

(19)



(11)

**EP 4 560 597 A1**

(12)

**EUROPÄISCHE PATENTANMELDUNG**

(43) Veröffentlichungstag:  
**28.05.2025 Patentblatt 2025/22**

(51) Internationale Patentklassifikation (IPC):  
**G08B 17/12 (2006.01) G08B 29/18 (2006.01)**

(21) Anmeldenummer: **24212608.4**

(52) Gemeinsame Patentklassifikation (CPC):  
**G08B 17/125; G08B 29/186**

(22) Anmeldetag: **13.11.2024**

(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**

(71) Anmelder: **Robert Bosch GmbH**  
**70442 Stuttgart (DE)**

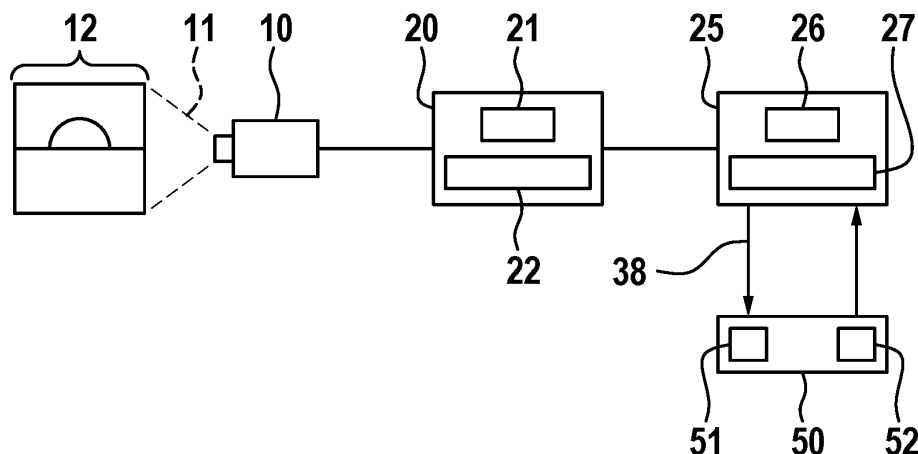
(72) Erfinder:  
• **Wittmann, Soeren**  
**86444 Affing (DE)**  
• **Dietrich, Philip**  
**99734 Nordhausen (DE)**  
• **Muenster, Korbinian**  
**80337 Muenchen (DE)**

(30) Priorität: **22.11.2023 DE 102023211638**

**(54) VERFAHREN ZUR BRANDDETEKTION UND BRANDDETEKTIONSVORRICHTUNG**

(57) Die Erfindung betrifft Verfahren zur Branddetektion mittels einer Auswertung einer von einer Kamera (10) erfassten Szene (12) über ein maschinelles Lernsystem, dadurch gekennzeichnet, dass für den Fall, dass ein Brand anhand einer ersten Auswertung der Szene

(12) vermutet wird, nur dann eine Brandwarnung ausgegeben wird, wenn ein Erwartungswert für die Rauchdichte und/oder eine Rauchdichteänderung einen vorgegebenen Erwartungswert für die Rauchdichte überschreitet.

**Fig. 1**

**Beschreibung**

## Stand der Technik

- 5 **[0001]** Aus der DE 10 2016 207 705 A1 ist bereits eine Rauchdetektionsvorrichtung und ein Verfahren zur Detektion eines Brandes bekannt. Hierbei wird die Bewegung eines sich bewegenden Objektes aus mindestens zwei Einzelbildern einer Bildfolge bestimmt, wobei eine Unterscheidung von Rauch oder Nicht-Rauch auf Basis der Bewegung des sich bewegenden Objektes erfolgt.

