

(12) NACH DEM VERTRAG ÜBER DIE INTERNATIONALE ZUSAMMENARBEIT AUF DEM GEBIET DES PATENTWESENS (PCT) VERÖFFENTLICHTE INTERNATIONALE ANMELDUNG

(19) Weltorganisation für geistiges Eigentum
Internationales Büro

(43) Internationales Veröffentlichungsdatum
02. August 2018 (02.08.2018)



(10) Internationale Veröffentlichungsnummer
WO 2018/138258 A1

- (51) Internationale Patentklassifikation:
G06F 17/50 (2006.01) G02C 13/00 (2006.01)
- (21) Internationales Aktenzeichen: PCT/EP2018/051954
- (22) Internationales Anmeldedatum:
26. Januar 2018 (26.01.2018)
- (25) Einreichungssprache: Deutsch
- (26) Veröffentlichungssprache: Deutsch
- (30) Angaben zur Priorität:
17153538.8 27. Januar 2017 (27.01.2017) EP
- (71) Anmelder: CARL ZEISS AG [DE/DE]; Carl-Zeiss-Strasse 22, 73447 Oberkochen (DE). CARL ZEISS VISION INTERNATIONAL GMBH [DE/DE]; Turnstrasse 27, 73430 Aalen (DE).
- (72) Erfinder: NIEUWENHUIS, Claudia; Mozartweg 3/8, 73457 Essingen (DE). SCHWARZ, Oliver; Elchstrasse 13, 73479 Ellwangen (DE).
- (74) Anwalt: STICHT, Andreas; Kraus & Weisert Patentanwälte PartGmbH, Thomas-Wimmer-Ring 15, 80539 München (DE).
- (81) Bestimmungsstaaten (soweit nicht anders angegeben, für jede verfügbare nationale Schutzrechtsart): AE, AG, AL,

AM, AO, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BH, BN, BR, BW, BY, BZ, CA, CH, CL, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DJ, DK, DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IR, IS, JO, JP, KE, KG, KH, KN, KP, KR, KW, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LU, LY, MA, MD, ME, MG, MK, MN, MW, MX, MY, MZ, NA, NG, NI, NO, NZ, OM, PA, PE, PG, PH, PL, PT, QA, RO, RS, RU, RW, SA, SC, SD, SE, SG, SK, SL, SM, ST, SV, SY, TH, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, ZA, ZM, ZW.

(84) Bestimmungsstaaten (soweit nicht anders angegeben, für jede verfügbare regionale Schutzrechtsart): ARIPO (BW, GH, GM, KE, LR, LS, MW, MZ, NA, RW, SD, SL, ST, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), eurasisches (AM, AZ, BY, KG, KZ, RU, TJ, TM), europäisches (AL, AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HR, HU, IE, IS, IT, LT, LU, LV, MC, MK, MT, NL, NO, PL, PT, RO, RS, SE, SI, SK, SM, TR), OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, KM, ML, MR, NE, SN, TD, TG).

Veröffentlicht:

— mit internationalem Recherchenbericht (Artikel 21 Absatz 3)

(54) Title: METHOD, COMPUTING DEVICE, AND COMPUTER PROGRAM FOR PROVIDING A MOUNTING EDGE MODEL

(54) Bezeichnung: VERFAHREN, RECHENEINRICHTUNG UND COMPUTERPROGRAMM ZUM BEREITSTELLEN EINES FASSUNGSRANDMODELLS

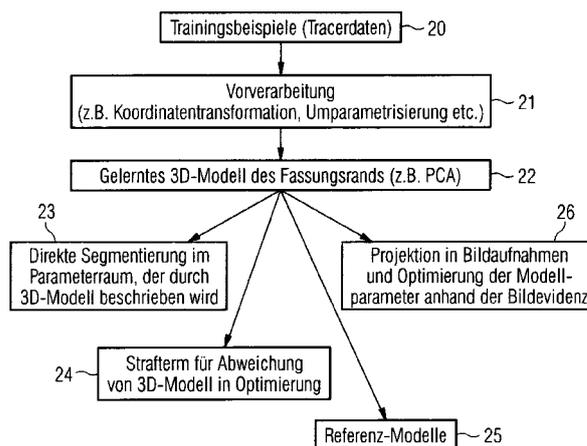


Fig. 2

(57) Abstract: The invention relates to a method for providing a mounting edge model, to a corresponding computer program, and to a corresponding computing device. In order to provide the mounting edge model, a plurality of data sets (20) are first provided, each of which describes a course of a mounting edge. Such data sets can be obtained from tracer data for example. On the basis of the data sets, a parametric mounting edge model (22) is then provided. (Figure 2)

(57) Zusammenfassung: Verfahren, Recheneinrichtung und Computerprogramm zum Bereitstellen eines Fassungsrandmodells. Es wird ein Verfahren zur Bereitstellung eines Fassungsrandmodells, ein entsprechendes Computerprogramm sowie eine entsprechende Recheneinrichtung beschrieben. Zum Bereitstellen des Fassungsrandmodells wird zunächst eine Vielzahl von Datensätzen bereitgestellt (20), die jeweils einen Verlauf eines Fassungsrandes bezeichnen. Derartige Datensätze können beispielsweise aus Tracer-Daten gewonnen werden. Auf Basis dieser Datensätze wird dann ein parametrisches Fassungsrandmodell bereitgestellt (22). (Figure 2)

- 20 training examples (tracer data)
- 21 preparation (e.g. coordinate transformation, re-parameterization, etc.)
- 22 learned 3D model of the mounting edge (e.g. PCA)
- 23 direct segmentation in the parameter area described by the 3D model
- 24 penalty term for deviation from the 3D model in optimization
- 25 reference models
- 26 projection in captured images and optimization of the model parameters using the image evidence

WO 2018/138258 A1

Beschreibung

5 Verfahren, Recheneinrichtung und Computerprogramm zum Bereitstellen eines
Fassungsrandmodells

Die vorliegende Anmeldung betrifft Verfahren und Vorrichtungen zum Bereitstellen eines
Fassungsrandmodells einer Brillenfassung und entsprechende Computerprogramme und
10 Recheneinrichtungen. Ein Fassungsrand einer Brillenfassung ist dabei derjenige Teil der
Brillenfassung, in welchen dann ein Brillenglas eingepasst wird, wobei ein erster Abschnitt des
Fassungsrandes für ein linkes Brillenglas und ein zweiter Abschnitt des Fassungsrandes für das
rechte Brillenglas vorgesehen ist. Im Rahmen dieser Anmeldung wird unter einem
Fassungsrand nicht nur der Fassungsrand einer ganz um das Brillenglas umlaufenden
15 Brillenfassung verstanden, sondern auch die entsprechenden Größen bei fassungslosen Brillen
oder Brillen mit Teilfassung, z.B. Brillenfassungsinnenrand, Stützscheibenaußenrand oder
Brillenglasaußenrand. Unter einem Fassungsrandmodell ist eine mathematische und/oder
geometrische Beschreibung des Fassungsrandes einer Brillenfassung oder zumindest des
ersten oder zweiten Abschnitts des Fassungsrandes zu verstehen.

20 Um die Brillengläser korrekt in eine Brillenfassung einzupassen, ist es zum einen erforderlich,
sogenannte Zentrierparameter zu bestimmen, damit die optischen Zentren der Gläser mit den
visuellen Achsen der entsprechenden Augen in Deckung gebracht werden können, um so z. B.
die Information über die Pupillendistanz und die Information über die Höhe der Pupillen in
25 Bezug auf die Brillenfassung zu kennen. Zum anderen ist es erforderlich, den durch die
Brillenfassung vorgegebenen Tragrand des Brillenglases zu kennen, in der das Brillenglas
aufgenommen werden soll.

Neben der Information der Pupillendistanz und der Information über die Höhe der Pupillen in
30 Bezug auf die Brillenfassung werden unter den Begriff Zentrierparameter insbesondere
folgende Größen subsumiert: monokularer Pupillenabstand PD, Hornhautscheitelabstand HS
nach Bezugspunkt-forderung und/oder nach Augendrehpunkt-forderung, monokularer Zentrier-
punkt-abstand, Zentrierpunkt-kordinaten, Scheibenabstand, Dezentration des Zentrierpunktes,
Scheibenhöhe und -breite, Scheibenmittenabstand, Brillenglasvorneigung α ,
35 Fassungs-scheibenwinkel β , Einschleifhöhe.

Die Zentrierparameter werden regelmäßig von einem Augenoptiker bestimmt. Wichtige Zentrierparameter sind z. B. in der Norm EN ISO 13666:2012 (D/E) definiert und können ermittelt werden, indem sich ein Optiker und ein Proband gegenüber stehen oder sitzen, wobei der Proband die Fassung seiner Wahl mit einer darin eingefassten Glasscheibe aufsetzt. Der Proband wird gebeten, in die Ferne zu blicken, und der Optiker zeichnet dann nach Augenschein auf der Scheibe oder auf einer Kontaktstrichfolie mit einem Kreuz den Durchblick an, wie er ihn beim gegenseitigen Anblick erkennt. Dieses Kreuz (Zentrierkreuz) bestimmt dann die Lage des optischen Mittelpunktes des in die Fassung einzusetzenden Brillenglases. Dieses Verfahren wird für jedes der Augen eines Probanden einzeln durchgeführt. Der Abstand der auf diese Weise ermittelten Zentrierkreuze ist der Pupillenabstand PD.

Für die Zentrierparameterbestimmung werden aber mittlerweile auch automatisierte Messsysteme eingesetzt. Ein solches Messsystem ist z. B. in der WO 01/84222 A1 beschrieben. Dieses System enthält eine an einer Säule höhenverstellbar aufgenommene digitale Videokamera, deren Objektiv zusammen mit einem Spiegel und einer Lichtquelle im Bereich der Frontfläche des Gehäuses angeordnet ist. Das System ermöglicht insbesondere das Messen von Abständen und das Erfassen von Maßen, die für das Einschleifen von Brillengläsern zu berücksichtigen sind. In dem System gibt es einen mit der digitalen Videokamera verbundenen Computer, der aus dem Bild eines Brillenträgers mit einer Brillenfassung und mit einem an der Brillenfassung festgelegten Messbügel Zentrierparameter für die Brillenfassung mittels Bildauswertung bestimmt.

Bei manchen dieser Messsysteme werden gleichzeitig oder sequentiell ein oder mehrere Bilder eines Kopfes einer Person, welche die jeweilige Brillenfassung trägt, aufgenommen und durch Bildanalyse aus den aufgenommenen Bildern die Zentrierparameter ermittelt. Dabei verwendete Algorithmen basieren unter anderem darauf, in den aufgenommenen Bildern die Fassungsränder der Brillenfassung zu erkennen.

Derartige Vorrichtungen und Verfahren sind beispielsweise auch in der DE 10 2011 115 239 A1 beschrieben. Bei der dort beschriebenen Herangehensweise liegt für eine momentan an einem Kopf einer Person zu vermessenden Brillenfassung ein Tracer-Datensatz vor. Ein Tracer ist dabei gemäß der oben erwähnten DIN EN ISO 13666 eine Vorrichtung zur genauen, oftmals dreidimensionalen Vermessung der Glasform einer Brillenfassung für die Formrandung des Glases, also eine Vorrichtung, welche den Fassungsrand einer Brillenfassung vermisst. Der Tracer kann dabei zur Bestimmung des Tracer-Datensatz entweder den Fassungsrand der Brillenfassung oder den Glasrand einer Stützscheibe, die geformt ist, um in den Fassungsrand

eingesetzt zu werden, vermessen. In beiden Fällen beschreibt der Tracer-Datensatz dann nur den Fassungsrand der Brillenfassung, nicht jedoch andere Teile der Brillenfassung. Tracer-Datensätze enthalten, nachdem sie durch den Tracer erzeugt wurden, üblicherweise eine Information, die die Quelle des Datensatzes (d.h. den verwendeten Tracer) bezeichnet. Diese Information kann jedoch im Laufe der Verarbeitung des Tracer-Datensatzes auch entfernt werden. Die Herangehensweise der DE 10 2011 115 239 B4 beruht dann darauf, eine durch den Tracer-Datensatz beschriebene Kontur in Bildaufnahmen zu finden. Dabei werden herkömmliche Verfahren der Bildanalyse wie Mustersuche oder das sogenannte Template Matching verwendet, wobei letzteres beispielsweise im Artikel „Template Matching“ auf Wikipedia vom 17. Januar 2017 beschrieben ist. Mustersuche, auch als musterbasierte Suche oder Pattern Matching bezeichnet, ist eine Bezeichnung für symbolverarbeitende Verfahren, die anhand eines vorgegebenen Musters – in diesem Fall durch den Tracer-Datensatz vorgegeben – entsprechende Strukturen in den aufgenommenen Bildern identifizieren.

5

10

15

20

25

30

35

Durch die Verwendung des Tracer-Datensatzes wird die Erkennung des Fassungsrandes in den Bildern gemäß den Ausführungen der DE 10 2011 115 239 B4 verglichen mit anderen Herangehensweisen erleichtert. Ein Nachteil dieser Herangehensweise ist jedoch, dass der Tracer-Datensatz und damit die aufgesetzte Brille bekannt sein muss, um den Fassungsrand in den aufgenommenen Bildern zu finden. Typischerweise werden jedoch bei einem Optiker Tracer-Daten von einer Fassung erst erzeugt, wenn ein Kunde die Brille schon zum Kauf ausgewählt hat. Da die Erzeugung der Tracer-Daten zeitaufwändig ist, werden sie üblicherweise zudem erst dann erzeugt, wenn der Kunde bereits das Optikergeschäft verlassen hat, da sonst eine lange Wartezeit für den Kunden entstehen würde. Auf der anderen Seite erfolgt die Bestimmung der Zentrierparameter im üblichen Arbeitsablauf bei einem Optiker unmittelbar nach der Auswahl der Brillenfassung, sodass der Kunde beim nächsten Besuch bereits die fertige Brille abholen kann.

