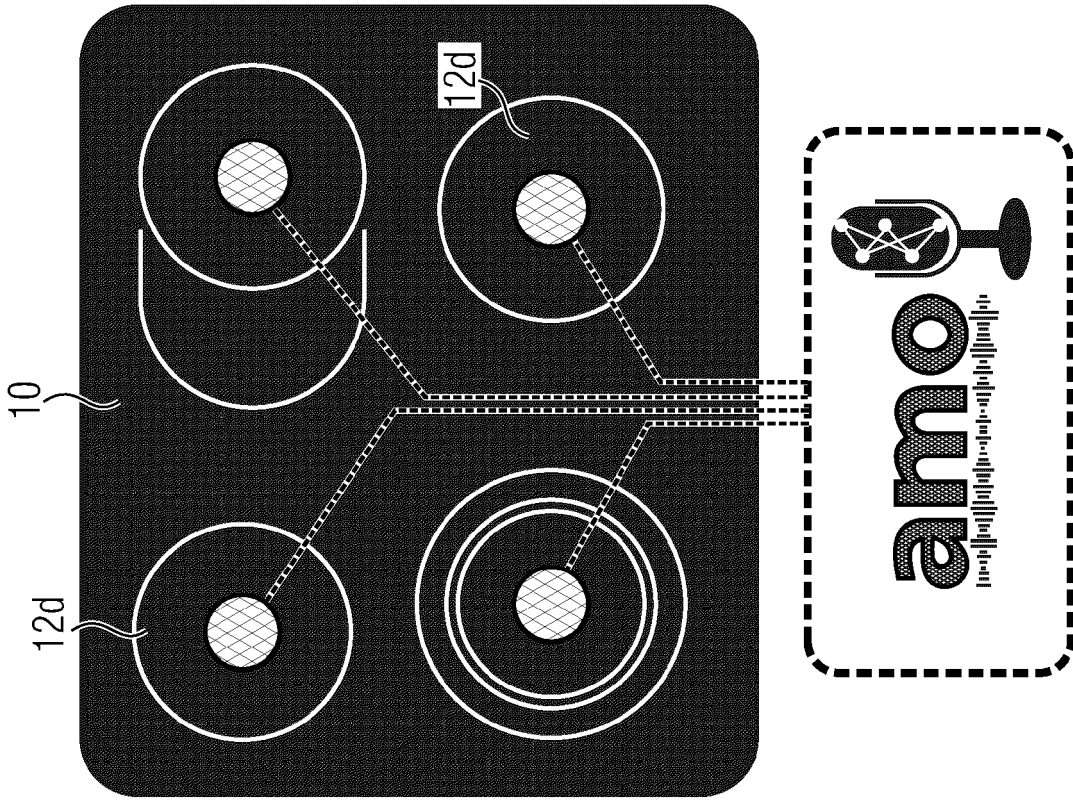


Fig. 2D rechts

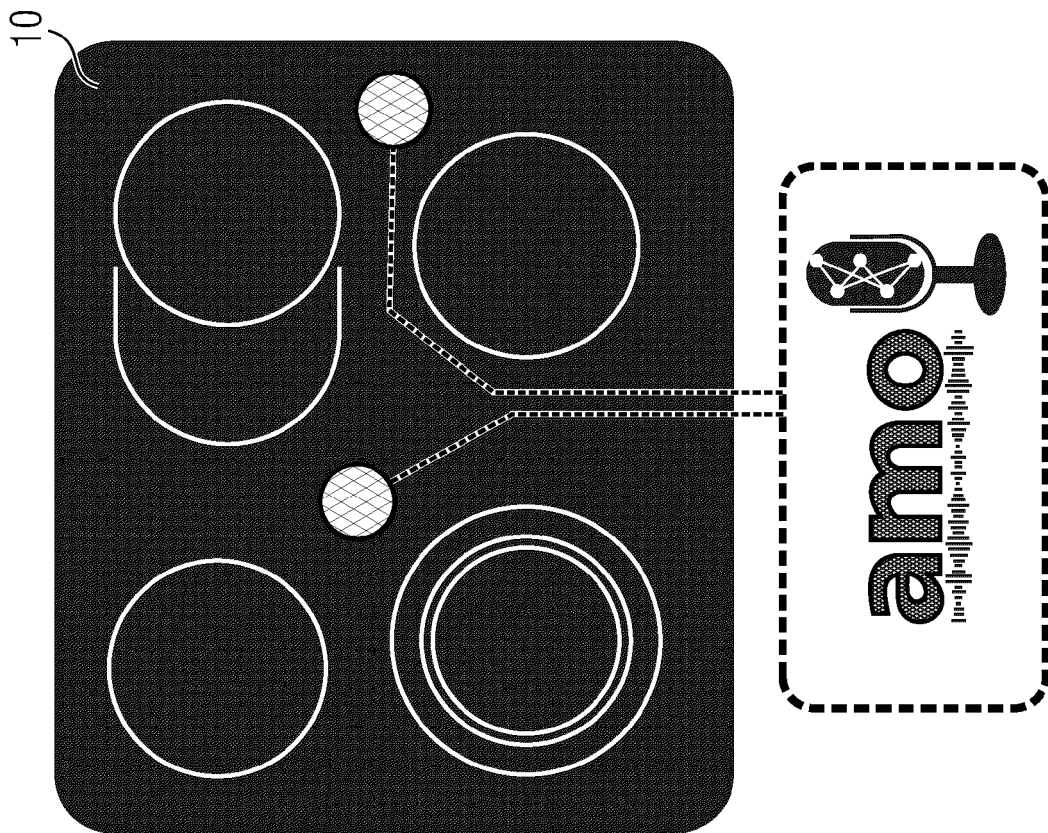


Fig. 2D links

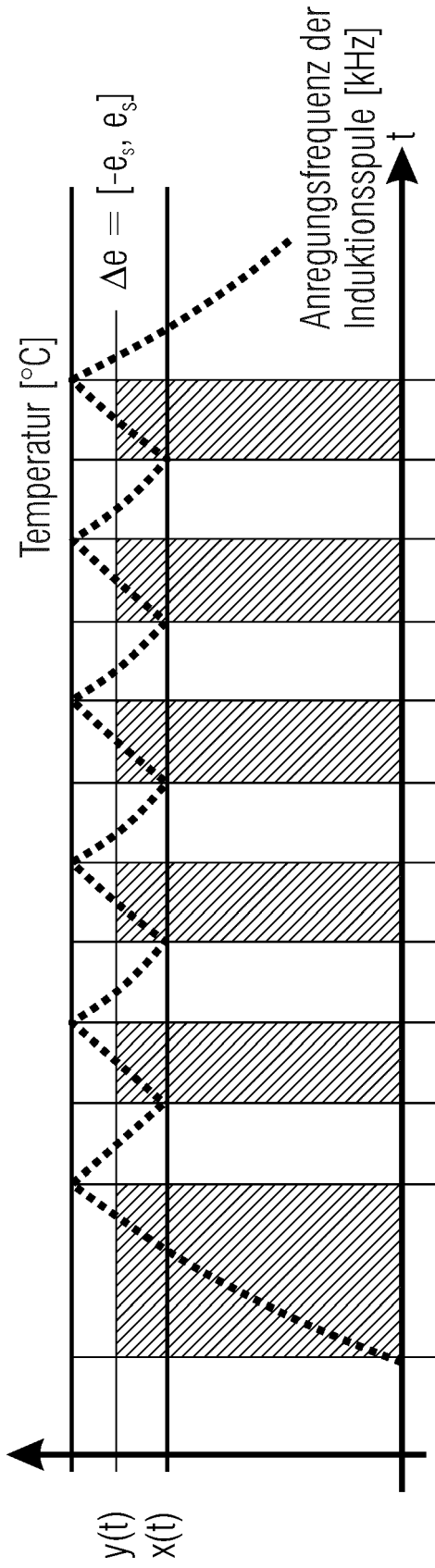


Fig. 2E

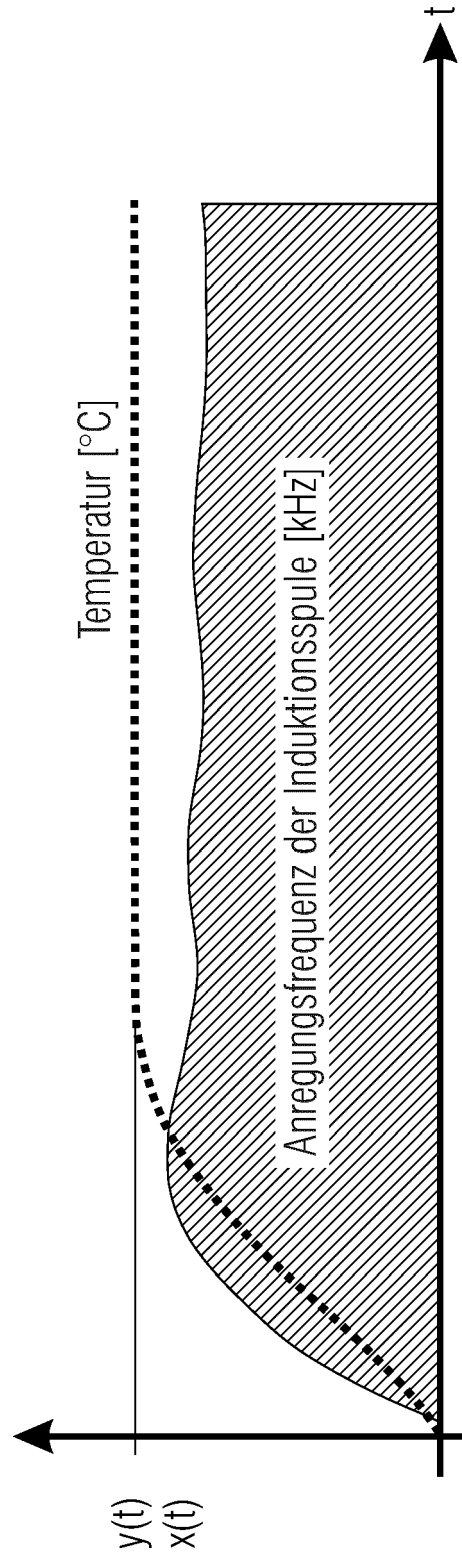


Fig. 2F

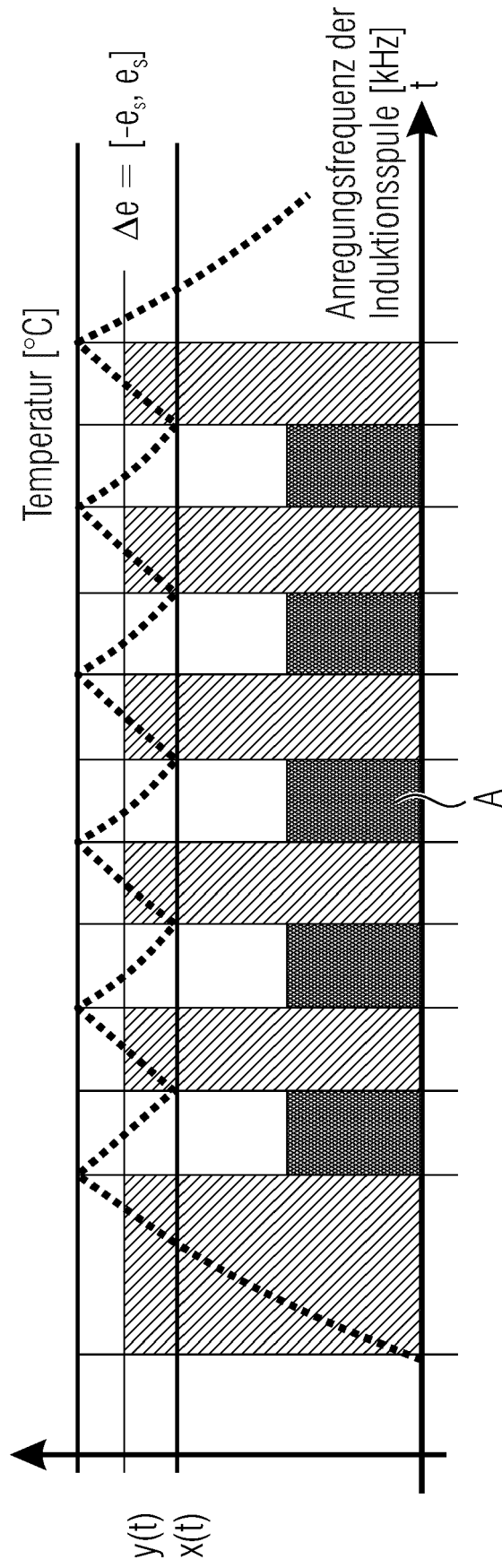


Fig. 2G

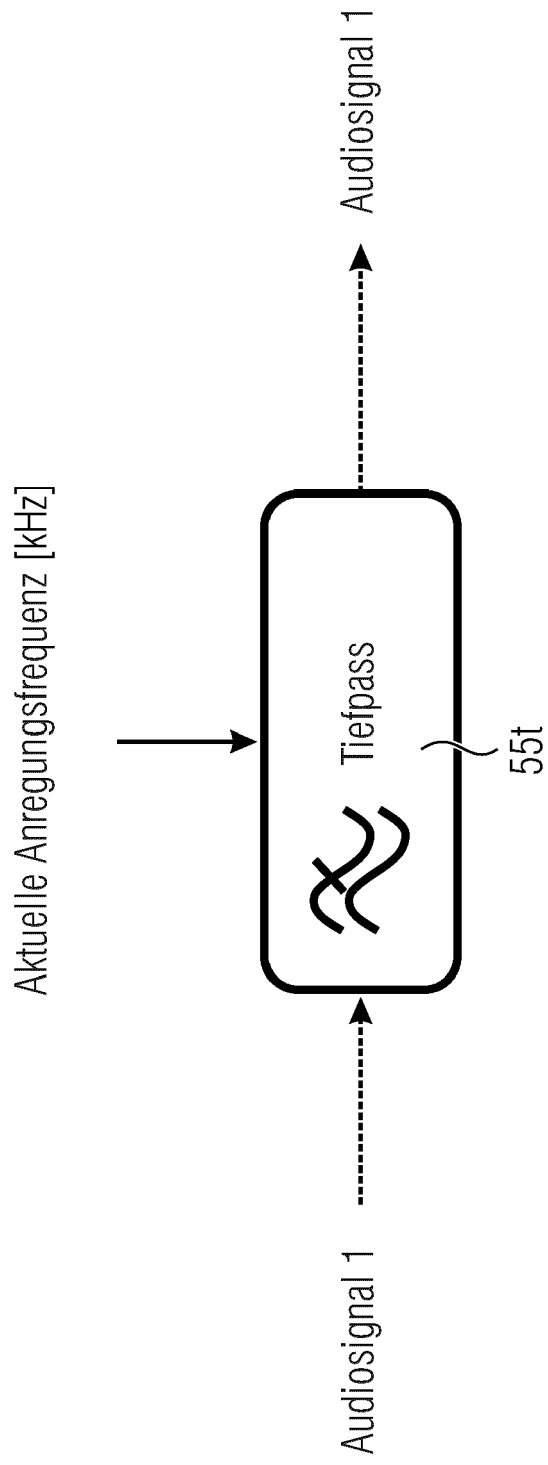


Fig. 2H

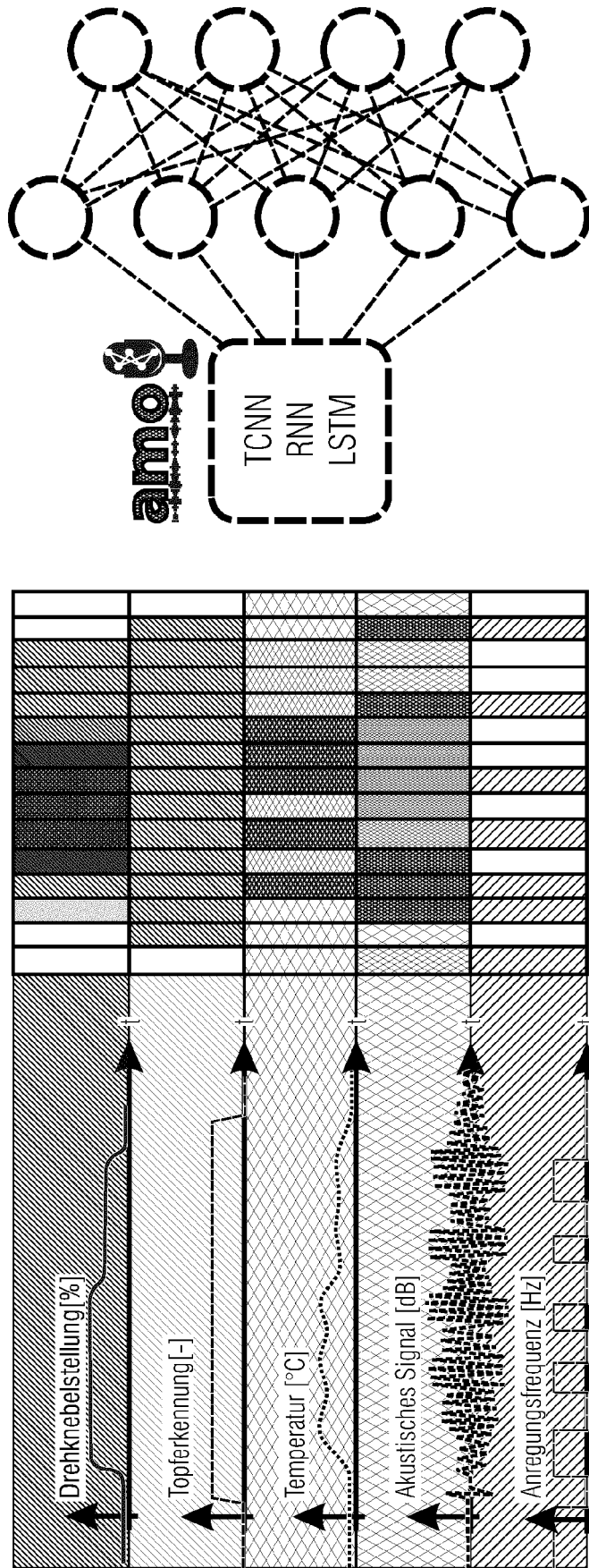


Fig. 3A

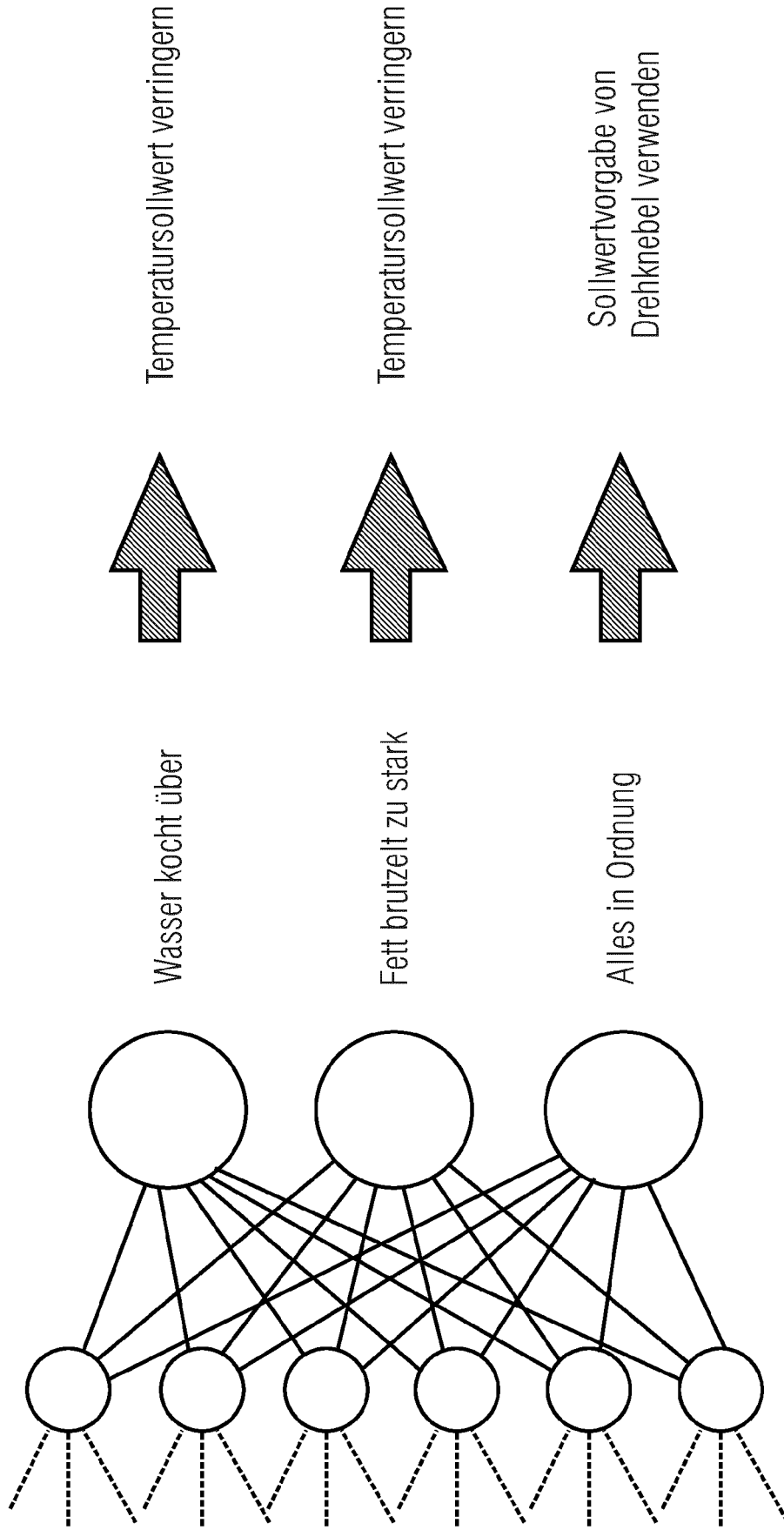


Fig. 3B

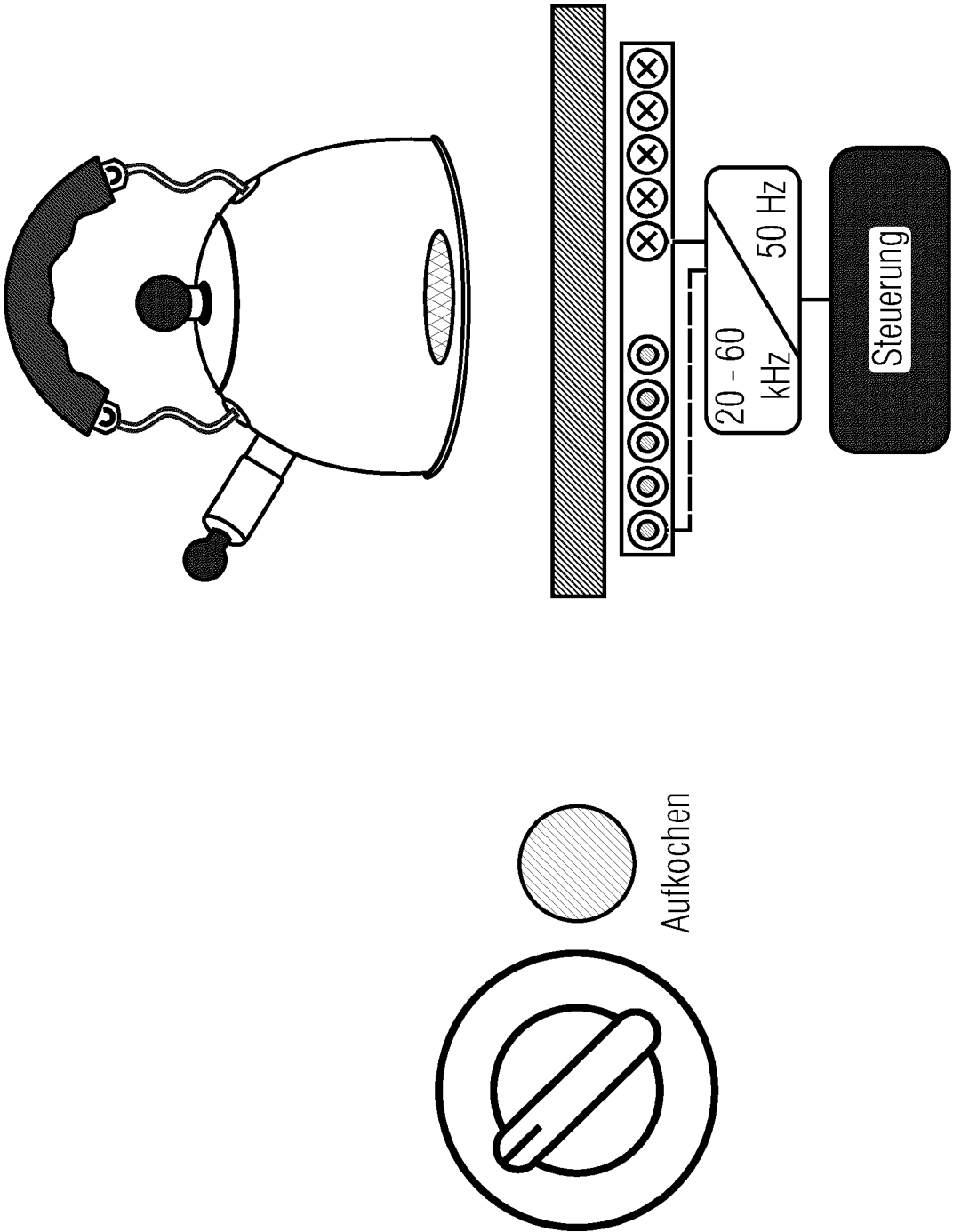


Fig. 3C