## 10 Offenbarung der Erfindung

## Vorteile der Erfindung

- 15 **[0002]** Das erfindungsgemäße Verfahren zur Branddetektion hat demgegenüber den Vorteil, dass für den Fall, dass nach einer ersten computergestützten Analyse dahingehend, ob ein Brand vorliegt, eine Warnung nur dann ausgegeben wird, wenn ein ermittelter Erwartungswert für eine Rauchdichte einen vorgegebenen Erwartungswert für die Rauchdichte überschreitet. Hierdurch kann erreicht werden, dass in den Fällen, in denen eine geringe Rauchdichte vorliegt, zum Beispiel in Folge von Dampf oder Staubeentwicklung, ein Fehlalarm unterbleibt. Unter einem Erwartungswert für eine Rauchdichte wird hierbei der p-Wert verstanden, die bei dem beispielsweise als neuronales Netz ausgebildeten
- 20 maschinellen Lernsystemen den jeweiligen Klassen für unterschiedliche Rauchdichten zugeordnet werden. Es wird bei der Klassifizierung diejenige Klasse ausgewählt, der der höchste p-Wert zugeordnet wird. Somit erfolgt durch das maschinelle Lernsystem eine Zuordnung der erfassten Bilddaten zu unterschiedlichen Gruppen von Rauchdichten.

- [0003]** Wird das erfasste Bild einer Szene einer Klasse von Rauchdichten zugeordnet, bei der ein vorgegebener Grenzwert für die Rauchdichte überschritten wird, dann wird ein Alarm ausgelöst. In den anderen Fällen, in denen die
- 25 Zuordnung keine Klasse von Rauchdichten zuordnet, die die vorgegebene Grenze der Rauchdichte überschreitet, so wird kein Alarm ausgelöst. Die einzelnen Klassen sind dabei insbesondere entsprechenden Rauchdichtebereichen von einem unteren bis zu einem oberen Wert zugeordnet, das heißt, d.h. es ist ein Minimum und ein Maximum einer Rauchdichte für jede Klasse vorgegeben. Durch ein Unterdrücken von Alarmen bei nicht ausreichender Rauchdichte lässt sich die Robustheit und auch eine Detektionsgeschwindigkeit für eine Branddetektion verbessern. Über die Zuordnung zu
- 30 unterschiedlichen Klassen mittels des maschinellen Lernsystems kann damit ein zuverlässigeres Ergebnis gegenüber einer absoluten Messung erreicht werden.

- [0004]** Weitere Vorteile ergeben sich aus den abhängigen Ansprüchen. So ist es vorteilhaft, dass eine Szene wenigstens einer Klasse von Szenen ohne ermittelte Rauchentwicklung oder einer wenigstens einer von zwei Klassen mit unterschiedlichen Rauchdichtebereichen zugeordnet wird. Damit wird es klar ermöglicht, nicht nur das Vorhandensein
- 35 von Rauch, sondern auch eine quantitative Größe einer Rauchdichte zu klassifizieren.

- [0005]** Eine Klassifikation erfolgt bevorzugt durch eine Auswertung über alle oder über eine vorgegebene Teilmenge der Pixel eines erfassten Bildes einer Szene. Gegebenenfalls erfolgt die Bestimmung einer Rauchdichte auch zu unterschiedlichen Zeitpunkten. Durch eine Beschränkung auf einen Pixelbereich, auch gegebenenfalls durch die Beschränkung auf einen einzelnen Pixel, ist es dabei auf einfache Weise möglich, die Rauchdichte zu bestimmen.

- 40 **[0006]** In einer Ausführungsform wird ein ausgewählter Bildbereich mittels der vorgeschalteten Branddetektion mittels eines maschinellen Lernsystems bestimmt. So können insbesondere Bildbereiche ausgewählt werden, die eine hohe Dynamik oder einen hohen optischen Fluss aufweisen. Eine Rauchdichtebestimmung kann dann auf einen derartigen Bildbereich beschränkt werden, so dass eine Erkennungswahrscheinlichkeit und damit eine zutreffende Zuordnung mittels des maschinellen Lernsystems verbessert werden kann. Insbesondere steigt dabei eine Wahrscheinlichkeit für
- 45 eine zutreffende Zuordnung eines Bildes zu einer der vorgegebenen Klassen von unterschiedlichen Rauchdichten.