Somit muss also für die Durchführung des Verfahrens der DE 10 2011 115 239 B4 der übliche Arbeitsablauf des Optikers geändert werden, was zudem Wartezeiten für den Kunden bei dem Besuch beim Optiker bedeutet. Zudem ist diese Herangehensweise auch deswegen umständlich, da hierzu jeder Optiker zu jeder Fassung den jeweiligen Tracer-Datensatz vorrätig haben muss oder vor der Bestimmung der Zentrierparameter erstellen muss. Schließlich werden die Tracer-Datensätze zumindest bevorzugt als dreidimensionale Datensätze (d.h. Datensätze, welche den dreidimensionalen Verlauf des Fassungsrandes beschreiben) benötigt, während manche herkömmlichen Tracer nur zweidimensionale Datensätze erzeugen, welche den Verlauf des Fassungsrandes in einer Ebene beschreiben.

Szu-Hao Huang et al., „Human-centric design personalization of 3D glasses frame in markerless augmented reality“, Advanced Engineering Informatics 26 (2012) Seiten 35-45 beschreiben ein Verfahren zur virtuellen Anprobe einer Brillenfassung. Dabei kommt ein
5 parametrisches Modell einer Brillenfassung zum Einsatz, das mittels einer Hauptkomponentenanalyse auf eine Vielzahl von gespeicherten Brillenfassungsmodellen erstellt wird. Die Brillenfassungsmodelle liegen dabei als Polygonnetze vor, die CAD (Computer Aided Design) Datensätzen von Brillenfassungen entsprechen.

10 Die US 2015/055085 A1 offenbart ein virtuelles Anprobieren einer Brille, wozu ein Modell der Brille verwendet wird. Aufgenommene Kopfbilder werden mit einer Hauptkomponentenanalyse analysiert.

Wu Chenyu et al., „Automatic Eyeglasses Removal from Face Images“, IEEE Trans. on pattern
15 intelligence and machine intelligence, Bd. 26 Nr. 3 S. 322-336 offenbart ein Verfahren zum Entfernen einer Brille aus einem aufgenommenen Bild eines Kopfes. Dabei werden verschiedene Lernverfahren sowie ein parametrisches Modell für eine Brillenfassung verwendet. Die Parameter des dort verwendeten parametrischen Modells, die die Form der Fassung beschreiben, werden als normalverteilt angenommen.

20 Diana Borza et al., „Eyeglasses Lens Contour Extraction from Facial Images Using an Efficient Shape Description“, Sensors 2013, 13, S. 13638-13658 offenbart ein Verfahren, um eine Position einer Brille sowie Größe und Form eines Brillengestells aus einer Bildaufnahme exakt zu bestimmen. Dabei wird ein 2D-Modell einer Brillenfassung auf Basis von Fourier-
25 Deskriptoren verwendet.

Vor diesem Hintergrund ist es allgemein eine Aufgabe der vorliegenden Anmeldung, Verfahren, Recheneinrichtungen und Computerprogramme zur Bereitstellung eines Fassungsrandmodells bereitzustellen, wobei das Fassungsrandmodell eine Vielzahl von Brillenfassungen abdecken
30 soll, sodass beispielsweise für die oben erläuterte Bildanalyse zum Zwecke der Zentrierparameterbestimmung nicht für jede Brillenfassung ein separater Tracer-Datensatz erstellt werden muss.

In der oben zitierten Veröffentlichung von Szu-Hao Huang et al. liegen Modelle von
35 Brillenfassungen vor, und aus diesen wird durch eine Hauptkomponentenanalyse ein Modell einer gesamten Brillenfassung gewonnen. Ein derartiges Modell ist für die eingangs erläuterte

Fassungsranderkennung nur bedingt geeignet, da in dem Modell Daten z.B. bezüglich der Brillenbügel enthalten sind, die mit der Erkennung des Fassungsrandes nichts zu tun haben, aber dennoch mit verarbeitet werden müssen.

5 Es ist daher eine erste Aufgabe der Erfindung, ein Verfahren zum Bereitstellen eines Fassungsrandmodells zu schaffen, welches für die oben genannte Identifikation eines Fassungsrandes wie in der DE 10 2011 115 239 B4 beschrieben besser geeignet ist als das Modell, welches das Verfahren von Szu-Hao Huang et al. liefert.

10 Hierzu wird gemäß einem ersten Erfindungsaspekt ein computerimplementiertes Verfahren nach Anspruch 1 bereitgestellt. Die abhängigen Ansprüche 2-12 definieren weitere Ausführungsformen des Verfahrens des ersten Aspekts.

Bei der oben zitierten Veröffentlichung von Wu Chenyu et al. wird von einer Gaußverteilung von
15 Parametern ausgegangen. Formen realer Fassungsränder variieren jedoch nicht unbedingt gemäß einer Gaußverteilung. Wird bei dem Identifizieren des Fassungsrandes gemäß der DE 10 2011 115 239 B4 von einer Gaußverteilung ausgegangen, führt dies dazu, dass das Verfahren zu einer qualitativ nicht ausreichenden Lösung kommt, da viele Formen von Fassungsrandern gar nicht im Modell enthalten sind und damit auch nicht detektiert werden
20 können.

Es ist daher eine zweite Aufgabe der Erfindung, ein Verfahren zum Bereitstellen eines Fassungsrandmodells zu schaffen, welches besser zum Identifizieren eines Fassungsrandes geeignet ist als ein Modell mit einer festen Gaußverteilung von Parametern.

25 Hierzu wird gemäß einem zweiten Erfindungsaspekt ein computerimplementiertes Verfahren nach Anspruch 13 bereitgestellt. Die abhängigen Ansprüche 14-18 definieren weitere Ausführungsformen des zweiten Aspekts.

30 Das Verfahren zum Bereitstellen eines Modells einer Brillenfassung gemäß Szu-Hao Huang et al., welches unter anderem eine Hauptkomponentenanalyse verwendet, ist mathematisch relativ aufwändig. Ausgehend hiervon ist es eine dritte Aufgabe der vorliegenden Erfindung, ein vereinfachtes Verfahren zum Bereitstellen eines Fassungsrandmodells vorzuschlagen.

Hierzu wird gemäß einem dritten Erfindungsaspekt ein computerimplementiertes Verfahren nach Anspruch 19 bereitgestellt. Die abhängigen Ansprüche 20-22 definieren weitere Ausführungsformen des dritten Aspekts.

- 5 Bei dem Verfahren gemäß Szu-Hao Huang et al. wird davon ausgegangen, dass 3D-Daten von Brillenfassungen in einer für die Hauptkomponentenanalyse geeigneten Form vorliegen. Wenn Daten, die den Fassungsrand einer Brillenfassung beschreiben, aus verschiedenen Quellen stammen, beispielsweise mit verschiedenen Messgeräten, z.B. mit verschiedenen Tracern bei verschiedenen Fassungsherstellern oder Optikern, ermittelt wurden, liegen die Daten in
10 verschiedenen Formaten vor und können zudem durch den Messvorgang rauschbehaftete sein, d.h. Schwankungen aufweisen, die durch die Messung bedingt sind.

- Ausgehend hiervon ist es eine vierte Aufgabe der vorliegenden Erfindung, ein Verfahren zum Bereitstellen eines Fassungsrandmodells bereitzustellen, bei dem Daten aus verschiedenen
15 Quellen und/oder rauschbehaftete Daten besser verarbeitbar sind.

Hierzu wird gemäß einem vierten Erfindungsaspekt ein computerimplementiertes Verfahren nach Anspruch 23 bereitgestellt. Die abhängigen Ansprüche 24-32 definieren weitere Ausführungsformen des vierten Aspekts.

- 20 Weitere Unteransprüche definieren Verfahren zur Bildanalyse, welche ein Fassungsrandmodell verwenden, das nach einem der obigen Aspekte erstellt wurde. Zudem wird ein Computerprogramm nach Anspruch 40 durch Durchführung eines der oben definierten Verfahren sowie eine entsprechende Recheneinrichtung nach Anspruch 41 bereitgestellt.

- 25 Die mit den obigen Verfahren bereitgestellten Fassungsrandmodelle können insbesondere zum Zentrieren von Brillengläsern, zum Einschleifen von Brillengläsern und zum Herstellen von Brillengläsern Anwendung finden. Hierzu werden Verfahren nach Anspruch 42, 43 und 44 bereitgestellt.

- 30 Erfindungsgemäß wird ein Verfahren zum Bereitstellen eines Fassungsrandmodells bereitgestellt, umfassend:

Bereitstellen einer Vielzahl von Datensätzen, die jeweils einen Verlauf eines Fassungsrandes einer jeweiligen Brillenfassung beschreiben, und

- 35 Bereitstellen eines parametrischen Fassungsrandmodells auf Basis der Vielzahl von Datensätzen.

Unter einem Verlauf eines Fassungsrandes ist dabei der Verlauf des Fassungsrandes für ein Brillenglas oder für beide Brillengläser (linkes und rechtes Brillenglas) zu verstehen, d.h. für einen oder beide der oben erwähnten Abschnitte. Ein parametrisches Fassungsrandmodell ist ein Fassungsrandmodell, welches einen oder mehrere veränderbare Parameter aufweist. Durch Änderung des Parameters oder der Parameter ändert sich dann die Geometrie des durch das Fassungsrandmodell beschriebenen Fassungsrandes, beispielsweise hinsichtlich Größe oder Form oder hinsichtlich der Ausrichtung von ersten und zweiten Abschnitten für die zwei Brillengläser zueinander. Dies ähnelt dem parametrischen Modellieren in der CAD (Computer Aided Design)-Technik (vergleiche http://www.blien.de/ralf/cad/db/para_mod.htm Stand 27.01.2017), wobei bei der vorliegenden Anmeldung die Parameter nicht auf Maße beschränkt sind und allgemein Änderungen der Geometrie z.B. hinsichtlich Größe und/oder Form durch Änderungen der Parameter möglich sind. Parameter eines derartigen Modells sind also Variablen, über die der durch das Fassungsrandmodell beschriebene Fassungsrand veränderbar ist. Ein parametrisches Fassungsrandmodell in dem hier verwendeten Sinn kann auch ein so genanntes parameterfreies Modell sein, Parameterfreie Modelle sind beispielsweise in dem Wikipedia-Artikel „parameterfreie Statistik“ beschrieben. Es handelt sich hier um Modelle, deren Modellstruktur nicht a priori festgelegt ist, sondern erst auf Basis der Vielzahl von Datensätzen bestimmt wird. Sie weisen ebenfalls Parameter auf, Art und Anzahl dieser Parameter ist jedoch ebenfalls nicht a priori festgelegt. Sie sind auch anwendbar, wenn die notwendigen Voraussetzungen für bestimmte parametrische Modelle (z.B. für Gaußverteilungen) in den Daten nicht erfüllt sind.

Indem das parametrische Fassungsrandmodell auf Basis der Vielzahl von Datensätzen bereitgestellt ist, fließt eine Vielzahl von Datensätzen in das Modell ein. Dies bewirkt, dass das parametrische Fassungsrandmodell auf eine Vielzahl verschiedener Brillenfassungen anwendbar ist, auch auf Brillenfassungen, welche nicht von einem Datensatz der Vielzahl von Datensätzen direkt beschrieben werden. Durch den Parameter oder die Parameter des parametrischen Fassungsrandmodells kann das parametrische Fassungsrandmodell dann an den Fassungsrand einer konkreten Brillenfassung angepasst werden.

Gemäß dem ersten Erfindungsaspekt, optional auch bei anderen Erfindungsaspekten, werden dabei Tracer-Datensätze von verschiedenen Brillendaten von Brillenfassungen herangezogen, welche über eine entsprechende Vielzahl von Brillenfassungen bestimmt wurden. Durch die Verwendung von Tracer-Datensätzen liegen Daten nur für die benötigten Fassungsränder vor, und nicht zudem noch für andere Teile einer Brillenfassung wie Bügel. Im Gegensatz zu den in

der Veröffentlichung Szu-Hao Huang et al. benutzten Modellen enthalten Tracer-Datensätze nur Abfolgen von Punkten im Raum oder in der Ebene, die die Fassungskontur beschreiben. Sie sind keine Polygonnetze (engl. Meshes) wie in der oben zitierten Veröffentlichung Szu-Hao Huang, die zusätzlich zu Punkten auch Kanten und Flächen enthalten. Dies kann die Erstellung des Fassungsrandmodells sowie eine nachfolgende Bildanalyse vereinfachen, da die Fassungskontur nicht erst aus einem Modell einer gesamten Brillenfassung berechnet werden muss. Außerdem liegen einem Optiker oft keine Polygonnetze von Brillenfassungen wie in dem Verfahren von Szu-Hao Huang et al. vor, beispielsweise in Form von CAD-Datensätzen, zu den Brillenfassungen vor, da diese Betriebsgeheimnis der FassungsHersteller sind. Dagegen verfügen die meisten Optiker aber über einen Tracer, mit dem eine Vielzahl von Tracer-Datensätzen leicht gewonnen werden kann. Somit kann das Verfahren gemäß dem ersten Erfindungsaspekt auch leicht bei einem Optiker durchgeführt werden, ohne dass dieser auf die Bereitstellung von Datensätzen durch Dritte wie beispielsweise FassungsHersteller angewiesen ist.

Bei anderen Ausführungsformen des zweiten, dritten und vierten Aspekts können alternativ hierzu auch CAD-Daten (Computer Aided Design) der Brillenfassungen von BrillenfassungsHerstellern herangezogen werden, welche von den BrillenfassungsHerstellern zur Fertigung oder zum Entwurf der Brillenfassungen verwendet wurden. Bevorzugt liegen die Datensätze dabei als 3D-Datensätze vor, d.h. sie beschreiben den räumlichen Verlauf des jeweiligen Fassungsrandes. Auf diese Weise ergeben sich genauere Modelle, da alle drei Raumrichtungen bestimmt werden können. Es ist jedoch auch die Verwendung von 2D-Datensätzen, welche den Verlauf der FassungsRänder nur in einer Ebene beschreiben, möglich.