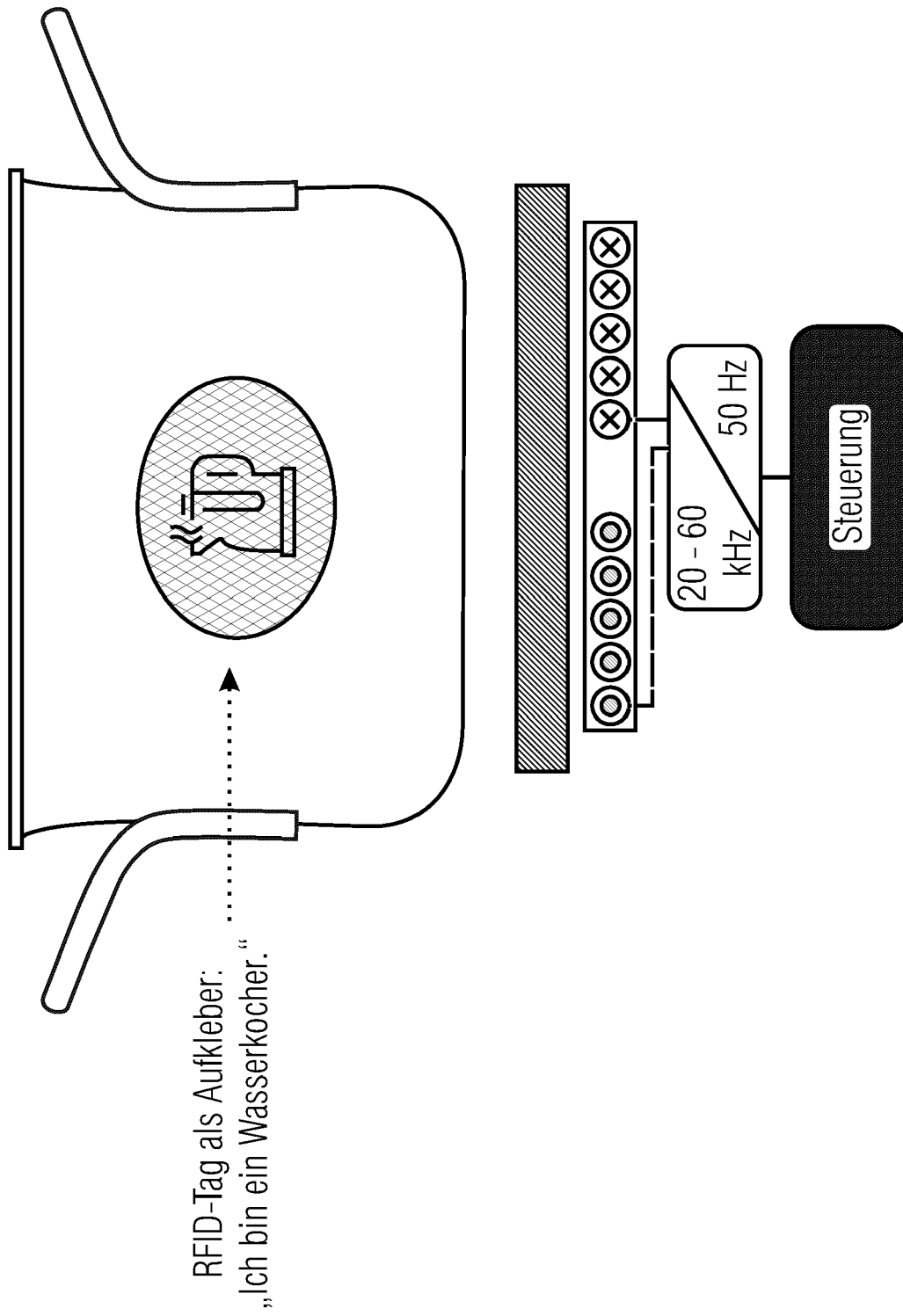


Fig. 3D

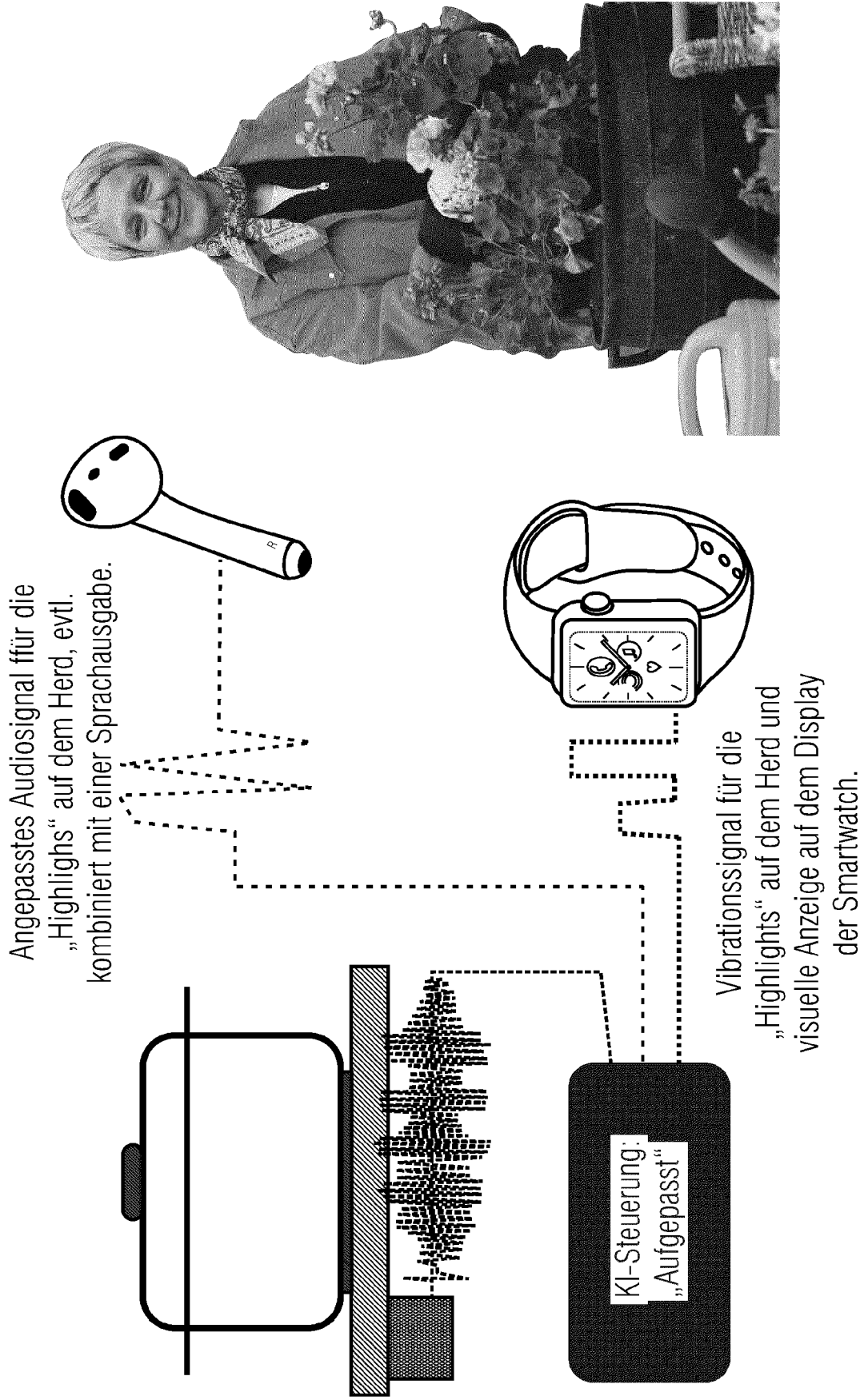


Fig. 3E

Produkt ◆	Rauchpunkt ◆
Sonnenblumenöl (roh, unraffiniert, kaltgepresst)	107 °C ^[1]
Sonnenblumenöl (teiltraffiniert)	232 °C ^[2]
Sonnenblumenöl (raffiniert) ^[3]	252-254 °C ^[4]
Leinöl	107 °C ^{[2][5]}
Schweineschmalz	121-218 °C
Olivenöl (kaltgepresst)	130-175 °C ^[6]
Olivenöl (nativ extra, filtriert)	160 ^[2] -190 ^[5] - 210 °C ^[7]
Distelöl (kaltgepresst)	150 °C
Distelöl (raffiniert)	210 °C