- [0007]** Weiterhin ist es vorteilhaft, eine Rauchdichteänderung aus einer Änderung der Farbe der Bildpixel in dem ausgewählten Bildbereich abzuleiten. Unter Berücksichtigung der Hypothese, dass eine Farbe des Rauches und eine Farbe des Hintergrundes in einem derartigen Bildbereich konstant ist, so führt eine Änderung der Rauchdichte zu einer geänderten Transparenz des Rauches gegenüber dem Hintergrund und damit zu einer Farbänderung in demjenigen
- 50 Bereich zwischen dem Hintergrund und der Rauchfarbe. Eine solche Farbänderung lässt sich einfach auswerten und kann dann für eine Auswertung mittels des maschinellen Lernsystems herangezogen werden.

- [0008]** Weiterhin ist es vorteilhaft, eine von dem maschinellen Lernsystem zugeordnete Rauchdichteinformation zusammen mit einem Bild für eine erweiterte Analyse und/oder für ein Training des maschinellen Lernsystem zu speichern.

- 55 **[0009]** Entsprechende Vorteile ergeben sich für eine erfindungsgemäße Branddetektionsvorrichtung.

Zeichnung

**[0010]** Ausführungsbeispiele der Erfindung sind in der Zeichnung dargestellt und in der nachfolgenden Beschreibung näher erläutert.

**[0011]** Es zeigen:

- Figur 1 ein Ausführungsbeispiel für eine Branddetektionsvorrichtung mit einer Kamera und einer Alar-  
meinheit bei der Beobachtung einer Szene,  
Figur 2a, 2b und 2c Ausführungsbeispiele für unterschiedliche Rauchdichten,  
Figur 3 ein Ausführungsbeispiel für einen erfindungsgemäßen Verfahrensablauf.

Ausführungsformen der Erfindung

**[0012]** In der Figur 1 ist eine Kamera 10 dargestellt, in deren Blickwinkel 11 sich eine Szene 12 befindet, die von der Kamera 10 beobachtet wird. Bilder der Kamera 10 werden nachfolgend an eine Branddetektionsvorrichtung 20 weitergeleitet, bei der eine Recheneinrichtung 21 durch Zugriff auf ein gespeichertes maschinelles Lernsystem 22 die von der Kamera 10 erfassten Bilddaten auswertet. In dem maschinellen Lernsystem 22 sind eine Vielzahl von Bildern mit verschiedenen Brandsituationen und Nicht-Brandsituationen eingelesen, wobei die Branddetektionsvorrichtung 20, insbesondere durch eine Auswertung einer von der Kamera 10 aufgenommenen Bildfolge der Szene 12, die aufgenommenen Bilddaten entweder einer Brandsituation oder einer Nicht-Brandsituation zuordnet. Für den Fall, dass eine aufgenommene Szene einer Brandszene zugeordnet wird, wird die Brandszene an eine Auswerteeinrichtung 25 weitergeleitet, bei der eine Recheneinrichtung 26 unter Zugriff auf ein bereitgestelltes maschinelles Lernsystem die aufgenommenen Bildinformationen hinsichtlich einer Rauchdichte auswertet. Hierzu können Einzelbilder, aber auch Bildfolgen weitergeleitet werden.