Durch das Heranziehen der Vielzahl von Datensätzen kann insbesondere erreicht werden, dass das parametrische Fassungsrandmodell keine „untypischen“ Fassungsrandverläufe zulässt, z.B. keine FassungsRänder, die abgeschnittenen Brillengläsern, nicht symmetrischen Brillengläsern, oder Brillengläsern mit Glasrändern, die eine Ausbeulung oder Einstülpung, also eine hohe Krümmung aufweisen, entsprechen.

Die Datensätze liegen bevorzugt als 3D-Datensätze vor, d.h. Datensätze, welche den Verlauf des jeweiligen Fassungsrandes dreidimensional beschreiben. Insbesondere können die Datensätze als Punktwolken mit einer Vielzahl von Messpunkten, welche auf dem Fassungsrand liegen, vorliegen. Falls nur 2D-Datensätze vorhanden sind (d.h. Beschreibungen des Fassungsrandes in einer Ebene), beispielsweise weil ein Tracer nur 2D-Datensätze liefert, kann durch Approximation von Brillengläsern, die von dem Fassungsrand umrandet werden, als

- Ebenen oder Paraboloiden oder ähnliche 3D-Modelle, hieraus ein dreidimensionaler Datensatz erzeugt werden. Hierzu können beispielsweise bei einer Ausführungsform typische Werte für Zentrierparameter wie der Vorneigungswinkel (gemäß 5.18 der DIN EN ISO 13666:2012) und der Fassungsscheibenwinkel (gemäß 17.3 der DIN EN ISO 13666:2012) bestimmt werden.
- 5 Diese Bestimmung kann aus Bestellstatistiken für Brillengläser erfolgen, indem Mittelwerte, Mediane oder ähnliche Merkmale von Verteilungen für Vorneigungswinkel und Fassungsscheibenwinkel über eine Vielzahl von Brillengläsern ermittelt werden. Alternativ können auch einfach typische Werte für diese Parameter angenommen werden. Zudem kann eine Symmetrie von zwei Ebenen, Paraboloiden oder ähnlichen 3D-Modellen, in denen die
- 10 Brillengläser liegen, zueinander angenommen werden. Mit Vorneigungswinkel, Fassungsscheibenwinkel und der Annahme der Symmetrie ergibt sich dann die Lage der zwei Ebenen (z.B. definiert durch Normalenvektoren auf den Ebenen und Aufpunkte für die Normalenvektoren), in die dann die 2D-Datensätze hineinprojiziert werden.
- 15 Auch wenn 3D-Datensätze und entsprechend 3D-Fassungsrandmodelle bevorzugt sind, ist mit dem erfindungsgemäßen Verfahren auch eine Bereitstellung eines 2D-Modells auf Basis von 2D-Datensätzen möglich. Dies kann bei manchen Anwendungen ebenfalls vorteilhaft sein. So sind 2D-Datensätze kleiner (weniger Daten) als entsprechende 3D-Datensätze, und 2D-Modelle weisen wegen der geringeren Dimensionalität in den meisten Fällen weniger Parameter auf, so
- 20 dass Optimierungsverfahren unter Verwendung des 2D-Modells, z.B. wenn das Modell an einen Fassungsrand in einem Bild angepasst wird wie später beschrieben, eine geringere Komplexität aufweisen. Bei manchen Anwendungen, z.B. beim Identifizieren eines Fassungsrandes in einem einzelnen Bild, wird auch nur ein 2D-Modell benötigt.
- 25 Das Bereitstellen des parametrischen Fassungsrandmodells kann bei einer Variante ein Berechnen des parametrischen Fassungsrandmodells aus der Vielzahl von Datensätzen umfassen. Hier wird also die Vielzahl von Datensätzen als Grundlage für eine Neuerstellung eines parametrischen Fassungsrandmodells verwendet. Ein Beispiel hierfür ist ein maschinelles Lernen auf Basis der Vielzahl von Datensätzen. Maschinelles Lernen ist im Überblick in dem
- 30 Wikipedia-Artikel „Maschinelles Lernen“ vom 17. Januar 2017 erläutert und ist ein Oberbegriff für die künstliche Generierung von Wissen aus Erfahrung. In dem vorliegenden Beispiel stellt die Vielzahl von Datensätzen die Erfahrung dar, und das parametrische Fassungsrandmodell stellt das generierte Wissen dar. Der genannte Wikipedia-Artikel gibt auch einen Überblick über verschiedene Ansätze und Algorithmen, welche hier zum Einsatz kommen können.

Eine mögliche Herangehensweise zur Berechnung des parametrischen Fassungsrandmodells aus der Vielzahl von Datensätzen ist die Anwendung einer Hauptkomponentenanalyse. Die Hauptkomponentenanalyse oder englisch „Principle Component Analysis“ (PCA) ist ein Verfahren der multivariaten Statistik, bei der eine Vielzahl sogenannter „Hauptkomponenten“
5 erstellt wird, wobei die Datensätze dann als Summe aus einem Mittelwert und einer Linearkombinationen dieser Hauptkomponenten dargestellt werden können. Hierzu wird beispielsweise zunächst der Mittelwert aus der Vielzahl von Datensätzen bestimmt und von den Datensätzen abgezogen. Aus dem Ergebnis werden dann die Hauptkomponenten bestimmt. Die Hauptkomponenten sind dabei orthogonal zueinander. Dies bedeutet, dass die Darstellung
10 jedes Datensatzes eindeutig ist, d.h. dass die jeweilige Linearkombination eindeutige Koeffizienten aufweist. Diese Koeffizienten einer derartigen Linearkombination der Hauptkomponenten stellen dann die Parameter des parametrischen Fassungsrandmodells dar. Ein Vorteil der Hauptkomponentenanalyse ist auch, dass durch sie die Dimension des Modellraums so minimiert werden kann, dass möglichst wenig Information verloren geht. Die
15 Dimension des Modellraums ist gleich der Anzahl der Parameter des Modells und im Falle der Hauptkomponentenanalyse die Anzahl der Hauptkomponenten (ein Koeffizient für jede Hauptkomponente). Genauer beschrieben ist die Hauptkomponentenanalyse beispielsweise in dem Artikel „Hauptkomponentenanalyse“ auf Wikipedia vom 17. Januar 2017.

20 Die Hauptkomponentenanalyse kann zudem benutzt werden, um – ähnlich einem Filtern wie weiter unten beschrieben – ein Rauschen oder andere Artefakte zu entfernen. Die Hauptkomponenten, die sich aus der obigen Hauptkomponentenanalyse ergeben, beschreiben typische Kurvenverläufe von Fassungsändern, deren Linearkombinationen als Approximationen der ursprünglichen durch die Vielzahl von Datensätzen definierten
25 Fassungsänder dienen kann. Die Koeffizienten der Hauptkomponenten für einen konkreten Fassungsrand werden ermittelt, indem eine durch den jeweiligen Fassungsrand definierte Kurve auf die Hauptkomponenten projiziert wird. Durch das Weglassen von Hauptkomponenten mit geringer Bedeutung (kleiner Koeffizient, entspricht einer kleinen Varianz des jeweiligen Datensatzes des jeweiligen Fassungsrandes entlang dieser Hauptkomponente) können die
30 Rauschanteile eliminiert werden. Deshalb kann die Darstellung der Fassungsänder mittels Hauptkomponentenanalyse durch Weglassen solcher Hauptkomponenten auch eine Filterfunktion erfüllen.

Als Alternative kann eine Unabhängigkeitsanalyse (englisch „Independent Component Analysis, ICA) verwendet werden, die beispielsweise in dem Artikel „Unabhängigkeitsanalyse“ auf
35 Wikipedia vom 20. Januar 2017 beschrieben ist. Bei dieser Art der Analyse ergeben sich

ebenfalls Komponenten, die als Linearkombination summiert zu einem Mittelwert die Datensätze darstellen können. Die Komponenten sind hier jedoch nicht orthogonal, so dass es zumindest teilweise mehrere Möglichkeiten (d.h. mehrere Sätze von Koeffizienten) gibt, einen Datensatz darzustellen. Auch hier stellen die Koeffizienten der Linearkombination die Parameter des parametrischen Fassungsrandmodells dar.

Bei dem zweiten Erfindungsaspekt, optional auch beim ersten oder vierten Erfindungsaspekt, umfasst das Bereitstellen des parametrischen Fassungsrandmodells ein Berechnen von Wahrscheinlichkeitsverteilungen für Parameter eines vorgegebenen parametrischen Fassungsrandmodells auf Basis der Vielzahl von Datensätzen. Bei dieser Variante wird also kein parametrisches Fassungsrandmodell völlig neu erstellt, sondern es wird zunächst ein parametrisches Fassungsrandmodell vorgegeben. Ein einfaches Beispiel für ein derartiges Modell sind zwei zu einer Mittelebene symmetrische Ebenen, wobei jede Ebene näherungsweise die Lage eines Brillenglases beschreibt. Anstelle der Ebenen sind auch Formen höherer Ordnung möglich, beispielsweise quadratische oder kubische Splines mit zugehörigen Parametern. Splines sind dabei Funktionen, die stückweise aus quadratischen, kubischen oder Funktionen noch höherer Ordnung zusammengesetzt sind derart, dass die Übergänge stetig oder stetig differenzierbar sind. Splines sind beispielsweise in dem Wikipedia-Artikel „Spline“ vom 17. Januar 2017 beschrieben. Zusätzlich können auch die Fassungsränder dann über parametrische geometrische Formen innerhalb der Ebenen weiter beschrieben werden. Ein einfaches Beispiel hierfür sind Ellipsen, welche beispielsweise durch die Länge der großen Halbachsen, üblicherweise mit a bezeichnet, und der kleinen Halbachsen, üblicherweise mit b bezeichnet, als Parameter charakterisiert werden können. Dabei ist die Hauptachse, welche aus den großen Halbachsen gebildet ist, diejenige Achse, die durch die Brennpunkte der Ellipse verläuft, und die Nebenachse, welche aus zwei kleinen Halbachsen gebildet wird, steht senkrecht dazu.

Für diese Parameter können dann Wahrscheinlichkeitsverteilungen erstellt werden. Hierzu kann das vorgegebene parametrische Fassungsrandmodell beispielsweise an jeden der Datensätze angepasst (gefittet) werden, um jeweilige Parameterwerte für den Datensatz zu erhalten. Ein derartiges Anpassen kann beispielsweise mit der Methode der kleinsten Quadrate (siehe Wikipedia-Artikel „Methode der kleinsten Quadrate“ vom 17. Januar 2017) oder auch mit anderen herkömmlichen Fit-Verfahren geschehen. Auf diese Weise werden Parameterwerte für die Vielzahl von Datensätzen erhalten, die dann statistisch ausgewertet werden können. Beispielsweise können Mittelwert und Standardabweichung für jeden der Parameterwerte angegeben werden. Durch diese Vorgehensweise können beliebige Verteilungen der

Parameterwerte erfasst und analysiert werden, und es besteht keine Beschränkung auf eine vorgegebene Verteilung wie eine Gauß-Verteilung. Die statistische Auswertung kann dabei in einfacher Weise mittels eines Histogramms erfolgen, wie beispielsweise im Wikipedia-Artikel „Histogramm“, Stand 11. Dezember 2017, beschrieben.

5

Diese Wahrscheinlichkeitsverteilungen können dann bei einer späteren Verwendung des Modells zur schnelleren Anpassung des parametrischen Fassungsrandmodells an einen konkreten Fassungsrand (beispielsweise einen in einem Bild identifizierten Fassungsrand) verwendet werden, indem Anpassungsverfahren verwendet werden, die die statistische

10 Verteilung mit berücksichtigen. Derartige Optimierungsverfahren, die Wahrscheinlichkeitsverteilungen über die zu optimierenden Parameter mitberücksichtigen, umfassen beispielsweise Markov-Chain-Monte-Carlo-Verfahren (MCMC-Verfahren). Derartige Optimierungsverfahren sind beispielsweise in Christopher Bishop, „Pattern Recognition and Machine Learning“, Springer Verlag 2006, ISBN-10: 0-387-31073-8 beschrieben. Diese

15 Verfahren schätzen optimale Parameter eines Modells, indem die einzelnen Parameter zufällig entsprechend ihrer Wahrscheinlichkeitsverteilung gewählt werden und dann bewertet wird, wie gut das daraus resultierende konkrete Modell (d.h. das Modell mit den so gewählten Parametern) auf die Daten passt. Dies wird sehr oft wiederholt, z.B. mehr als 10000-mal oder mehr, wobei die Wiederholungszahl auch vom jeweils gewählten Verfahren und dessen

20 Implementierung abhängt. Als Ergebnis erhält man eine Wahrscheinlichkeitsverteilung über Modellparametersätze (also über alle Parameter zusammen), aus der z.B. der Parametersatz mit der höchsten Wahrscheinlichkeit als „best fit“, d.h. als angepasstes Modell, ausgewählt werden kann oder alternativ z.B. der Mittelwert oder Median der Verteilung: Insbesondere können so auch Wahrscheinlichkeitsverteilungen von Parametern der oben erwähnten

25 parameterfreien Modelle bestimmt werden.

Bei dem dritten Erfindungsaspekt, optional auch beim ersten oder vierten Erfindungsaspekt, umfasst das Bereitstellen des parametrischen Fassungsrandmodells ein Bereitstellen der Vielzahl von Datensätzen oder einer aus der Vielzahl von Datensätzen abgeleitete Vielzahl von

30 weiteren Datensätzen als das Modell, wobei ein Parameter des parametrischen Fassungsrandmodells dann einen Datensatz der Vielzahl von Datensätzen oder der Vielzahl von weiteren Datensätzen angibt. Hier werden also die Datensätze oder davon abgeleitete weitere Datensätze direkt als Modell verwendet, und ein Parameter gibt einen jeweiligen Datensatz, beispielsweise eine Nummer des Datensatzes an. Aus diese Weise ist keine

35 aufwändige Verarbeitung der Datensätze beispielsweise mittels Hauptkomponentenanalyse nötig, um das Modell zu erstellen. Bei einem derartigen parametrischen Fassungsrandmodell

kann dann zu einer Anpassung beispielsweise an einen in einem Bild gefundenen Fassungsrand derjenige Datensatz ausgewählt werden, der dem Fassungsrand im Bild am nächsten kommt (beispielsweise wiederum mittels der Methode der kleinsten Quadrate). Abgeleitete weitere Datensätze sind dabei Datensätze, die aus der Vielzahl von Datensätzen durch Anwendung mathematischer Operationen wie den nachstehend erläuterten Transformationen erhalten werden.