Walnussöl (unraffiniert)	160 °C
Erdnussöl (unraffiniert)	160 °C ^[2]
Hanföl	165 °C ^[8]
Erdnussöl (raffiniert)	230 °C ^{[2][9]}
Butter	ca.175 °C ^[10]
Butterschmalz	200-205 °C
Sesamöl (unraffiniert)	177 °C
Kokosfett	185-205 °C ^[10]
die meisten raffinierten Öle	>200 °C
Maiskeimöl (raffiniert)	200 °C ^[10]
Sojaöl	213 °C
Traubenkernöl	216 °C ^[11]
Palmkernöl	220 °C ^[10]
Rapsöl (unraffiniert)	107 °C
Rapsöl (kaltgepresst)	130 - 190 °C
Rapsöl (raffiniert)	190 ^[12] - 230 ^[13] °C
Senföl	254 °C
Sheabutter (unraffiniert)	211 °C ^[14]
Avocadoöl (nativ)	261 °C ^[15]

Fig. 3F

	Name	Start	Duration	Time	Format	Type	Description
1							
2	Marker 01	- Herd AN	0:05.647	0:00.000	decimal	Cue	
3	Marker 02	- Herd Power Stufe 2	0:12.244	0:00.000	decimal	Cue	
4	Marker 03	- Kochen beginnt	0:51.599	0:00.000	decimal	Cue	
5	Marker 04	- Kocht stark	2:44.682	0:00.000	decimal	Cue	
6	Marker 05	- Kocht über	2:56.124	0:00.000	decimal	Cue	
7	Marker 06	- Leichtes Kochen	3:30.000	0:00.000	decimal	Cue	
8							