**[0013]** In den Figuren 2a, 2b und 2c sind jeweils Beispiele für Bilddarstellungen 31, 32, 33 gezeigt, bei denen ein Objekt 34 in einer Szene dargestellt ist. In der Szene gemäß der Figur 2a ist kein Rauch zu sehen, in der Figur 2b ist leichter Rauch 35 zu sehen und in der Figur 2c ist dichter Rauch 36 zu sehen. In einer Ausführungsform wird von der Branddetektionsvorrichtung 20 an die Auswerteeinrichtung 25 ein Rahmenbereich für einen möglichen Brandbereich vorgegeben, in der Figur 2b zum Beispiel der Rahmen 37 um den leichten Rauch herum und in der Figur 2c der Rahmen 38 um den dichten Rauch herum. Gemäß der Figur 2a wird entweder gar kein Rahmen oder ein Rahmen oberhalb des Objektes 34 als Rahmen 39 vorgegeben. Im Falle des Rahmens 39 kann dies ein vorgegebener Bereich oberhalb des Objektes sein, in dem möglicherweise Warnsignale aufzunehmen sind. Im Falle der Figuren 2b und 2c sind dies Bereiche mit einer dynamischen Bildbewegung, die eine hohe Wahrscheinlichkeit dafür haben, dass sich in diesen Bereichen ein Brand bzw. Rauch entwickelt.

**[0014]** Nach einer Auswertung durch die Auswerteeinrichtung 25 stellt diese nunmehr für die Bildaufnahme gemäß der Figur 2a fest, dass diese der Klasse "kein Rauch" zugeordnet wird. Die Aufnahme gemäß der Figur 2b wird der Klasse "geringe Rauchdichte" und die Aufnahme gemäß der Figur 2c der Klasse "hohe Rauchdichte" zugeordnet. Die jeweiligen Klassen sind dabei vorzugsweise mit konkreten Grenzwerten für die jeweiligen Rauchdichten in einem Speicher 27 definiert. Diese Zuordnungswerte werden in Speicherfelder 40, 41, 42 den jeweiligen Bilddaten zugeordnet abgelegt.

**[0015]** Für den Fall der Zuordnung zu der niedrigen Rauchdichte oder zu der Klasse "kein Rauch" erfolgt anschließend keine Ausgabe einer Warnung. Wird allerdings eine Zuordnung zu der Klasse "hohe Rauchdichte" durchgeführt, so wird über eine Warnleitung 28 eine Alarmvorrichtung 50 aktiviert und über eine Ausgabeeinrichtung 51, beispielsweise eine optische und/oder akustische Warneinrichtung, wird einem Benutzer eine Warnung vor einem Brand ausgegeben.

**[0016]** In einer Ausführungsform wird eine Bildinformation, die von der Kamera 10 von der Szene aufgenommen wurde, dem Benutzer angezeigt. Über eine Eingabeeinrichtung 52 kann der Benutzer nunmehr ein Feedback geben, ob die Brandsituation korrekt oder fehlerhaft erkannt wurde. Dieses Feedback kann zusammen mit den gespeicherten in den Speicherfeldern 40, 41, 42 abgelegten Informationen für ein weiteres Training des maschinellen Lernsystems verwendet werden.

**[0017]** Eine rechnerische Bestimmung der Rauchdichte kann bevorzugt dadurch erfolgen, dass die Rauchdichte anhand der Bilddaten abgeschätzt wird. Eine Möglichkeit hierfür ist es, die Farbe eines Pixels im Bild zu beschreiben als

$$x = (1 - \alpha) * s + \alpha * b.$$

wobei  $\alpha$  die Transparenz des Rauches,  $s$  die Farbe des Rauches und  $b$  die Farbe des Hintergrundes sein soll. Als Farbe soll hierbei die rechnerische Darstellung einer Farbe anhand einer Farb-Zuordnungstabelle, die von der Kamera erfassten Farbe zu einer Bildschirmfarbe sein, wobei der Farbe hierfür beispielsweise ein Wert zwischen 0 und 255

zugewiesen wird. Be einer größeren Farbpalette sind dementsprechend andere Farbwerte möglich. Eine Änderung der Transparenz zwischen zwei Zeitpunkten i und j lässt sich dabei schreiben als