Bei dem vierten Erfindungsaspekt, optional auch bei den anderen Erfindungsaspekten, umfasst das Bereitstellen des parametrischen Fassungsrandmodells ein Transformieren der Vielzahl von Datensätzen. Auf diese Weise wird eine Vielzahl von transformierten Datensätzen erhalten. Unter einer Transformation eines Datensatzes ist dabei die Anwendung einer Operation auf den Datensatz zu verstehen, welche den Datensatz in einer andere Form, d.h. einen jeweiligen weiteren Datensatz, überführt, wobei die Information des Datensatzes über die Geometrie des Fassungsrandes zumindest näherungsweise erhalten bleibt. Derartige Transformationen können insbesondere der Normierung oder Umparametrisierung dienen, um die Vielzahl von Datensätzen gleichsam in ein einander entsprechendes Format zu bringen. Eine Umparametrisierung ist dabei ein Wechsel der Parameter und/oder Werte (z.B. Koordinaten), die den Fassungsrand beschreiben, wie ein Wechsel eines verwendeten Koordinatensystems oder ein Wechsel einer Basis wie z.B. eines Bezugspunkts eines verwendeten Koordinatensystems. Konkrete Beispiele werden weiter unten erläutert.

Hierzu kann die Transformation bei einer ersten Variante des vierten Erfindungsaspekts, optional auch bei anderen Erfindungsaspekten, eine Koordinatentransformation umfassen. Bei einer Koordinatentransformation werden in einem ersten Koordinatensystem vorliegende Daten in ein zweites Koordinatensystem überführt. Durch derartige Koordinatentransformationen können dabei in verschiedenen ersten Koordinatensystemen vorliegende Datensätze in ein gemeinsames zweites Koordinatensystem transformiert werden, und/oder die Datensätze können in ein für eine spätere Verarbeitung besser geeignetes Koordinatensystem überführt werden. So können in kartesischen Koordinaten $((x, y)$ in 2D bzw. (x, y, z) in 3D) vorliegende Datensätze in Polarkoordinaten (φ, r) (in 2D) oder Kugelkoordinaten (φ, ψ, r) (in 3D) überführt werden. Zudem können mittels einer Koordinatentransformation die Koordinatensysteme der Datensätze auf einander entsprechende Bezugspunkte gebracht werden. Beispielsweise kann der Mittelpunkt eines Abschnitts des Fassungsrandes für ein Brillenglas als Bezugspunkt dienen, wobei als Mittelpunkt insbesondere der geometrische Schwerpunkt verwendet werden kann. Bei anderen Ausführungsformen kann auch ein Mittelpunkt zwischen den Fassungsrandteilen für die beiden Brillengläser als Bezugspunkt dienen. Zudem kann mittels

der Koordinatentransformation eine Drehung erfolgen, um die Datensätze in gleicher Richtung auszurichten. So kann beispielsweise eine horizontale Richtung, welche die Mittelpunkte nach Kastensystem (5.4 DIN EN ISO 13666 aus 10/2013) von rechten und linken Brillengläsern in der jeweiligen Brillenfassung verbindet, als x-Achse definiert werden, und Richtungen senkrecht dazu als y- und z-Achse. Beispielsweise kann ein Mittelwert der beiden Normalen der die Brillengläser approximierenden Ebenen als z-Achse (bei Datensätzen, die beide Abschnitte des Fassungsrandes beschreiben, für eines der Brillengläser, z.B. das linke) und eine Richtung senkrecht hierzu als y-Achse definiert werden, wobei die Brillengläser durch die Datensätze definiert werden. Durch Drehungen werden dann sämtliche Datensätze der Vielzahl von Datensätzen in dieses Koordinatensystem ausgerichtet.

Zudem kann die Transformation bei einer zweiten Variante des vierten Erfindungsaspekts, optional auch bei anderen Erfindungsaspekten, auch ein Neuabtasten (im Englischen als „resampling“ bezeichnet) der durch die Datensätze definierten Fassungsränder umfassen, bei welcher die durch die Datensätze definierten Geometrien beispielsweise in Polarkoordinaten mittels konstanter Winkelschritte um einen gemeinsamen Bezugspunkt abgetastet werden. Der Bezugspunkt kann dabei wie oben erläutert gewählt werden. Auf diese Weise werden die Datensätze hinsichtlich ihrer Darstellung vereinheitlicht, was die nachfolgende weitere Verarbeitung, beispielsweise die Anwendung von Maschinenlernverfahren wie oben erläutert, vereinfacht. Ein derartiges Neuabtasten ist ein Beispiel für eine Umparametrisierung.

Das Transformieren umfasst bei einer dritten Variante des vierten Erfindungsaspekts, optional auch bei anderen Erfindungsaspekten, eine Filterung der Datensätze mit einem Tiefpassfilter umfassen, um eine Glättung der von den Datensätzen definierten Fassungsrandgeometrien zu bewirken. Unter einer Filterung ist dabei eine Transformation von Datensätzen in dem oben genannten Sinn zu verstehen, durch welche Rauschen oder andere Messartefakte, die bei der Erstellung der Datensätze auftraten, reduziert oder eliminiert werden, d.h. ein Teilaspekt des Signals wird teilweise oder vollständig unterdrückt. Beispiele für eine derartige Filterung umfassen eine Gauß-Filterung (vergleiche den Wikipedia-Artikel „Gauß-Filter“ Stand 18. Januar 2017) oder eine Fourier-Filterung. Bei einer Fourier-Filterung wird auf den Datensätzen eine Fourier-Transformation von dem Ortsraum in den Frequenzraum durchgeführt, und zur Tiefpassfilterung dann hochfrequente Anteile des sich ergebenden Frequenzspektrums gedämpft, d.h. reduziert. Für diese Fourier-Filterung können zwei Dimensionen der Daten von Punkten der Datensätze (beispielsweise x- und y-Koordinaten von Punkten der Datensätze) als komplexe Zahlen dargestellt werden, indem die x-Koordinate den Realteil und die y-Koordinate den Imaginärteil angibt). Bei dreidimensionalen Datensätzen kann die dritte Dimension (in

diesem Fall die z-Koordinate) separat gefiltert werden. Dabei kann die Periodizität der Fourier-Basis für die Fouriertransformation ausgenutzt werden. Auch eine Gauß-Filterung im Frequenzraum ist möglich, wobei hier die 3 Dimensionen unabhängig voneinander gefiltert werden können und die Periodizität ausgenutzt werden kann, indem eine periodische

5 Fortsetzung am Anfang und am Ende erfolgt.

Danach kann eine Rücktransformation (inverse Fourier-Transformation) erfolgen. Bei anderen Ausführungsbeispielen kann auch eine weitere Verarbeitung, beispielsweise die oben erwähnte Berechnung des Modells, im Frequenzraum erfolgen und beispielsweise erst danach eine

10 Rücktransformation erfolgen.

Durch die Filterung kann ein nachfolgendes Bereitstellen des parametrischen Fassungsrandmodells erleichtert werden, da derartige Messartefakte oder Rauschen dann in dem Fassungsrandmodell nicht berücksichtigt werden müssen.

15

Das Transformieren umfasst bei einer vierten Variante des vierten Erfindungsaspekts, optional auch bei anderen Erfindungsaspekten, eine Approximation der Datensätze durch parametrische Kurven. Parametrische Kurven sind Kurven, welche durch Parameter beschrieben werden. Ein Beispiel für derartige parametrische Kurven sind die bereits erwähnten Splines. Diese Kurven

20

werden bei derartigen Ausführungsformen an jeden der Datensätze angepasst, beispielsweise wiederum mittels der Methode der kleinsten Quadrate, sodass letztendlich jeder Datensatz dann durch die jeweiligen Parameter, beispielsweise Spline-Koeffizienten, charakterisiert ist. Dies führt zu einer Glättung, da gleichsam glatte Kurven durch die Datensätze definierten Punkte gelegt werden.

25

Auf diese Weise werden die Datensätze in eine Darstellung mit weniger Freiheitsgraden (nur noch die Parameterwerte) reduziert, was einen Rechenaufwand bei einer nachfolgenden Verarbeitung zum Bereitstellen des parametrischen Fassungsrandmodells vereinfachen kann.

30

Ein derartiges Anpassen von parametrischen Kurven ist ein weiteres Beispiel für eine Umparametrisierung.

Ein Beispiel einer derartigen nachfolgenden Verarbeitung ist eine Bildanalyse. Für eine derartige Bildanalyse wird erfindungsgemäß ein Verfahren bereitgestellt, umfassend: Bereitstellen mindestens eines Bildes zumindest eines Teils eines Kopfes, welcher eine

35

Brillenfassung trägt,

Bereitstellen eines parametrischen Fassungsrandmodells, welches mit einem der oben diskutierten Verfahren erstellt wurde, und
Analysieren des mindestens einen Bildes unter Verwendung des parametrischen Fassungsrandmodells.

5

Unter der Analyse des Bildes ist dabei eine Verarbeitung des Bildes zu verstehen, welche dazu beiträgt, letztendlich Informationen aus dem mindestens einen Bild zu erhalten.

10

Ein Beispiel für derartige Informationen ist die Detektion des Fassungsrandes in einem oder mehreren Bildern, die bevorzugt aus verschiedenen Richtungen aufgenommen werden. Diese Detektion nennt man auch Segmentierung. Unter einem Segmentieren wird allgemein das Identifizieren bestimmter Bildbestandteile verstanden. Sie wird erheblich erleichtert, wenn ein Fassungsrandmodell vorliegt, dessen Parameter angepasst werden müssen, da nur spezielle sinnvolle Verläufe der Kurve im Bild überhaupt darstellbar sind. Ohne so ein Modell ist es

15

schwierig, eine Kurve zu finden, die den charakteristischen Eigenschaften eines Brillenglasrandes bzw. zweier Brillenglasränder genügt, z.B. die Symmetrie der beiden im Bild detektierten Gläser ist in einem 3D-Fassungsmodell natürlicherweise gegeben. Im Gegensatz dazu ist es schwierig, die Symmetrie der beiden Brillengläser in einem Bild-

20

Segmentierungsverfahren zu erreichen, denn perspektivische Verzerrungen bei der Abbildung des 3D-Fassungsrandes ins Bild führen zu unsymmetrischen 2D-Konturen. Durch die Detektion des Fassungsrandes können dann Zentrierparameter bestimmt werden, wie Eingangs unter Bezugnahme auf die DE 10 2011 115 239 B4 erläutert.

25

Ein weiteres Beispiel für Informationen ist deshalb auch die konkrete Bestimmung der Parameter des parametrischen Fassungsrandmodells, die durch eine Detektion des Fassungsrandes in einem oder mehreren Bildern und Anpassen des Fassungsrandmodells an den detektierten Fassungsrand erhalten werden können. Bei der Verwendung von mehreren Bildern werden diese bevorzugt aus mehreren Richtungen aufgenommen, was die Genauigkeit der Detektion des Fassungsrandes erhöht. Aus diesen Parametern können auch weitere

30

Parameter berechnet werden, die eine Translation, Rotation, Skalierung etc. des Fassungsrandmodells zur Anpassung an das Bild beschreiben. Sind die konkreten Parameter des Fassungsrandmodells bekannt, ist die Lage der Fassung im Raum bestimmt.

35

Nach der eingangs erläuterten Definition des Fassungsrandes auch für fassungslose Brillen und Brillen mit Teilfassungen ist mit der Lage des Fassungsrandes auch eine Repräsentation eines Randes eines entsprechenden in die Fassung einzusetzenden Brillenglases bekannt und kann

somit bestimmt werden. Somit kann auch eine derartige Repräsentation eines Randes eines Brillenglases wie oben für die Detektion des Fassungsrandes erläutert bestimmt werden.

5 Unter der Repräsentation des Rands eines Brillenglases versteht die Erfindung eine Repräsentation des in der Norm EN ISO 13666:2012 (D/E) in Abschnitt 13.1 aufgeführten Tragrands des Brillenglases.

10 Eine Repräsentation des Rands eines Brillenglases ist ein Datensatz, aus dem sich der dreidimensionale Verlauf des dem Brillenträger abgewandten Tragrands des Brillenglases gegebenenfalls auf der Grundlage von zusätzlichen das Brillenglas beschreibenden Größen eindeutig bestimmen lässt. Eine Repräsentation des Rands eines Brillenglases kann z. B. die von der Projektion des Rands des Brillenglases in der Bildebene eines Bildsensors einer Bildaufnahmeeinrichtung umgebene Fläche sein, in die das Brillenglas für die Bilderfassung abgebildet wird.

15 Bei einer Vollrandbrille entspricht der Tragrand eines Brillenglases einem Brillenfassungsinnenrand. Bei einer Teilrandbrille ist unter dem Tragrand eines Brillenglases zum einen der dem Brillenfassungsinnenrand entsprechende Rand eines Brillenglases und der nicht an die Brillenglasfassung angeschlossene Glasaußenrand zu verstehen. Der Tragrand eines Brillenglases in einer randlosen Brille ist der Glasaußenrand.

20 Daraus können dann die fassungsspezifischen Zentrierparameter bestimmt werden, z.B. die Vorneigung oder der Fassungsscheibenwinkel. Ist zusätzlich noch die Lage der Augen im Raum bekannt, können die Zentrierparameter vollständig bestimmt werden.