Fig. 3G

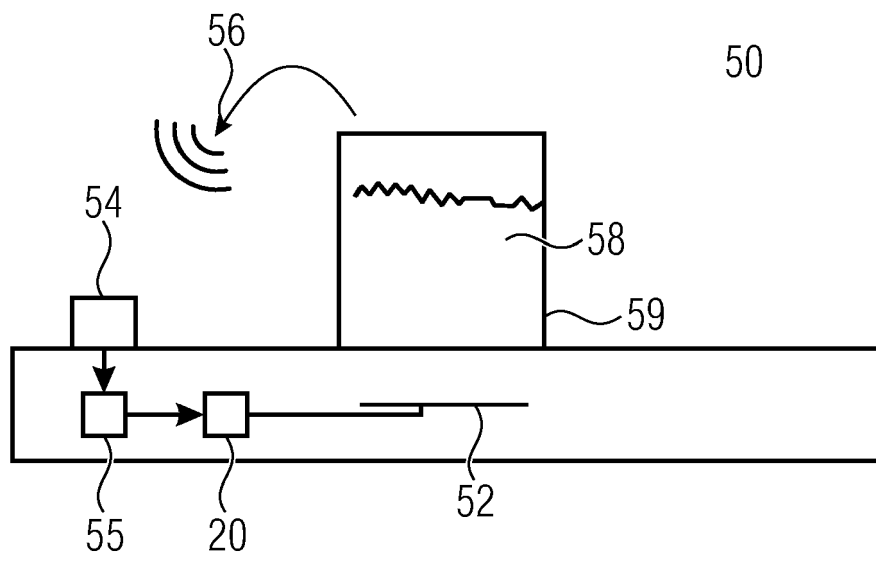


Fig. 4

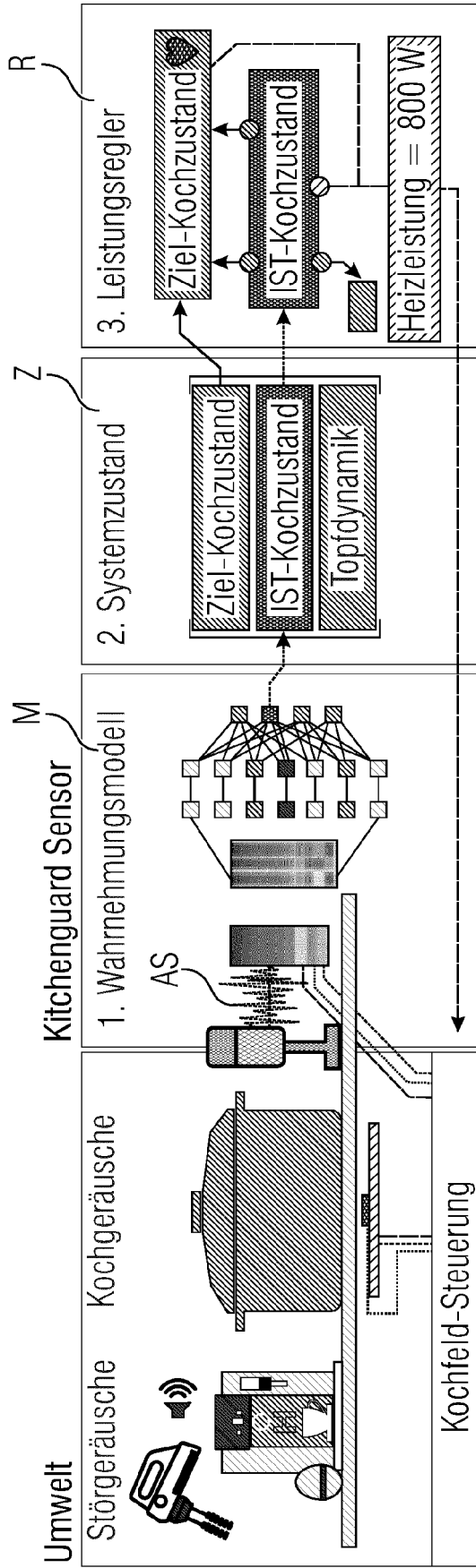


Fig. 5A

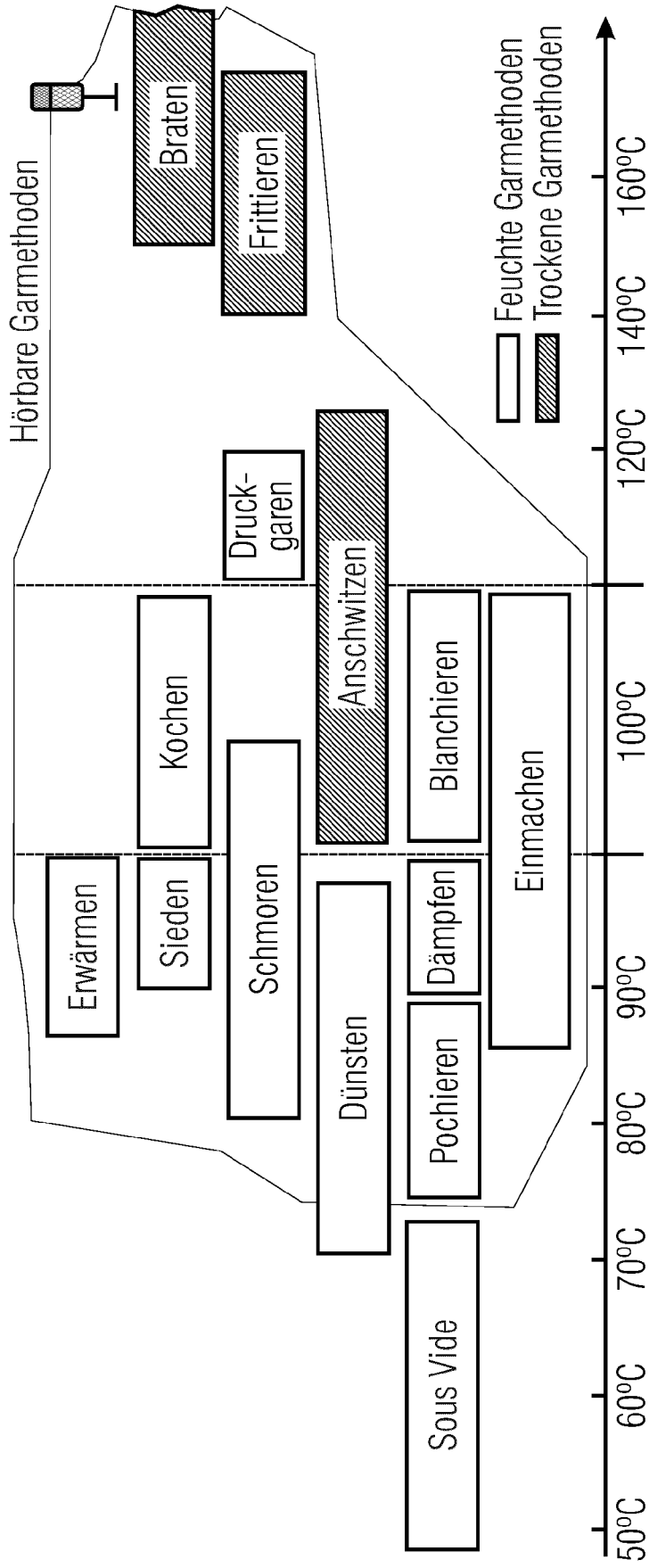


Fig. 5B

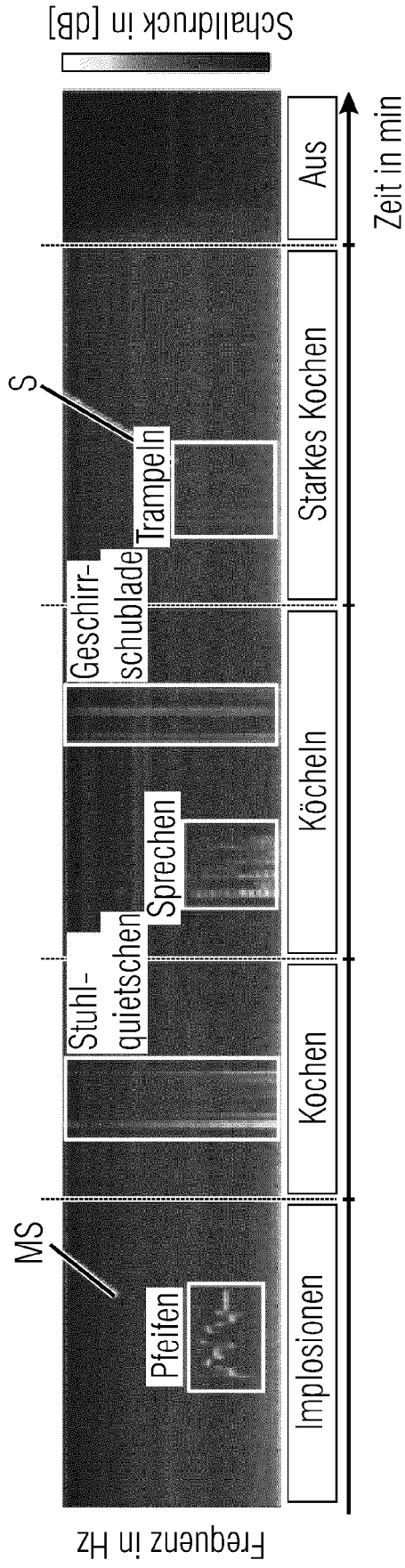


Fig. 5C

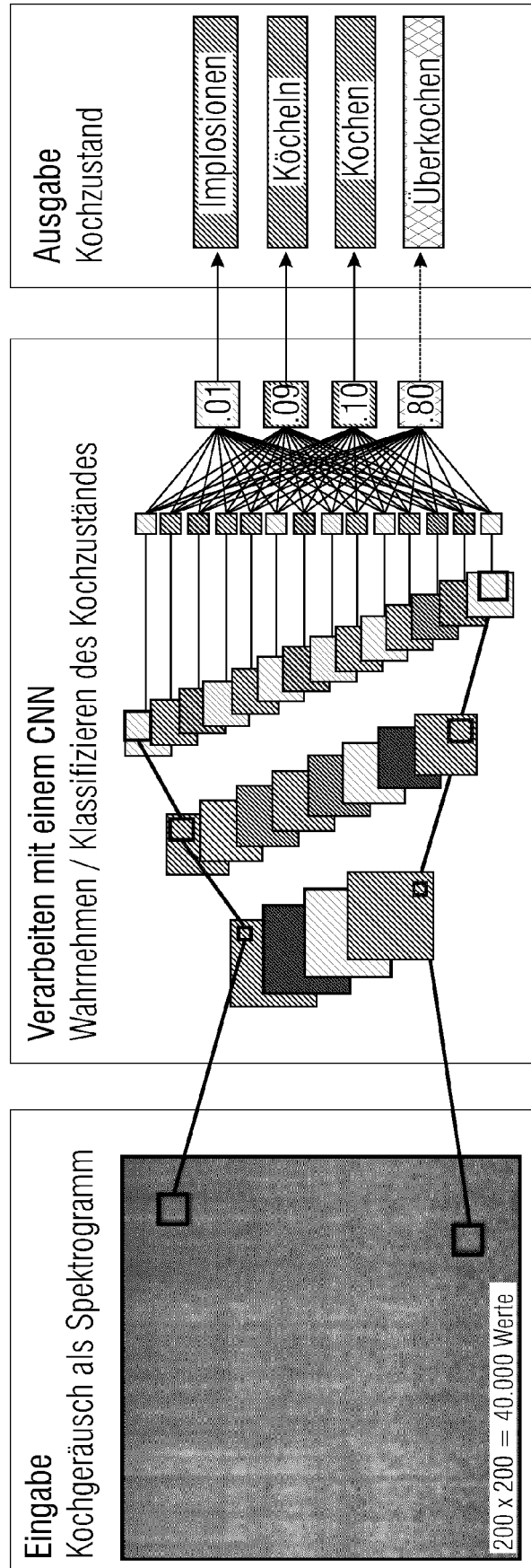


Fig. 5D

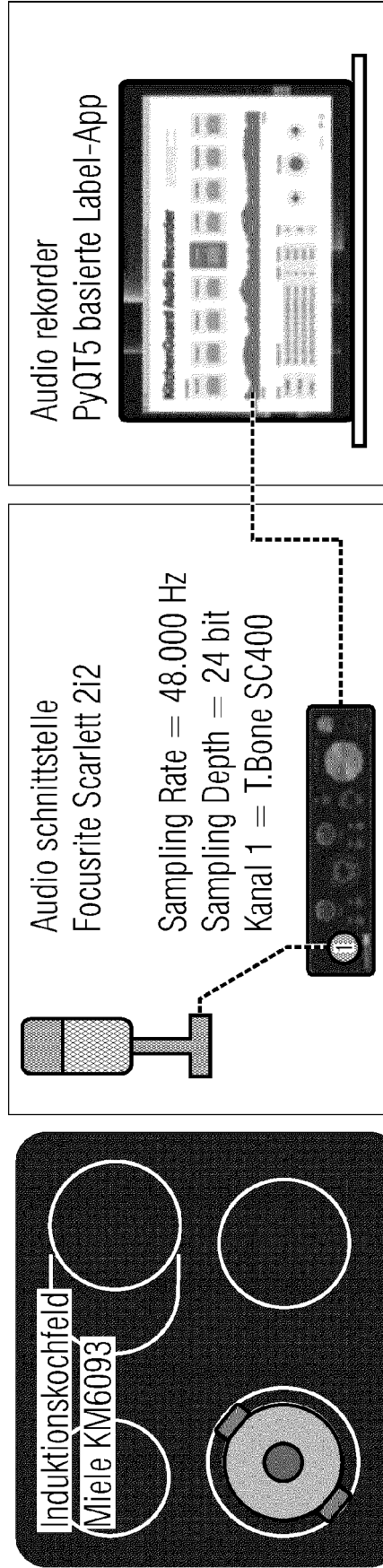


Fig. 5E