$$x_i - x_j = (a_i - a_j) * (s - b),$$

wobei angenommen wird, dass sich die Farbe des Hintergrundes sowie die Farbe des Rauches im Bild zwischen den Zeitpunkten i und j nicht signifikant ändert. Somit lässt sich eine approximierte Änderung der Rauchdichte schreiben als

$$(a_i - a_j) = (s - b) / (x_i - x_j).$$

**[0019]** Setzt man nun eine Hintergrundfarbe eines Referenzbildes an und nutzt eine Rauchdichtebestimmung anhand des oben beschriebenen maschinellen Lernsystems, insbesondere hinsichtlich einer Vielzahl von unterschiedlichen Rauchdichteklassen, so kann zudem eine Rauchdichteänderung bestimmt werden.

**[0020]** In der Figur 3 ist ein Ausführungsbeispiel für einen erfindungsgemäßen Verfahrensablauf aufgezeigt. Ausgehend von einer Initialisierungsschritt 60 erfolgt zunächst eine Branddetektion 61. In einem anschließenden ersten Prüfschritt 62 wird überprüft, ob ein Brand detektiert wurde. Ist dies nicht der Fall, so wird die Branddetektion 61 fortgesetzt. Ist dies der Fall, so erfolgt eine Rauchdichtezuordnung in einem Zuordnungsschritt 63. In einem anschließenden Prüfschritt 64 wird überprüft, ob eine Mindest-Rauchdichte erreicht wird. Ist dies nicht der Fall, so wird zu der Branddetektion 61 zurückverzweigt. In einem anschließenden Zuordnungsschritt wird eine Rauchdichteänderung aus einer Mehrzahl aufeinanderfolgender Bilddaten nach dem oben beschriebenen Verfahren bestimmt. Wird ein kritisches Maß für eine Rauchdichteänderung erreicht, so wird ein Alarm in einem Warnschritt 66 ausgegeben. Ansonsten wird zu der Branddetektion 61 zurückverzweigt.

## Patentansprüche

1. Verfahren zur Branddetektion mittels einer Auswertung einer von einer Kamera (10) erfassten Szene (12) über ein maschinelles Lernsystem, **dadurch gekennzeichnet, dass** für den Fall, dass ein Brand anhand einer ersten Auswertung der Szene (12) vermutet wird, nur dann eine Brandwarnung ausgegeben wird, wenn ein Erwartungswert für die Rauchdichte und/oder eine Rauchdichteänderung einen vorgegebenen Erwartungswert für die Rauchdichte überschreitet.
2. Verfahren nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet, dass** zur Ableitung des Erwartungswertes für die Rauchdichte eine Szene wenigstens einer Klasse von Szenen ohne ermittelte Rauchentwicklung oder einer von wenigstens zwei Klassen von Szenen mit jeweils unterschiedlichen Rauchdichtebereichen zugeordnet wird.
3. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** eine Klassifikation der Bilder über alle oder über eine vorgegebene Teilmenge der Pixel der Bilder erfolgt.
4. Verfahren nach Anspruch 3, **dadurch gekennzeichnet, dass** für eine Klassifikation der Bilder ein ausgewählter Bildbereich eines Bildes der Szene ausgewertet wird.
5. Verfahren nach Anspruch 4, **dadurch gekennzeichnet, dass** ein ausgewählter Bildbereich auf Basis einer automatisierten Analyse der Pixel des Bildes für eine Branddetektion derart festgelegt wird, dass ein Bildbereich benachbart zu einem vermuteten Brand ausgewählt wird.
6. Verfahren nach einem der Ansprüche 4-5, **dadurch gekennzeichnet, dass** ein Erwartungswert für eine Rauchdichteänderung aus einer Änderung der Farbe der Bildpixel in dem ausgewählten Bildbereich über die Zeit abgeleitet wird.
7. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** eine ermittelte Rauchdichteinformation zusammen mit dem Bild für eine erweiterte Analyse und/oder für ein Training des maschinellen Lernsystems gespeichert wird.
8. Branddetektionsvorrichtung zur Durchführung eines Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche mit einer Schnittstelle zu einer Kamera (10) zur Erfassung von Bildern einer Szene (12) und mit einer Schnittstelle zu einer Warneinheit (50) zur Ausgabe einer Warnung.