25 Dementsprechend wird auch ein Verfahren zum Zentrieren eines Brillenglases in einer Brillenfassung bereitgestellt, dadurch gekennzeichnet, dass in einem Schritt (i) zu dem Brillenglas Zentrierparameter bestimmt werden, wobei das Bestimmen der Zentrierparameter das Ermitteln der Repräsentation des Rands des Brillenglases mit dem Verfahren wie oben beschrieben umfasst und in einem Schritt (ii) das Brillenglas mit den in Schritt (i) bestimmten Zentrierparametern in der Brillenfassung zentriert wird.

30 Des Weiteren wird ein Verfahren zum Einschleifen eines Brillenglases in eine Brillenfassung bereitgestellt, dadurch gekennzeichnet, dass in einem Schritt (i) zu dem Brillenglas Zentrierparameter bestimmt werden, wobei das Bestimmen der Zentrierparameter das Ermitteln der Repräsentation des Rands des Brillenglases mit dem Verfahren wie oben beschrieben

umfasst; und in einem Schritt (ii) das Brillenglas basierend auf den in Schritt (i) bestimmten Zentrierparametern für eine Anordnung in der Brillenfassung eingeschliffen wird.

5 Schließlich wird auch ein Verfahren zum Herstellen eines Brillenglases, gekennzeichnet durch den Verfahrensschritt Einschleifen des Brillenglases wie oben beschrieben.

So kann mittels der erfindungsgemäßen Fassungsrandmodelle ein Zentrieren, Einschleifen und Herstellen eines Brillenglases erfolgen, ohne dass wie bei der eingangs zitierten DE 10 2011 115 239 B4 der Arbeitsablauf des Optikers geändert werden muss.

10

Nach der Detektion des Fassungsrandes in dem Bild mittels des Fassungsrandmodells können auch Brilleneigenschaften aus dem Bild als Informationen bestimmt werden, z. B. Farbe, Form oder Größe der Brille.

15 Sind die konkreten Parameter des 3D-Fassungsmodells bekannt oder zuvor geschätzt worden, können als Informationen auch Kameraparameter aus der Identifikation des Fassungsrandes in einem oder mehreren Bildern gewonnen werden, z.B. die extrinsischen Parameter (eine Lage) einer verwendeten kalibrierten Kamera oder die intrinsischen und extrinsischen Kameraparameter einer unkalibrierten Kamera zusammen. Dies kann insbesondere bei
20 Anwendungen hilfreich sein, bei denen mobile Vorrichtungen wie Smartphones oder Tablets zur Bildaufnahme verwendet werden, deren Lage im Raum nicht festgelegt ist. Alternativ können auch sowohl die Parameter des 3D-Fassungsmodells als auch die Kameraparameter gleichzeitig bestimmt werden, z.B. durch Lösen eines Optimierungsproblems.

25 Unter den Kameraparametern einer Kamera werden dabei extrinsische Parameter, d.h. Parameter, die sich nicht aus den Eigenschaften der Kamera selbst ergeben, wie die relative Ausrichtung im Raum, d. h. die relative Ausrichtung der optischen Achse der Kamera zu anderen Objekten, als auch die intrinsischen Parameter der Kamera verstanden, also die Eigenschaften der Kamera selbst. Ein Beispiel für solche intrinsischen Parameter sind
30 Parameter die definieren, wie die Koordinaten eines Punkts im Raum in einem zur Kamera referenzierten Koordinatensystem in die Koordinaten des in der Bildebene des Bildsensors liegenden Bildpunkts dieses Punkts überführt werden. Eine ausführliche Beschreibung der Kalibrierung von Kameras, bei der derartige Kameraparameter bestimmt werden, findet sich z. B. auf S. 8 in dem Lehrbuch "Multiple View Geometry in Computer Vision" von Richard
35 Hartley und Andrew Zisserman, 2. Auflage, Cambridge University Press 2004.

- Erhaltene Informationen können auch zur Veränderung oder Verbesserung des Bildes dienen. So können nach Bestimmung der Parameter des Fassungsrandmodells Artefakte aus dem Bild entfernt werden, z.B. ein Schatten, den die Brille in dem Bild auf den Kopf wirft, durch Projektion des Fassungsrandes auf den Kopf in Abhängigkeit von der Position einer gegebenen
- 5 Lichtquelle und anschließendes Inpainting (Reparieren der Textur) in diesem Bereich. Ebenso kann die Fassung aus den Bildern entfernt werden, indem das Fassungsmodell entsprechend den Kameraabbildungseigenschaften in die Bilder projiziert wird und die daraus folgende Kontur aus den Bildern entfernt und durch Inpainting repariert wird.
- 10 Durch die Verwendung des parametrischen Fassungsrandmodells bei der Analyse kann die Analyse vereinfacht werden, wofür nachstehend Beispiele erörtert werden.

- Das Bereitstellen des mindestens einen Bildes kann beispielsweise ein Aufnehmen eines oder mehrerer Bilder mit einer oder mehreren Kameras umfassen, welche in einer festen Geometrie
- 15 angeordnet sind. Bei mehreren Kameras mit fester Geometrie oder einer einzigen Kamera, die relativ zu dem Kopf eine vorgegebene (und somit bekannte) oder auch beliebige Bewegung ausführt, um den Kopf aus verschiedenen Richtungen aufzunehmen, ermöglicht dies insbesondere eine Triangulation des Kopfes, d.h. ein Bestimmen einer dreidimensionalen Kontur des Kopfes. Eine derartige Bildaufnahme wird beispielsweise auch in der eingangs
- 20 erwähnten DE 10 2011 115 239 A1 beschrieben.

- Für die Bildanalyse unter Verwendung des parametrischen Fassungsmodells gibt es verschiedene Möglichkeiten. So kann das parametrische Fassungsmodell verwendet werden, um ein Segmentieren des mindestens einen Bildes, insbesondere ein Identifizieren des
- 25 Fassungsrandes in dem mindestens einen Bild, zu erleichtern.

- Zu bemerken ist, dass bei der Segmentierung des Fassungsrandes zwei Hauptprobleme auftreten. Zum einen können Fassungskanten schlecht oder gar nicht identifizierbar sein (z.B. bei randlosen Brillenfassungen oder bei Brillenfassungen mit Farben, die der Hautfarbe ähneln).
- 30 Dies kann dazu führen, dass Kanten nur unvollständig identifiziert werden. Zum anderen können im Bild vorhandene Kanten fälschlicherweise als Fassungskanten identifiziert werden (z.B. wenn durch den äußeren Rand der Brille die Haare oder der Hintergrund zu sehen sind, entstehen starke Kanten zur Hautfarbe des Gesichts, die leicht mit der Fassungskante verwechselt werden). Um unvollständige Kanten korrekt zu schließen und/oder um falsche
- 35 Kanten auszuschließen, kann das parametrische Fassungsmodell herangezogen werden, da das parametrische Fassungsrandmodell keine untypischen Fassungsrandverläufe zulässt (z.B.

abgeschnittene Gläser, nicht symmetrische Gläser, Glasränder mit Ausbeulung oder Einstülpung, also mit hoher Krümmung etc.)

- Bei einer solchen Segmentierung kann bei einer Ausführungsform im Falle eines 2D-Fassungsrandmodells der Raum der möglichen Lösungen für den in dem Bild zu identifizierenden Fassungsrand auf die durch das parametrische Fassungsmodell vorgegebenen Möglichkeiten eingeschränkt werden, d.h. es wird von vornherein nur nach Fassungsändern in dem Bild gesucht, welche von dem parametrischen Fassungsmodell beschreibbar sind. Bei einem 3D-Fassungsrandmodell werden bei einer Ausführungsform Kamera-Kalibrierungsdaten herangezogen. Die Kamera-Kalibrierungsdaten beschreiben eine Abbildungsvorschrift von (dreidimensionalen) Punkten im Raum auf ein von einer für die Aufnahme des mindestens einen Bildes benutzten Kamera aufgenommenen Bildes. Mit Hilfe dieser Kamera-Kalibrierungsdaten kann das parametrische Fassungsrandmodell in das Bild projiziert werden und zur Identifizierung von Kanten des Fassungsrandes verwendet werden. Unter einer Projektion wird dabei eine Abbildung eines 3D-Modells in ein 2D-Bild verstanden. Wenn keine Kalibrierungsdaten vorliegen sollten, kann bei manchen Ausführungsformen das Fassungsrandmodell in das mindestens eine Bild projiziert werden, z.B. indem die obenerwähnte Abbildungsvorschrift mitoptimiert oder in einem ersten Schritt geschätzt wird.
- Das mindestens eine Bild kann auch mehrere Bilder umfassen, welche aus verschiedenen Richtungen aufgenommen werden, z.B. als Stereobildaufnahme. Mittels Triangulation kann hieraus gemäß aus der Stereobildaufnahme bekannten Rechenschritten ein 3D-Bild berechnet werden, in dem das 3D-Fassungsrandmodell dann zur Identifizierung des Fassungsrandes verwendet werden kann. Mit dem Identifizieren des Fassungsrandes in dem Bild sind dann auch die Parameter des parametrischen Fassungsrandmodells für diesen Fassungsrand bekannt, z.B. wenn das Segmentieren und das Bestimmen der Parameter in einem gemeinsamen Optimierungsverfahren erfolgt. Das parametrische Fassungsrandmodell mit den so bestimmten Parametern kann dann z.B. zur Bestimmung von Zentrierparametern verwendet werden, wie weiter unten kurz erläutert wird.
- Liegen wie oben erläutert Wahrscheinlichkeitsverteilungen für die Parameter des parametrischen Fassungsrandmodells vor, können diese ebenso herangezogen werden, indem beispielsweise bei der Bildanalyse zunächst von einem Mittelwert des Parameters ausgegangen wird. Dieser Wert kann dann sequentiell verbessert werden, z.B. innerhalb eines MCMC-Verfahrens, in dem jeweils ein Parametersatz entsprechend der Verteilungen der einzelnen Parameter zufällig gewählt wird und dann der Abstand der ins Bild projizierten

Fassungskanten mit den im Bild z.B. mittels eines Kantendetektors detektierten Kanten berechnet wird. Dieses Verfahren wird sehr häufig wiederholt und führt dadurch auf eine Verteilung über Parameter mit zugehörigen Abständen. Am Ende kann dann der Parametersatz mit dem kleinsten Abstandswert als bester gewählt werden.

5

Alternativ kann der Mittelwert des Parameters als Initialwert in einem Optimierungsproblem herangezogen werden, z.B. innerhalb eines Gradientenabstiegsverfahrens.

Zur Verbesserung der Identifizierung des Fassungsrandes kann bei einer anderen
10 Ausführungsform auch eine Abweichung eines aus dem mindestens einen Bild ermittelten Fassungsrand von dem parametrischen Fassungsrandmodell einbezogen werden, beispielsweise in Form eines Strafterms in einer Kostenfunktion zur Bestimmung des Fassungsrandes in dem mindestens einen Bild. Der Strafterm wird dann umso größer, je weiter ein momentan identifizierter Fassungsrand von dem parametrischen Fassungsrandmodell
15 entfernt ist. Dies stellt also einen Zusatz in bestehenden Optimierungsverfahren dar, beispielsweise in einem MCMC-Verfahren oder Gradientenabstiegsverfahren, Graph Cut Verfahren, Markov Random Field Optimierungverfahren und dergleichen. Derartige Optimierungsverfahren sind beispielsweise in Christopher Bishop, „Pattern Recognition and Machine Learning“, Springer Verlag 2006, ISBN-10: 0-387-31073-8 beschrieben.

20

Hierfür werden bei einer Ausführungsform mögliche Fassungsränder mathematisch, z.B. als Folge von Punkten oder auch als ein in die Brillenfassung einzusetzendes Brillenglas beschreibende Binärfunktion auf dem Bild mit einem Argument der Funktion z.B. zwischen 0 (außerhalb des Brillenglases) und 1 (innerhalb des Brillenglases) beschrieben. Die Menge
25 möglicher Fassungsränder stellt dabei eine Fassungsrandfunktionenschar dar. Um den Fassungsrand bzw. dessen Form dann in dem mindestens einen Bild zu identifizieren, wird eine Kostenfunktion definiert, die z.B. die Kanten im Bild oder die Farben im Bild benutzt und jedem möglichen Fassungsrand einen Wert zuordnet. Das Minimum dieser Kostenfunktion (minimiert wird über die Fassungsrandfunktionenschar – die Kostenfunktion ist also eine Funktion von
30 Funktionen bzw. Fassungsrändern) ist dann die beste Fassungsrandfunktion, die zu den Annahmen (Kanten und Farbe etc.) in der Kostenfunktion passt. Zusätzlich zu den anderen Termen in der Kostenfunktion (Kante, Farbe, Symmetrie etc.) kann man dann einen Strafterm zur Kostenfunktion dazu addieren, der die Abweichung des in dem mindestens einen Bild zu identifizierenden Fassungsrandes (in der mathematischen Repräsentation) von allen möglichen
35 Konturen, die das parametrische Fassungsrandmodell beschreiben kann, enthält. Ein Strafterm ist dabei allgemein ein zusätzlicher Term in der Kostenfunktion, welcher die „Kosten“, d.h. den

Wert der Funktion, in Abhängigkeit von bestimmten Umständen erhöht, in diesem Fall abhängig von einer Abweichung des Fassungsrandes von dem parametrischen Fassungsrandmodell. Das heißt, dass Lösungen für den zu identifizierenden Fassungsrand, die weit weg vom Raum der von dem parametrischen Fassungsrandmodell beschreibbaren Fassungsränder liegen, hohe Kosten haben bei einer Optimierung des zu identifizierenden Fassungsrandes (d. h. bei einer Optimierung, die dazu dient, einen Fassungsrand möglichst gut in dem mindestens einen Bild zu identifizieren, sodass der identifizierte Fassungsrand möglichst genau dem tatsächlich vorliegenden Fassungsrand entspricht). Diesen Strafterm kann man zu allen möglichen Kostenfunktionen dazu addieren, die den in dem mindestens einen Bild zu identifizierenden Fassungsrand optimieren.