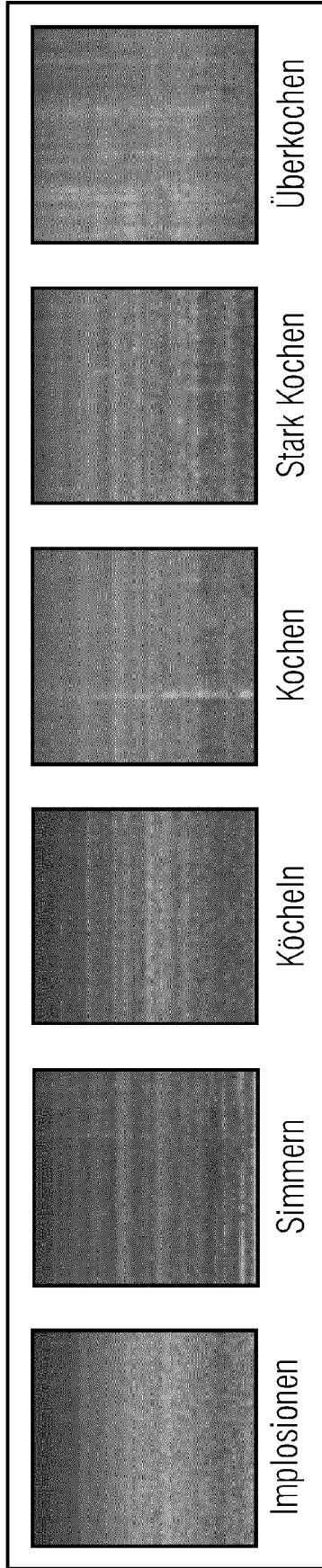


Fig. 5F

Genauigkeit (Accuracy)		
Zustandsklasse	7 Klassen	3 Klassen
Herd aus	90,41 %	
Implosionen	95,93 %	
Simmern	82,94 %	
Köcheln	36,32 %	78,23 %
Kochen	70,97 %	69,65 %
Stark Kochen	88,15 %	93,59 %
Überkochen	98,44 %	
	<hr style="width: 20%; margin: auto;"/>	
	78 %	