Fig. 1

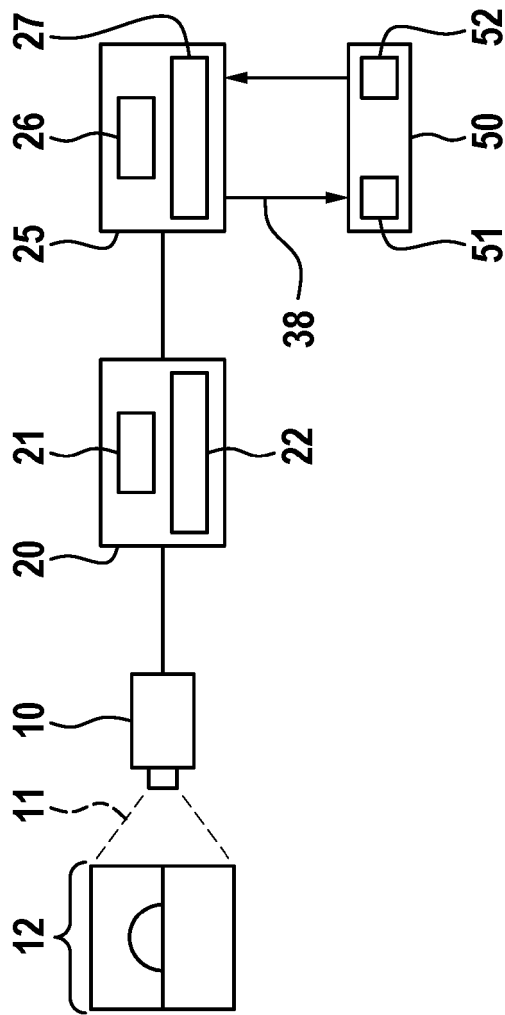


Fig. 2a

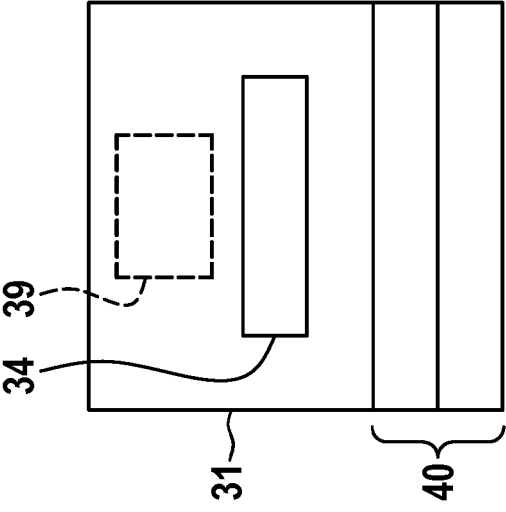


Fig. 2b