Bei einer anderen Möglichkeit der Analyse wird in dem Bild mittels herkömmlicher Verfahren der Fassungsrand identifiziert, beispielsweise mit den in der Beschreibungseinleitung der DE 10 2011 115 239 A1 genannten Verfahren. An diesen identifizierten Fassungsrand wird dann das parametrische Fassungsrandmodell angepasst, d.h. die Parameter des parametrischen Fassungsrandmodells werden optimiert, um eine möglichst große Übereinstimmung des parametrischen Fassungsrandmodells zu dem in dem mindestens einen Bild identifizierten Fassungsrand zu erreichen. Diese Anpassung kann nach der Methode der kleinsten Quadrate oder einem anderen herkömmlichen Optimierungsverfahren erfolgen. Bei dieser Anwendung ist die Bestimmung der Parameter des parametrischen Fassungsrandmodells einfacher als in dem Fall, in dem das parametrische Fassungsrandmodell zur Segmentierung wie oben beschrieben herangezogen wird, da nur die Parameter zu finden sind und der Fassungsrand im Bild schon identifiziert wurde.

Nach der Bestimmung der Parameter kann das parametrische Fassungsrandmodell dann für weitere Auswertungen verwendet werden. Beispielsweise kann zudem aus dem mindestens einen Bild oder mit einer Abstandsmessung zur Kamera eine Position der Augen bestimmt werden, und aus der Position der Augen und dem parametrischen Fassungsrandmodell können dann die eingangs erwähnten Zentrierparameter bestimmt werden. Da diese Zentrierparameter einfache geometrische Größen sind, ergeben sie sich dann einfach aus der geometrischen Beschreibung des Fassungsrandes, welche durch das parametrische Fassungsrandmodell gegeben ist, und der Position der Augen hierzu. Manche Zentrierparameter, wie z.B. Abmessungen eines Rechtecks, das durch die horizontalen und vertikalen Tangenten an den äußersten Kanten des Brillenglases gebildet wird (Kastensystem nach 5.1 DIN EN ISO 13666:2012), können auch ohne die Position der Augen nur aus dem parametrischen

Fassungsrandmodell bestimmt werden, da sie nur von den Abmessungen und der Form des Fassungsrandes abhängen.

Die Anpassung des parametrischen Fassungsrandmodells an einen in einem Bild identifizierten Fassungsrand kann in dem Fall, dass das parametrische Fassungsrandmodell die Vielzahl von Datensätzen oder aus der Vielzahl von Datensätzen abgeleitete weitere Datensätze umfasst, auch darin bestehen, den am besten passenden Datensatz aus der Vielzahl von Datensätzen oder weiteren Datensätzen zu identifizieren. Hierzu werden beispielsweise für alle Datensätze der Vielzahl von Datensätzen oder der Vielzahl von weiteren Datensätzen die Abweichungen von dem identifizierten Fassungsrand berechnet und der Datensatz mit den kleinsten Abweichungen ausgewählt. Die Nummer dieses Datensatzes stellt dann den bestimmten Parameter dar.

Die oben genannten Verfahren werden typischerweise computerimplementiert durchgeführt. Dementsprechend wird gemäß einem weiteren Aspekt der vorliegenden Erfindung ein Computerprogramm mit einem Programmcode bereitgestellt, der, wenn er auf einem oder mehreren Prozessoren einer Recheneinrichtung durchgeführt wird, eines der oben beschriebenen Verfahren ausführt.

Schließlich wird auch eine entsprechende Recheneinrichtung mit einem Prozessor und einem Speicher, in dem ein entsprechendes Computerprogramm gespeichert ist, bereitgestellt. Der Speicher kann dabei insbesondere ein physikalisch greifbarer Speicher sein. Die Recheneinrichtung weist dabei zudem einen Dateneingang auf, um die Datensätze zu empfangen. Der Dateneingang kann dabei ein Netzwerkanschluss sein, um die Datensätze über ein Netzwerk wie das Internet zu empfangen, oder eine Aufnahme für ein Speichermedium sein, um die auf dem Speichermedium abgespeicherten Datensätze zu empfangen, beispielsweise eine USB-Schnittstelle zur Aufnahme eines Speichersticks oder ein optisches Laufwerk (DVD- oder CD-Laufwerk) zur Aufnahme eines optischen Speichermediums.

Zur weiteren Erläuterung wird die Erfindung nachfolgend anhand von Ausführungsbeispielen unter Bezugnahme auf die beigefügten Zeichnungen näher erläutert. Es zeigen:

Fig. 1 ein Flussdiagramm eines Verfahrens gemäß einem Ausführungsbeispiel,

Fig. 2 ein Flussdiagramm eines Verfahrens gemäß einem weiteren Ausführungsbeispiel,

Fig. 3 ein Blockdiagramm einer Recheneinrichtung gemäß einem Ausführungsbeispiel,

Fig. 4 ein Diagramm zur Veranschaulichung eines Datensatzes, und

5 Fig. 5 eine Darstellung zur Veranschaulichung eines parametrischen Modells.

Die Fig. 1 zeigt ein Flussdiagramm, welches allgemein den Ablauf eines Verfahrens gemäß einem Ausführungsbeispiel zeigt. In einem Schritt 10 beinhaltet das Verfahren ein Bereitstellen einer Vielzahl von Datensätzen, die jeweils einen Verlauf eines Fassungsrandes einer
10 Brillenfassung kennzeichnen. Wie bereits erläutert können diese Datensätze Tracer-Daten oder CAD-Daten umfassen. In einem Schritt 11 umfasst das Verfahren dann ein Bereitstellen eines parametrischen Fassungsrandmodells auf Basis der in Schritt 10 bereitgestellten Datensätze, wobei für das Bereitstellen die bereits erläuterten Möglichkeiten verwendet werden können.

15 Die Fig. 2 zeigt ein detaillierteres Flussdiagramm eines Verfahrens gemäß einem Ausführungsbeispiel. Bei dem Ausführungsbeispiel der Fig. 2 werden in einem Schritt 20 Datensätze, beispielsweise Tracer-Daten, als Trainingsbeispiele bereitgestellt. In einem Schritt 21 erfolgt eine Vorverarbeitung, d.h. ein Transformieren der Datensätze in ein anderes Format, beispielsweise durch Koordinatentransformation oder Umparametrisierung wie bereits
20 beschrieben.

In Schritt 22 wird dann auf Basis der vorverarbeiteten Datensätze ein parametrisches Fassungsrandmodell, in diesem Fall ein 3D-Modell, erzeugt, beispielsweise durch Hauptkomponentenanalyse. Wie durch Schritte 23 bis 26 angedeutet, kann dieses Modell dann
25 auf verschiedene Weise verwendet werden. In Schritt 23 erfolgt beispielsweise eine Segmentierung eines oder mehrerer aufgenommenen Bilder zumindest eines Teils eines Kopfes (insbesondere der Augenpartie), welcher eine Brillenfassung trägt, unter Verwendung des 3D-Modells. Hier wird also wie oben beschrieben das parametrische Fassungsrandmodell dazu verwendet, ein Identifizieren eines Fassungsrandes in aufgenommenen Bildern zu vereinfachen.

30 In Schritt 24 wird wie beschrieben bei einem Optimierungsprozess zum Identifizieren eines Fassungsrandes in einem oder mehreren Bildern ein Strafterm auf Basis einer Abweichung eine momentan identifizierten Fassungsrandes von dem parametrischen Fassungsrandmodell erstellt. In Schritt 25 können wie ebenfalls bereits erläutert die Datensätze oder die
35 vorverarbeiteten Datensätze gleichsam als Bibliothek dienen. In Schritt 26 wird zunächst ein Fassungsrand in einem oder mehreren Bildern identifiziert, und die Parameter des

parametrischen Fassungsrandmodells werden dann an den identifizierten Fassungsrand angepasst. Die Schritte 23 bis 26 können dann letztendlich dazu dienen, wie beschrieben Zentrierparameter zu bestimmen.

- 5 Die Fig. 3 zeigt ein Blockdiagramm einer Recheneinrichtung 30 gemäß einem Ausführungsbeispiel. Die Recheneinrichtung 30 umfasst einen Prozessor 31 sowie einen Speicher 32, beispielsweise einen Speicher mit wahlfreiem Zugriff (RAM) oder einem Nur-Lesespeicher (ROM), in dem ein Programmcode gespeichert ist. Wenn der in dem Speicher 32 gespeicherte Programmcode auf dem Prozessor 31 läuft, werden eine oder mehrere der oben
- 10 beschriebenen Verfahren, insbesondere das Verfahren der Fig. 1 oder der Fig. 2 ausgeführt. Hierzu werden der Recheneinrichtung 30 über einen Dateneingang 33 entsprechende Datensätze wie die beschriebenen Tracer-Daten oder CAD-Daten zugeführt. An einem Datenausgang 34 wird dann ein entsprechendes parametrisches Fassungsrandmodell, welches wie beschrieben bestimmt wurde, ausgegeben. Zu beachten ist, dass Dateneingang 33 und
- 15 Datenausgang 34 auch physikalisch identisch sein können, beispielsweise durch eine Netzwerkschnittstelle oder dergleichen gebildet sein kann. Als eine derartige Recheneinrichtung 30 kann beispielsweise ein handelsüblicher Computer verwendet werden, der dann entsprechend programmiert wird.
- 20 Die Fig. 4 zeigt in einer 2D-Darstellung eine Vielzahl von Datensätzen 40 zur Veranschaulichung der oben erläuterten Konzepte. In Fig. 4 entspricht jeder Datensatz einer geschlossenen Linie, die den Abschnitt eines Fassungsrandes für ein Brillenglas bezeichnet. Aus dieser Vielzahl von Linien, welche beispielsweise Tracer-Daten aus Messungen verschiedener Brillenfassungen repräsentieren, kann dann wie beschrieben ein parametrisches
- 25 Fassungsrandmodell erstellt werden.

Die Fig. 5 zeigt ein einfaches Diagramm zur Veranschaulichung eines parametrischen Fassungsrandmodells. In dem Beispiel der Fig. 5 dient eine Ellipse 50 als Modell, und als Parameter dienen die große Halbachse a und die kleine Halbachse b der Ellipse 50. In einem

30 der bereits beschriebenen Varianten kann die Ellipse 50 beispielsweise als das vorgegebene parametrische Fassungsrandmodell 50 dienen. Die Ellipse 50 kann dann an jeden Datensatz, beispielsweise an jede der Kurven des Datensatzes 40 der Fig. 4, angepasst werden, um so für jeden Datensatz einen Wert für die große Halbachse a und einen Wert für die kleine Halbachse b zu erhalten. Aus den so ermittelten Werten kann dann eine Wahrscheinlichkeitsverteilung für

35 die Parameter a und b erstellt werden, beispielsweise in Form eines Histogramms oder in Form von Mittelwert und Standardabweichung. Zu bemerken ist, dass die Ellipse 50 in diesem Fall

nur als einfaches Beispiel gewählt wurde, und auch komplexere geometrische Formen möglich sind. Allgemein ist zu bemerken, dass die dargestellten und beschriebenen Ausführungsbeispiele nur der Veranschaulichung dienen und nicht als einschränkend auszulegen sind.

5

Manche Ausführungsbeispiele sind durch die folgenden Klauseln definiert:

Klausel 1. Verfahren zum Bereitstellen eines Fassungsrandmodells, umfassend:

10 Bereitstellen einer Vielzahl von Datensätzen, die jeweils einen Verlauf eines Fassungsrandes einer jeweiligen Brillenfassung beschreiben, und Bereitstellen eines parametrischen Fassungsrandmodells auf Basis der Vielzahl von Datensätzen.

Klausel 2. Verfahren nach Klausel 1, wobei das Bereitstellen des parametrischen

15 Fassungsrandmodells ein Berechnen des parametrischen Fassungsrandmodells aus der Vielzahl von Datensätzen umfasst.

Klausel 3. Verfahren nach Klausel 2, wobei das Berechnen ein maschinelles Lernen auf der

20

Klausel 4. Verfahren nach Klausel 2 oder 3, wobei das Berechnen eine Hauptkomponentenanalyse und/oder Unabhängigkeitsanalyse der Vielzahl von Datensätzen umfasst.

25 Klausel 5. Verfahren nach einem der Klauseln 1-4, wobei das Bereitstellen des parametrischen Fassungsrandmodells ein Berechnen von Wahrscheinlichkeitsverteilungen für Parameter eines vorgegebenen Fassungsrandmodells auf Basis der Vielzahl von Datensätzen umfasst.

30 Klausel 6. Verfahren nach einem der Klauseln 1-5, wobei das Bereitstellen des parametrischen Fassungsrandmodells ein Bereitstellen der Vielzahl von Datensätzen oder einer Vielzahl von aus der Vielzahl von Datensätzen abgeleiteter weiteren Datensätzen umfasst, wobei ein Parameter des parametrischen Fassungsrandmodells einen Datensatz der Vielzahl von Datensätzen oder der Vielzahl von weiteren

35 Datensätzen angibt.

- Klausel 7. Verfahren nach einem der Klauseln 1-6, wobei das Bereitstellen des parametrischen Fassungsrandmodells ein Transformieren der Vielzahl von Datensätzen umfasst.
- 5 Klausel 8. Verfahren nach Klausel 7, wobei das Transformieren eine Koordinatentransformation und/oder ein Abtasten von durch die Datensätzen definierten Kurven in gleichen Winkelabständen und/oder ein Filtern der Datensätze und/oder eine Approximation der Datensätze durch parametrische Kurven umfasst.
- 10 Klausel 9. Verfahren nach Klausel 8, wobei die Koordinatentransformation eine Transformation auf einander entsprechende Bezugspunkte eines durch den jeweiligen Datensatz beschriebenen Fassungsrandes und/oder ein gleiches Ausrichten der Datensätze umfasst.
- 15 Klausel 10. Verfahren zur Bildanalyse, umfassend:
Bereitstellen mindestens eines Bildes zumindest eines Teils eines Kopfes mit einer Brillenfassung,
Bereitstellen eines parametrischen Fassungsrandmodells, welches mit dem Verfahren eines der Klauseln 1-9 erstellt wurde, und
20 Analysieren des mindestens einen Bildes unter Verwendung des parametrischen Fassungsrandmodells.
- Klausel 11. Verfahren nach Klausel 10, wobei das Analysieren des Bildes ein Identifizieren eines Fassungsrandes in dem mindestens einen Bild unter Zuhilfenahme des
25 parametrischen Fassungsrandmodells umfasst.
- Klausel 12. Verfahren nach Klausel 11, wobei das Identifizieren des Fassungsrandes einen Optimierungsprozess mit einem Strafterm in Abhängigkeit von einer Abweichung eines zu optimierenden Fassungsrandes von dem parametrischen Fassungsrandmodell und/oder
30 ein Identifizieren des Fassungsrandes auf Basis von Wahrscheinlichkeitsverteilungen von Parametern des parametrischen Fassungsrandmodells umfasst.
- Klausel 13. Verfahren nach Klausel 10, wobei das Analysieren ein Identifizieren eines Fassungsrandes in dem mindestens einen Bild und ein Anpassen von Parametern des
35 parametrischen Fassungsrandmodells auf Basis des identifizierten Fassungsrandes umfasst.