Fig. 5G

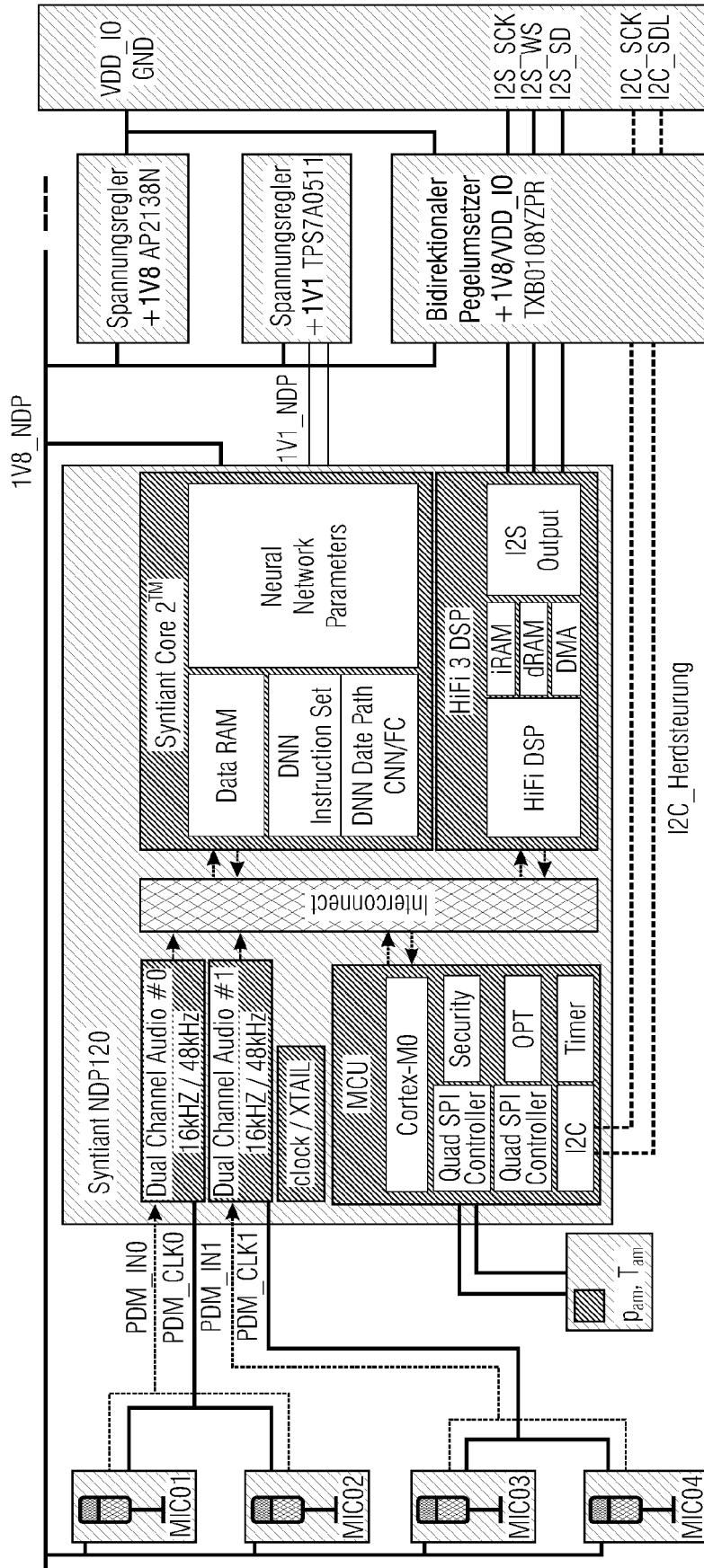


Fig. 5I



EUROPÄISCHER RECHERCHENBERICHT

Nummer der Anmeldung

EP 24 15 3249

5

10

15

20

25

30

35

40

45

50

55

EINSCHLÄGIGE DOKUMENTE			
Kategorie	Kennzeichnung des Dokuments mit Angabe, soweit erforderlich, der maßgeblichen Teile	Betrifft Anspruch	KLASSIFIKATION DER ANMELDUNG (IPC)
X	EP 3 785 581 A1 (LG ELECTRONICS INC [KR]) 3. März 2021 (2021-03-03)	1-10, 12, 14-17	INV. F24C7/08 F24C15/10 H05B6/06 H05B6/12
Y	* Absätze [0177], [0197], [0218], [0232], [0360]; Abbildungen 1, 4, 5 * -----	11	
X	US 2021/015292 A1 (AN HYO JIN [KR] ET AL) 21. Januar 2021 (2021-01-21)	1-10, 12, 13, 16	
X	* Absätze [0034], [0035], [0045] - [0047]; Abbildung 1 * -----		
X	EP 2 590 473 A1 (BSH BOSCH SIEMENS HAUSGERÄTE [DE]) 8. Mai 2013 (2013-05-08)	1, 4-6, 16	
X	* Absätze [0005], [0013] * -----		
X	DE 10 2017 100810 A1 (MIELE & CIE [DE]) 19. Juli 2018 (2018-07-19)	1, 4-7, 16	RECHERCHIERTE SACHGEBIETE (IPC) F24C H05B
X	* Absätze [0040], [0041] * -----		
X	CN 114 484 516 A (HAIXIN HOUSEHOLD APPLIANCE GROUP SHARE LTD COMPANY ET AL.) 13. Mai 2022 (2022-05-13)	1, 16	
Y	* das ganze Dokument * -----		
Y	KR 102 288 182 B1 (KOREA ADVANCED INST SCI & TECH [KR]) 11. August 2021 (2021-08-11)	11	
	* Anspruch 5 * -----		
Der vorliegende Recherchenbericht wurde für alle Patentansprüche erstellt			
Recherchenort Den Haag		Abschlussdatum der Recherche 7. Mai 2024	Prüfer Rodriguez, Alexander
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 Anmeldedatum veröffentlicht worden ist D : in der Anmeldung angeführtes Dokument L : aus anderen Gründen angeführtes Dokument & : Mitglied der gleichen Patentfamilie, übereinstimmendes Dokument	

1
EPO FORM 1503 03.82 (P04C03)

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

EP 24 15 3249

5 In diesem Anhang sind die Mitglieder der Patentfamilien der im obengenannten europäischen Recherchenbericht angeführten Patentdokumente 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.

07-05-2024

10	Im Recherchenbericht angeführtes Patentdokument	Datum der Veröffentlichung	Mitglied(er) der Patentfamilie	Datum der Veröffentlichung
15	EP 3785581 A1	03-03-2021	CN 112512391 A	16-03-2021
			EP 3785581 A1	03-03-2021
			KR 20210008786 A	25-01-2021
			US 2021338007 A1	04-11-2021
			WO 2021010509 A1	21-01-2021
20	US 2021015292 A1	21-01-2021	CN 112243303 A	19-01-2021
			EP 3767182 A1	20-01-2021
			KR 20210010195 A	27-01-2021
			US 2021015292 A1	21-01-2021
			US 2023363568 A1	16-11-2023
25	EP 2590473 A1	08-05-2013	EP 2590473 A1	08-05-2013
			ES 2566532 T3	13-04-2016
	DE 102017100810 A1	19-07-2018	KEINE	
	CN 114484516 A	13-05-2022	KEINE	
30	KR 102288182 B1	11-08-2021	KEINE	
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

- CN 212645834 U [0111]
- CN 216221393 U [0111]
- CN 203799469 U [0111]
- US 20130179159 A1 [0111]
- CN 101957083 A [0111]
- CN 217090649 U [0111]
- CN 112804600 A [0111]
- US 20190354815 A1 [0111]
- US 20210232670 A1 [0111]
- CN 112362750 A [0111]
- CN 214011777 U [0111]
- CN 207731301 U [0111]
- CN 105659629 A [0111]
- CN 111496802 A [0111]
- CN 111161727 A [0111]
- GB 2588036 A [0111]
- GB 2563892 A [0111]
- US 20060177071 A1 [0111]
- CN 103197630 B [0111]
- KR 20180066294 A [0111]
- JP 3693644 B [0111]
- US 8155326 B2 [0111]
- EP 1913567 A2 [0111]
- JP 2013225248 A [0111]
- EP 3195694 A1 [0112]
- EP 2590473 A1 [0112]
- US 9354207 B2 [0112]

In der Beschreibung aufgeführte Nicht-Patentliteratur

- **M. SAHANI ; A. NAYAK ; R. AGRAWAL ; D. SAHU.** A GSM, WSN and embedded web server architecture for Internet based kitchen monitoring system. *2015 International Conference on Circuits, Power and Computing Technologies [ICCPCT-2015]*, 2015, 1-6 [0110]
- **H. PUDUGOSULA.** Automatic Smart and Safety Monitoring System for Kitchen Using Internet of Things. *2019 International Conference on Intelligent Computing and Control Systems (ICCS)*, Madurai, India, 2019, 1174-1177 [0110]
- **HASSAN ; CH ANWAR UL ; JAWAID IQBAL ; MUHAMMAD SUFYAN KHAN ; SADDAM HUSSAIN ; ADNAN AKHUNZADA ; MUDABBIR ALI ; ABDULLAH GANI ; MUEEN UDDIN ; SYED SAJID ULLAH.** Design and Implementation of Real-Time Kitchen Monitoring and Automation System Based on Internet of Things. *Energies*, 2022, vol. 15 (18), 6778, <https://doi.org/10.3390/en15186778> [0110]
- An Internet of Things (IoT)-based Approach for RealTime Kitchen Monitoring Using NodeMCU 1.0. **UMAPATHI, N. ; SABBANI, S.** *Futuristic Communication and Network Technologies. VICFCNT 2020. Lecture Notes in Electrical Engineering.* Springer, 2022, vol. 792 [0110]
- **HSU, WEI-LING ; JI-YUN JHUANG ; CHIEN-SHIUN HUANG ; CHIU-KUO LIANG ; YAN-CHYUAN SHIAU.** Application of Internet of Things in a Kitchen Fire Prevention System. *Applied Sciences*, 2019, vol. 9 (17), 3520, <https://doi.org/10.3390/app9173520> [0110]
- **F NUGROHO ; A B PANTJAWATI.** Automation and Monitoring Smart Kitchen Based on Internet of Things (IoT)”, *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering. International Symposium on Materials and Electrical Engineering (ISMEE)*, 2017, vol. 384 [0110]
- *Wie kochen die Deutschen?.* GfK, 2015, <https://aus-meinem-kochtopf.de/wie-kochen-die-deutschen> [0112]
- **C. WAN.** How We Can Enable Intelligence On Endpoints. *ambiq.*, 12. Dezember 2023, <https://ambiq.com/blog/how-we-canenable-intelligence-on-endpoints> [0112]
- *Die 5 häufigsten Brandursachen.* *Brandschutz Zentrale*, Mai 2022, <https://brandschutz-zentrale.de/brandschutz/einsatz/die-5-haeufigsten-brandursachen> [0112]
- **H.-H. DREWS.** *Jeder fünfte Brand im Haushalt entsteht am Herd! Ursache: der Mensch*, 10. Juli 2023, https://www.schadenprisma.de/wp-content/uploads/sp_2017_4_2.pdf [0112]
- *MP3-Entwickler kommen in Ruhmeshalle*, Marz 2007, <https://www.stern.de/digital/computer/-cehall-of-fame--mp3-entwickler-kommen-in-ruhmeshalle-3356668.html> [0112]
- *Patent-Anmeldungen. TU Ilmenau bundesweit unter den ersten zehn.*, 18. Oktober 2023, <https://www.mdr.de/nachrichten/thueringen/sued-thueringen/ilmenau-ilmkreis/tu-ilmenau-innovativ-patentiwstudie-100.html> [0112]