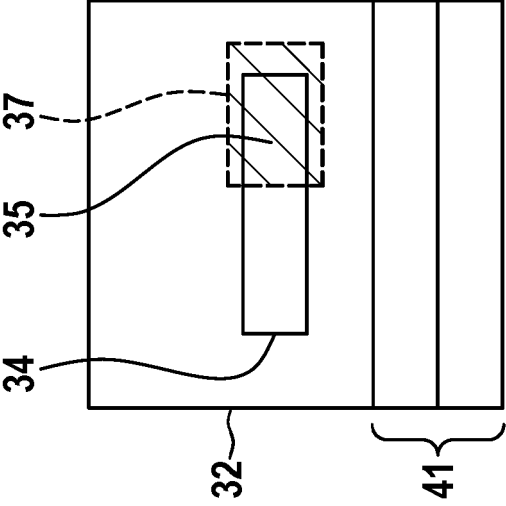


Fig. 2c

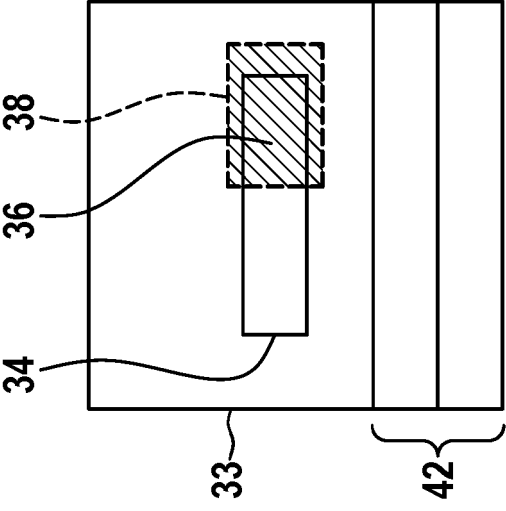
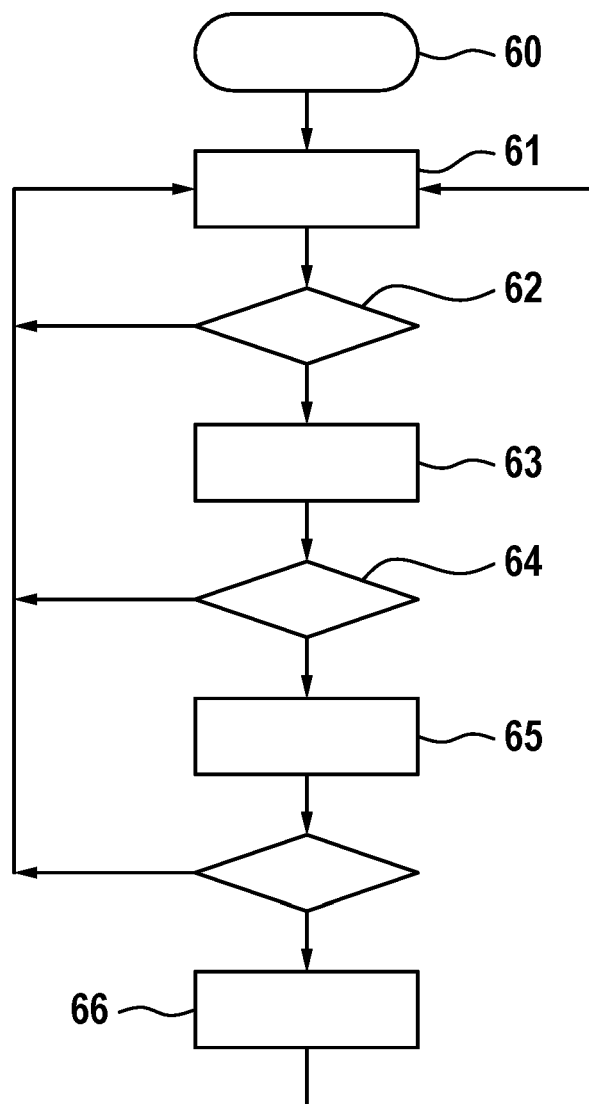