Klausel 14. Computerprogramm mit einem Programmcode, welcher, wenn er auf einem Prozessor ausgeführt wird, das Verfahren nach einem der Klauseln 1-13 ausführt.

5 Klausel 15. Recheneinrichtung, umfassend:

einen Prozessor,

einen Dateneingang zum Empfangen einer Vielzahl von Datensätzen, die jeweils einen Verlauf eines Fassungsrandes einer jeweiligen Brillenfassung beschreiben, und

einen Speicher, wobei in dem Speicher das Computerprogramm nach Klausel 14

10 gespeichert ist.

Patentansprüche

- 5 1. Computerimplementiertes Verfahren zum Bereitstellen eines Fassungsrandmodells (50),
umfassend:
Bereitstellen einer Vielzahl von Datensätzen (40), die jeweils einen Verlauf eines
Fassungsrandes einer jeweiligen Brillenfassung beschreiben, und
Bereitstellen eines parametrischen Fassungsrandmodells (50) auf Basis der Vielzahl von
10 Datensätzen,
dadurch gekennzeichnet, dass
die Vielzahl von Datensätzen Tracer-Datensätze sind.
2. Verfahren nach Anspruch 1, wobei das Bereitstellen des parametrischen
15 Fassungsrandmodells ein Berechnen des parametrischen Fassungsrandmodells aus der
Vielzahl von Datensätzen (40) umfasst.
3. Verfahren nach Anspruch 2, wobei das Berechnen ein maschinelles Lernen auf der
Vielzahl von Datensätzen (40) umfasst.
- 20 4. Verfahren nach Anspruch 2 oder 3, wobei das Berechnen eine
Hauptkomponentenanalyse und/oder Unabhängigkeitsanalyse der Vielzahl von
Datensätzen (40) umfasst.
- 25 5. Verfahren nach einem der Ansprüche 1-4, wobei das Bereitstellen des parametrischen
Fassungsrandmodells (50) ein Berechnen von Wahrscheinlichkeitsverteilungen für
Parameter eines vorgegebenen Fassungsrandmodells auf Basis der Vielzahl von
Datensätzen (40) umfasst.
- 30 6. Verfahren nach einem der Ansprüche 1-6, wobei das Bereitstellen des parametrischen
Fassungsrandmodells ein Transformieren der Vielzahl von Datensätzen umfasst, um eine
Vielzahl von weiteren Datensätze zu erzeugen, wobei jeder Datensatz der Vielzahl von
weiteren Datensätzen auf einem Datensatz der Vielzahl von Datensätzen beruht.
- 35 7. Verfahren nach Anspruch 6, wobei das Transformieren eine Koordinatentransformation
und/oder ein Abtasten von durch die Datensätzen definierten Kurven in gleichen

Winkelabständen und/oder ein Filtern der Datensätze und/oder eine Approximation der Datensätze durch parametrische Kurven umfasst.

- 5 8. Verfahren nach Anspruch 7, wobei die Koordinatentransformation eine Transformation auf einander entsprechende Bezugspunkte eines durch den jeweiligen Datensatz beschriebenen Fassungsrandes und/oder ein gleiches Ausrichten der Datensätze umfasst.
- 10 9. Verfahren nach einem der Ansprüche 1-8, wobei das Bereitstellen des parametrischen Fassungsrandmodells ein Bereitstellen der Vielzahl von Datensätzen (40) oder der Vielzahl von weiteren Datensätzen umfasst, wobei ein Parameter des parametrischen Fassungsrandmodells einen Datensatz der Vielzahl von Datensätzen oder der Vielzahl von weiteren Datensätzen angibt.
- 15 10. Verfahren nach einem der Ansprüche 1-9, wobei die Tracer-Datensätze 2D-Datensätze sind.
11. Verfahren nach Anspruch 10, wobei das parametrische Fassungsrandmodell ein 3D-Modell ist.
- 20 12. Verfahren nach einem der Ansprüche 1-10, wobei das parametrische Fassungsrandmodell ein 2D-Modell ist.
13. Computerimplementiertes Verfahren zum Bereitstellen eines Fassungsrandmodells (50),
25 umfassend:
Bereitstellen einer Vielzahl von Datensätzen (40), die jeweils einen Verlauf eines Fassungsrandes einer jeweiligen Brillenfassung beschreiben, und
Bereitstellen eines parametrischen Fassungsrandmodells (50) auf Basis der Vielzahl von Datensätzen,
30 dadurch gekennzeichnet, dass das Bereitstellen des parametrischen Fassungsrandmodells (50) ein Berechnen von Wahrscheinlichkeitsverteilungen für Parameter eines vorgegebenen Fassungsrandmodells auf Basis der Vielzahl von Datensätzen (40) umfasst.
- 35 14. Verfahren nach Anspruch 13, wobei das Bereitstellen des parametrischen Fassungsrandmodells ein Transformieren der Vielzahl von Datensätzen umfasst, um eine

Vielzahl von weiteren Datensätze zu erzeugen, wobei jeder Datensatz der Vielzahl von weiteren Datensätzen auf einem Datensatz der Vielzahl von Datensätzen beruht.

- 5 15. Verfahren nach Anspruch 14, wobei das Transformieren eine Koordinatentransformation und/oder ein Abtasten von durch die Datensätzen definierten Kurven in gleichen Winkelabständen und/oder ein Filtern der Datensätze und/oder eine Approximation der Datensätze durch parametrische Kurven umfasst.
- 10 16. Verfahren nach Anspruch 15, wobei die Koordinatentransformation eine Transformation auf einander entsprechende Bezugspunkte eines durch den jeweiligen Datensatz beschriebenen Fassungsrandes und/oder ein gleiches Ausrichten der Datensätze umfasst.
- 15 17. Verfahren nach einem der Ansprüche 13-16, wobei das Berechnen von Wahrscheinlichkeitsverteilungen ein Erstellen eines Histogramms umfasst.
- 20 18. Verfahren nach einem der Ansprüche 13-17, wobei das Berechnen von Wahrscheinlichkeitsverteilungen ein Berechnen von Wahrscheinlichkeitsverteilungen von Parametern eines parameterfreien Modells umfasst.
- 25 19. Computerimplementiertes Verfahren zum Bereitstellen eines Fassungsrandmodells (50), umfassend:
Bereitstellen einer Vielzahl von Datensätzen (40), die jeweils einen Verlauf eines Fassungsrandes einer jeweiligen Brillenfassung beschreiben, und
Bereitstellen eines parametrischen Fassungsrandmodells (50) auf Basis der Vielzahl von Datensätzen,
dadurch gekennzeichnet,
dass das Bereitstellen des parametrischen Fassungsrandmodells ein Bereitstellen der Vielzahl von Datensätzen (40) oder einer Vielzahl von aus der Vielzahl von Datensätzen abgeleiteter weiteren Datensätzen umfasst, wobei ein Parameter des parametrischen Fassungsrandmodells einen Datensatz der Vielzahl von Datensätzen oder der Vielzahl von weiteren Datensätzen angibt.
- 30
35 20. Verfahren nach einem der Anspruch 19, wobei das Bereitstellen des parametrischen Fassungsrandmodells ein Transformieren der Vielzahl von Datensätzen umfasst, um die

Vielzahl von weiteren Datensätze zu erzeugen, wobei jeder Datensatz der Vielzahl von weiteren Datensätzen auf einem Datensatz der Vielzahl von Datensätzen beruht.

21. Verfahren nach Anspruch 20, wobei das Transformieren eine Koordinatentransformation
5 und/oder ein Abtasten von durch die Datensätzen definierten Kurven in gleichen Winkelabständen und/oder ein Filtern der Datensätze und/oder eine Approximation der Datensätze durch parametrische Kurven umfasst.
22. Verfahren nach Anspruch 21, wobei die Koordinatentransformation eine Transformation
10 auf einander entsprechende Bezugspunkte eines durch den jeweiligen Datensatz beschriebenen Fassungsrandes und/oder ein gleiches Ausrichten der Datensätze umfasst.
23. Computerimplementiertes Verfahren zum Bereitstellen eines Fassungsrandmodells (50),
15 umfassend:
Bereitstellen einer Vielzahl von Datensätzen (40), die jeweils einen Verlauf eines Fassungsrandes einer jeweiligen Brillenfassung beschreiben, und
Bereitstellen eines parametrischen Fassungsrandmodells (50) auf Basis der Vielzahl von Datensätzen,
20 dadurch gekennzeichnet,
dass das Bereitstellen des parametrischen Fassungsrandmodells ein Transformieren der Vielzahl von Datensätzen umfasst, um eine Vielzahl von weiteren Datensätze zu erzeugen, wobei jeder Datensatz der Vielzahl von weiteren Datensätzen auf einem Datensatz der Vielzahl von Datensätzen beruht, wobei das Transformieren eine
25 Koordinatentransformation und/oder ein Abtasten von durch die Datensätzen definierten Kurven in gleichen Winkelabständen und/oder ein Filtern der Datensätze und/oder eine Approximation der Datensätze durch parametrische Kurven umfasst.
24. Verfahren nach Anspruch 23, wobei das Bereitstellen des parametrischen
30 Fassungsrandmodells ein Berechnen des parametrischen Fassungsrandmodells aus der Vielzahl von weiteren Datensätzen (40) umfasst.
25. Verfahren nach Anspruch 24, wobei das Berechnen ein maschinelles Lernen auf der
35 Vielzahl von weiteren Datensätzen (40) umfasst.

26. Verfahren nach Anspruch 24 oder 25, wobei das Berechnen eine Hauptkomponentenanalyse und/oder Unabhängigkeitsanalyse der Vielzahl von weiteren Datensätzen (40) umfasst.
- 5 27. Verfahren nach einem der Ansprüche 23-26, wobei das Bereitstellen des parametrischen Fassungsrandmodells (50) ein Berechnen von Wahrscheinlichkeitsverteilungen für Parameter eines vorgegebenen Fassungsrandmodells auf Basis der Vielzahl von weiteren Datensätzen (40) umfasst.
- 10 28. Verfahren nach einem der Ansprüche 23-27, wobei die Koordinatentransformation eine Transformation auf einander entsprechende Bezugspunkte eines durch den jeweiligen Datensatz beschriebenen Fassungsrandes und/oder ein gleiches Ausrichten der Datensätze umfasst.
- 15 29. Verfahren nach einem der Ansprüche 23-28, wobei das Bereitstellen des parametrischen Fassungsrandmodells ein Bereitstellen der Vielzahl von weiteren Datensätzen umfasst, wobei ein Parameter des parametrischen Fassungsrandmodells einen Datensatz der Vielzahl von weiteren Datensätzen angibt.
- 20 30. Verfahren nach einem der Ansprüche 12-29, wobei die Datensätze 2D-Datensätze sind.
31. Verfahren nach Anspruch 30, wobei das parametrische Fassungsrandmodell ein 3D-Modell ist.
- 25 32. Verfahren nach einem der Ansprüche 13-30, wobei das parametrische Fassungsrandmodell ein 2D-Modell ist.
- 30 33. Computerimplementiertes Verfahren zur Bildanalyse, umfassend:
Bereitstellen mindestens eines Bildes zumindest eines Teils eines Kopfes mit einer Brillenfassung,
Bereitstellen eines parametrischen Fassungsrandmodells, welches mit dem Verfahren eines der Ansprüche 1-32 erstellt wurde, und
Analysieren des mindestens einen Bildes unter Verwendung des parametrischen Fassungsrandmodells.

34. Verfahren nach Anspruche 33, wobei das Analysieren ein Bestimmen von Kameraparametern einer zur Aufnahme des mindestens einen Bildes verwendeten Kamera umfasst.
- 5 35. Verfahren nach einem der Ansprüche 33 oder 34, wobei das Analysieren eine Bildverbesserung des mindestens einen Bildes umfasst.
- 10 36. Verfahren nach einem der Ansprüche 33-35, wobei das Analysieren des Bildes ein Identifizieren eines Fassungsrandes in dem mindestens einen Bild unter Zuhilfenahme des parametrischen Fassungsrandmodells umfasst.
- 15 37. Verfahren nach Anspruch 36, wobei das Analysieren ein Anpassen von Parametern des parametrischen Fassungsrandmodells auf Basis des identifizierten Fassungsrandes umfasst.
- 20 38. Verfahren nach Anspruch 37, wobei das Identifizieren des Fassungsrandes einen Optimierungsprozess mit einem Strafterm in Abhängigkeit von einer Abweichung eines zu optimierenden Fassungsrandes von dem parametrischen Fassungsrandmodell und/oder ein Identifizieren des Fassungsrandes auf Basis von Wahrscheinlichkeitsverteilungen von Parametern des parametrischen Fassungsrandmodells umfasst.
- 25 39. Verfahren nach einem der Ansprüche 33-38, wobei das Analysieren ein Ermitteln einer Repräsentation eines Randes eines Brillenglases unter Zuhilfenahme des parametrischen Fassungsrandmodells umfasst.
- 30 40. Computerprogramm mit einem Programmcode, welcher, wenn er auf einem Prozessor ausgeführt wird, das Verfahren nach einem der Ansprüche 1-39 ausführt.
- 35 41. Recheneinrichtung, umfassend:
einen Prozessor,
einen Dateneingang zum Empfangen einer Vielzahl von Datensätzen, die jeweils einen Verlauf eines Fassungsrandes einer jeweiligen Brillenfassung beschreiben, und
einen Speicher, wobei in dem Speicher das Computerprogramm nach Anspruch 40 gespeichert ist.