- *Dipl.-Ing. Sascha Grollmisch*, 22. November 2023, <https://www.idmt.fraunhofer.de/en/institute/doctors-and/grollmisch.html#2> [0112]
- *Garmethoden - Kochen, dämpfen, dünsten & Co.*, 13. November 2023, <https://www.verbraucherservice-bayern.de/themen/hauswirtschaft/garmethoden-kochen-daempfen-duensten-co#:~:text=Ob%20Sieden%2C%20Dünsten%2C%20Braten%20oder,eine%20enorme%20Vielfalt%20beim%20Kochen> [0112]
- *Geräusch*, 30. Mai 2023, <https://de.wikipedia.org/wiki/Geräusch> [0112]
- *Spektrogramm*, 28. Juli 2023, <https://de.wikipedia.org/wiki/Spektrogramm> [0112]
- *Kurzzeit-Fourier-Transformation*, <https://de.wikipedia.org/wiki/Kurzzeit-Fourier-Transformation> [0112]
- **S. JAUSS**. Grundlagen der Signalverarbeitung und Audio-Features für Machine Learning. *Klim Audiobereich*, 15. Dezember 2023, <https://ai.hdm-stuttgart.de/news/2023/ki-im-audiobereich-grundlagen-signalverarbeitung-ml> [0112]
- **L. MONIGATTI**. Audio Classification with Deep Learning in Python. *Towards Data Science.*, 10. Mai 2023, <https://towardsdatascience.com/audio-classification-with-deep-learning-in-python-cf752b22ba07> [0112]
- **K. NIGHANIA**. Various ways to evaluate a machine learning model's performance. *Towards Data Science*, 15. Dezember 2023, <https://towardsdatascience.com/various-ways-to-evaluate-a-machine-learning-models-performance-230449055f15> [0112]
- *KI-basiertes akustisches Monitoring in der Produktion*, 15. Dezember 2023, https://www.idmt.fraunhofer.de/de/business_units/industrial-sound-analysis.html [0112]
- **C. NUGTEREN**. *tinyML Talks: Demoing the world's fastest inference engine for Arm Cortex-M (ab Sekunde 822)*, 06. Januar 2022, <https://www.youtube.com/watch?v=ComEgcN7KfY&t=822s> [0112]
- *tinyML Summit 2021 Proceedings*, 22. März 2021, https://cms.tinyml.org/wp-content/uploads/summit2021/tinyMLSummit2021d1Awards_Syntiant.pdf [0112]
- Hochwertige Audiosignalerfassung. *Trend-Guide Sensorik.*, 15. Dezember 2023, https://www.infineon.com/dgdl/Infineon-Xensiv%20MEMS%20Mikrofone_MarkundTechnik-ART-v01_00-DE.pdf?fileId=5546d46264fee02f01650e895f1b4854#:~:text=MEMS%2DMikrofone%20bieten%20gegenüber%20her,mehreren%20Mikrofonen%20aufeinander%20abge%2D%20stimmt. [0112]
- Smart Kitchen Appliances Market Size, Share & Trends Analysis Report By Product (Smart Refrigerators, Smart Cookware & Cooktops, Smart Dishwashers, Smart Oven, Others), By Application, By Region, And Segment Forecasts, 2023 2030. *Grand View Research*, 2022, <https://www.grandviewresearch.com/industry-analysis/smart-kitchen-appliances-market> [0112]
- Smart Kitchen Appliance Market Forecast to 2028 COVID-19 Impact and Global Analysis By Product (Ovens, Refrigerators, Sous Vide, Juicers & Blenders, Cooker & Cooking Robots, Cooktops, & Integrated Ovens & Cooktops, Others), by End User, and Connectivity. *Research And Markets*, 2021, https://www.researchandmarkets.com/reports/4787380/smart-kitchen-appliance-market-forecast-to?utm_source=GNOM&utm_medium=Press-Release&utm_code=qr738s&utm_campaign=1693860+-+Smart+Kitchen+Appliance+Global+Market+Forecast%3a+An+E-stimated+US%24+47%2c071+Million+Market+by+2028%2c+with+CAGR+of+17.4%25+Forecast+During+20202028&utm_exec=cari 18prd [0112]
- Induction Cooktops Market Size, Share & Trends Analysis Report By Product (Built-in, Free-standing), By Application (Household, Commercial), By Distribution Channel (Online, Specialty Stores), And Segment Forecasts, 2021 2028. *Grand View Research*, 2019, <https://www.grandviewresearch.com/industry-analysis/induction-cooktops-market> [0112]
- **STATISTA**. Cooking appliances and equipment. *INDUSTRIES & MARKTS*, 01. November 2022, <https://www.statista.com/study/23654/cooking-appliances-andequipment-statista-dossier> [0112]
- Fast 6 Millionen ältere Menschen leben allein. *Statistisches Bundesamt*, September 2021, https://www.destatis.de/DE/Presse/Pressemitteilungen/2021/09/PD21_N057_12411.html [0112]
- GERMANY KITCHEN APPLIANCES MARKET SIZE & SHARE ANALYSIS GROWTH TRENDS & FORECASTS (2023 2028). *Mordor Intelligence*, 2022, <https://www.mordorintelligence.com/industry-reports/germany-kitchen-appliancesproducts-market-industry> [0112]
- **A. VIROLI ; L. JEANNETEAU ; M. NOSTRO ; S. E. CHRISTIANSEN**. *Induction hob with boiling detection and induction energy control, method for heating food with an induction hob and computer program product* [0112]
- **C. FRANCO GUTIERREZ**. *Gargerätevorrichtung* [0112]
- **A. R. BUENDIA GARCIA ; F. ASHRAFZADEH ; M. MUKHTAR**. *Boil and boil-dry detection methods for cooking appliances using vibration sensors* [0112]

- **G. DR. MED. BETZ ; H. DR. MED. RENZ-POLSTER ; A. DR. MED. SCHÄFFLER.** Sinnesorgane und Körperwahrnehmung im Alter. *Gesundh. Heute*, 2014, <https://www.apotheken.de/krankheiten/hintergrundwissen/10299-sinnesorgane-und-koerperwahrnehmung-im-alter> [0112]
- **S. AHRENS.** *Pro-Kopf-Verbrauch von Nudeln in Deutschland bis 2021/22*, 26. September 2023, <https://de.statista.com/statistik/daten/studie/156453/umfrage/pro-kopf-verbrauch-von-nudeln-in-deutschland-seit-1996> [0112]
- Windenergie Wieviel Strom produziert ein Windrad?. *Bluedrift Wissen und Infos.*, 12. September 2023, <https://www.bluedrift.at/index.php/wissen-und-infos/windkraft> [0112]
- **L. FERNÁNDEZ.** *Weighted average cost for installed onshore wind energy worldwide from 2010 to 2021*, Februar 2023, <https://www.statista.com/statistics/506774/weighted-average-installed-cost-for-onshore-wind-power-worldwide> [0112]
- **R. BOCKSCH.** *Es werde Licht (ELEKTRIZITÄT)*, Mai 2023, <https://de.statista.com/infografik/21802/anteiler-bevoelkerung-mit-zugang-zu-elektrizitaet> [0112]
- Alles Wissenswerte über Kochfelder. *Küchen Staude online Magazin*, 19. September 2023, <https://www.kuechen-staude.de/magazin/highlights/kochfelder-a-z> [0112]
- Deutschland Haushalte und Haushaltsmitglieder (2022). *Statistisches Bundesamt*, März 2023, <https://www.destatis.de/DE/Themen/Gesellschaft-Umwelt/Bevoelkerung/Haushalte-Familien/Tabellen/1-1-privathaushalte-haushaltsmitglieder.html> [0112]
- *Energiehaushalt in Deutschland*, 2021, <https://www.laenderdaten.info/Europa/Deutschland/energiehaushalt.php> [0112]
- Europa Bevölkerung 2022. *Statistisches Bundesamt*, März 2023, <https://www.destatis.de/Europa/DE/Thema/Basistabelle/Bevoelkerung.html> [0112]
- **B. URMERSBACH.** *Europäische Union & Euro-Zone: Anzahl der Privathaushalte von 2012 bis 2022*, Juli 2023, <https://de.statista.com/statistik/daten/studie/349055/umfrage/privathaushalte-in-eu-und-euro-zone/#:~:text=Im%20Jahr%202021%20gab%20es,es%20rund%20153%2C4%20Millionen> [0112]
- **A.-S. TURULSKI.** *Weltbevölkerung nach Kontinenten Mitte des Jahres 2022*, Mai 2023, <https://de.statista.com/statistik/daten/studie/1723/umfrage/weltbevölkerung-nach-kontinenten> [0112]
- **UNITED NATIONS.** Household size and composition around the world. *United Nations Department of Economic and Social Affairs*, 2017, https://www.un.org/en/development/desa/population/publications/pdf/popfacts/PopFacts_2017-2.pdf [0112]
- **R. MUSCHTER.** *Durchschnittliche Größe der Haushalte in China in den Jahren 1990 bis 2021*, März 2023, <https://de.statista.com/statistik/daten/studie/220587/umfrage/durchschnittliche-groesse-der-haushalte-in-china/#:~:text=Durchschnittliche%20Größe%20der%20Haushalte%20in%20China%20bis%202021&text=Im%20Jahr%202021%20hat%20die,den%20Jahren%201990%20bis%202021> [0112]