Fig. 3





## EUROPÄISCHER RECHERCHENBERICHT

Nummer der Anmeldung

EP 24 21 2608

5

10

15

20

25

30

35

40

45

50

55

1

EPO FORM 1503 03.82 (P04C03)

| EINSCHLÄGIGE DOKUMENTE                                                                                                                                                                                                                       |                                                                                                                                                                                                               |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         |                                    |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------|
| Kategorie                                                                                                                                                                                                                                    | Kennzeichnung des Dokuments mit Angabe, soweit erforderlich, der maßgeblichen Teile                                                                                                                           | Betrifft Anspruch                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       | KLASSIFIKATION DER ANMELDUNG (IPC) |
| X                                                                                                                                                                                                                                            | US 2019/279478 A1 (EBATA HIROMICHI [JP])<br>12. September 2019 (2019-09-12)<br>* Absatz [0010] - Absatz [0024] *<br>* Absatz [0049] - Absatz [0060] *<br>* Absatz [0105] - Absatz [0136] *<br>* Abbildungen * | 1-8                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     | INV.<br>G08B17/12<br>G08B29/18     |
| X                                                                                                                                                                                                                                            | US 2007/019071 A1 (HAYNES SIMON D [GB])<br>25. Januar 2007 (2007-01-25)<br>* Absatz [0006] - Absatz [0008] *<br>* Absatz [0015] - Absatz [0045] *<br>* Absatz [0059] - Absatz [0065] *<br>* Abbildungen *     | 1-8                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     |                                    |
|                                                                                                                                                                                                                                              |                                                                                                                                                                                                               |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         | RECHERCHIERTE SACHGEBIETE (IPC)    |
|                                                                                                                                                                                                                                              |                                                                                                                                                                                                               |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         | G08B                               |
| Der vorliegende Recherchenbericht wurde für alle Patentansprüche erstellt                                                                                                                                                                    |                                                                                                                                                                                                               |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         |                                    |
| Recherchenort                                                                                                                                                                                                                                |                                                                                                                                                                                                               | Abschlußdatum der Recherche                                                                                                                                                                                                                                                                                                             | Prüfer                             |
| München                                                                                                                                                                                                                                      |                                                                                                                                                                                                               | 11. März 2025                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           | Königer, Axel                      |
| KATEGORIE DER GENANNTEN DOKUMENTE                                                                                                                                                                                                            |                                                                                                                                                                                                               | T : der Erfindung zugrunde liegende Theorien oder Grundsätze<br>E : älteres Patentdokument, das jedoch erst am oder nach dem Anmeldedatum veröffentlicht worden ist<br>D : in der Anmeldung angeführtes Dokument<br>L : aus anderen Gründen angeführtes Dokument<br>& : Mitglied der gleichen Patentfamilie, übereinstimmendes Dokument |                                    |
| X : von besonderer Bedeutung allein betrachtet<br>Y : von besonderer Bedeutung in Verbindung mit einer anderen Veröffentlichung derselben Kategorie<br>A : technologischer Hintergrund<br>O : mündliche Offenbarung<br>P : Zwischenliteratur |                                                                                                                                                                                                               |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         |                                    |

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

EP 24 21 2608

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.

11-03-2025

10

| Im Recherchenbericht<br>angeführtes Patentdokument |  | Datum der<br>Veröffentlichung |    | Mitglied(er) der<br>Patentfamilie |            | Datum der<br>Veröffentlichung |
|----------------------------------------------------|--|-------------------------------|----|-----------------------------------|------------|-------------------------------|
| US 2019279478 A1                                   |  | 12-09-2019                    | EP | 3561788 A1                        | 30-10-2019 |                               |
|                                                    |  |                               | JP | 6968681 B2                        | 17-11-2021 |                               |
|                                                    |  |                               | JP | 2018101416 A                      | 28-06-2018 |                               |
|                                                    |  |                               | US | 2019279478 A1                     | 12-09-2019 |                               |
|                                                    |  |                               | WO | 2018116966 A1                     | 28-06-2018 |                               |
| -----                                              |  |                               |    |                                   |            |                               |
| US 2007019071 A1                                   |  | 25-01-2007                    | GB | 2428472 A                         | 31-01-2007 |                               |
|                                                    |  |                               | US | 2007019071 A1                     | 25-01-2007 |                               |
| -----                                              |  |                               |    |                                   |            |                               |

15

20

25

30

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**

- DE 102016207705 A1 [0001]