42. Verfahren zum Zentrieren eines Brillenglases in einer Brillenfassung, dadurch gekennzeichnet, dass
in einem Schritt (i) zu dem Brillenglas Zentrierparameter bestimmt werden, wobei das Bestimmen der Zentrierparameter das Ermitteln der Repräsentation des Rands des Brillenglases mit dem Verfahren nach Anspruch 39 umfasst und
5 in einem Schritt (ii) das Brillenglas mit den in Schritt (i) bestimmten Zentrierparametern in der Brillenfassung zentriert wird.
43. Verfahren zum Einschleifen eines Brillenglases in eine Brillenfassung, dadurch gekennzeichnet, dass
10 in einem Schritt (i) zu dem Brillenglas Zentrierparameter bestimmt werden, wobei das Bestimmen der Zentrierparameter das Ermitteln der Repräsentation des Rands des Brillenglases mit dem Verfahren nach Anspruch 39 umfasst; und
in einem Schritt (ii) das Brillenglas basierend auf den in Schritt (i) bestimmten
15 Zentrierparametern für eine Anordnung in der Brillenfassung eingeschliffen wird.
44. Verfahren zum Herstellen eines Brillenglases, gekennzeichnet durch den Verfahrensschritt Einschleifen des Brillenglases in eine Brillenfassung mit einem
20 Verfahren nach Anspruch 43.

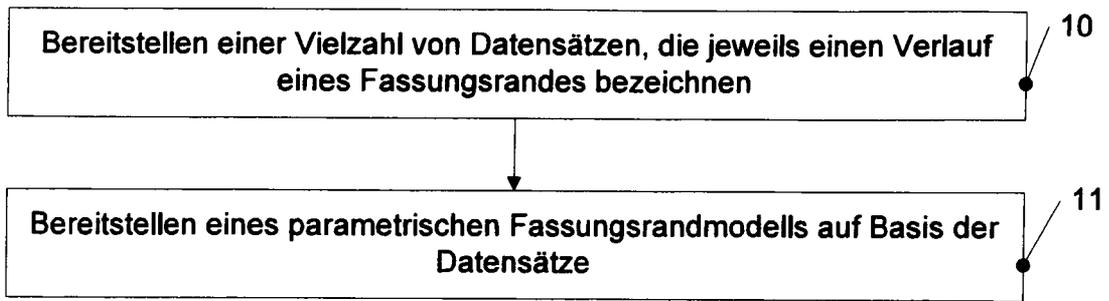


Fig. 1

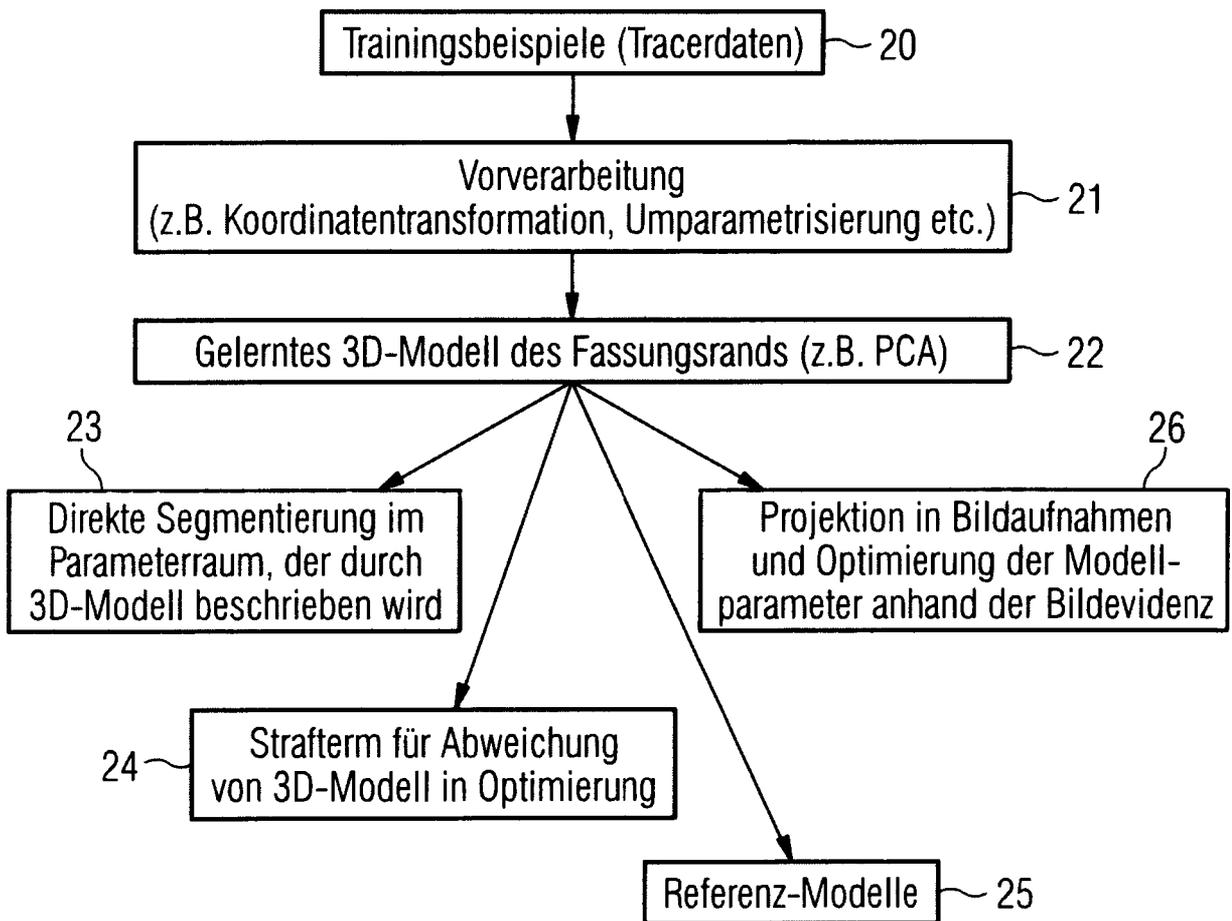


Fig. 2

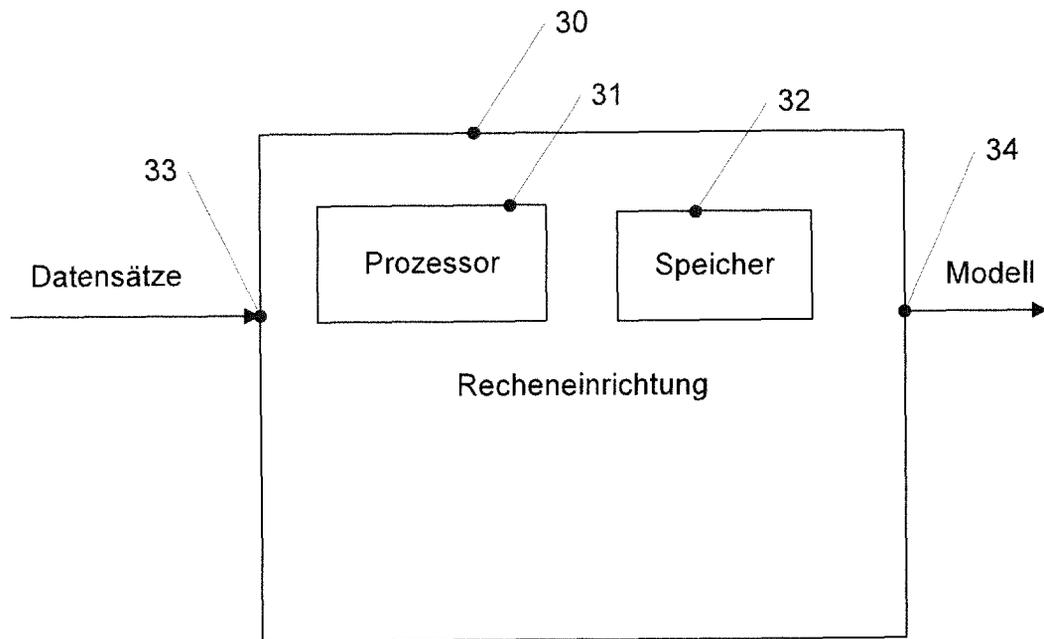


Fig. 3

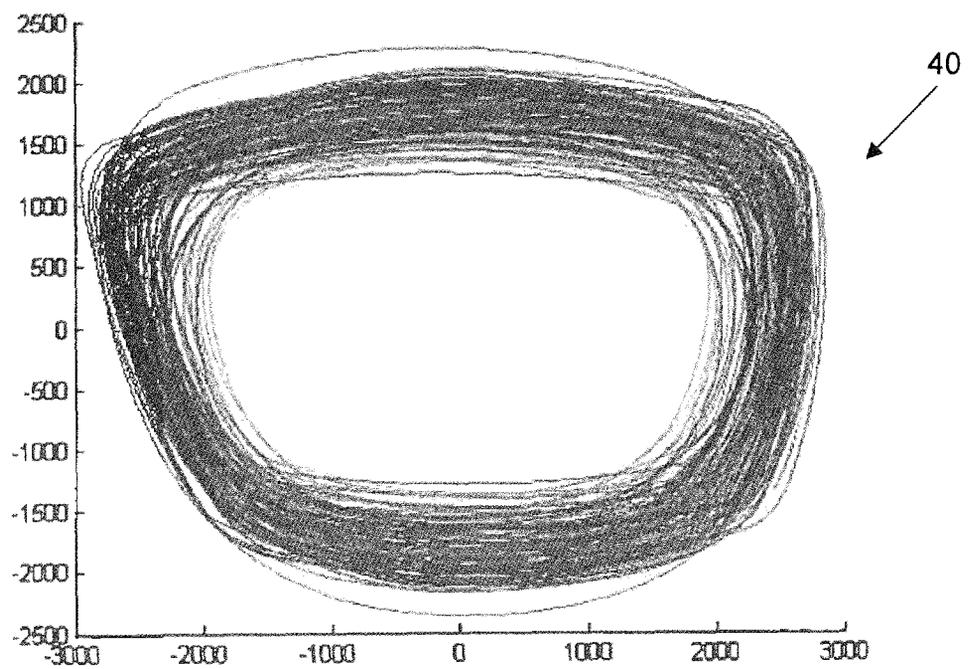


Fig. 4

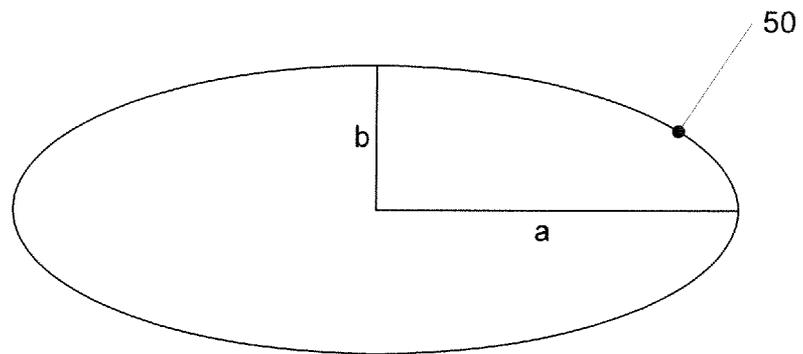


Fig. 5

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No
PCT/EP2018/051954

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER
INV. G06F17/50 G02C13/00
ADD.
According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

B. FIELDS SEARCHED
Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)
G06F G02C

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practicable, search terms used)
EPO-Internal, WPI Data

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
X	SZU-HAO HUANG ET AL: "Human-centric design personalization of 3D glasses frame in markerless augmented reality", ADVANCED ENGINEERING INFORMATICS, vol. 26, no. 1, 26 August 2011 (2011-08-26), pages 35-45, XP028339506, ISSN: 1474-0346, DOI: 10.1016/J.AEI.2011.07.008 [retrieved on 2011-08-04]	13,19,23
Y	abstract "virtual try-on system"; figure 1 parametrische 3D Brillenfassungsmodelle; figures 2, 3, 4 page 36, left-hand column, lines 27-30 PCA; page 36, right-hand column, lines 3-5 Abschnitt 2.1; -/--	1-12, 14-18, 20-22, 24-44

Further documents are listed in the continuation of Box C.

See patent family annex.

* Special categories of cited documents :

- "A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance
- "E" earlier application or patent but published on or after the international filing date
- "L" document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)
- "O" document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means
- "P" document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed

"T" later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention

"X" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone

"Y" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art

"&" document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search 2 May 2018	Date of mailing of the international search report 11/05/2018
Name and mailing address of the ISA/ European Patent Office, P.B. 5818 Patentlaan 2 NL - 2280 HV Rijswijk Tel. (+31-70) 340-2040, Fax: (+31-70) 340-3016	Authorized officer Alexe, Mihai

C(Continuation). DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT		
Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
	<p>pages 36-37 Abschnitt 2.2: On-line machinelles Lernen; pages 37-40; figure 10 PCA Koordinatentransformation; page 37, left-hand column, lines 7-11,22-24 Abschnitt 3.2: Auswahl des Fassungsmodells; figure 14 Abschnitt 4: zukünftige Arbeit; page 45, left-hand column, lines 26-34 the whole document</p> <p style="text-align: center;">-----</p>	
A	<p>US 2015/055085 A1 (FONTE TIMOTHY A [US] ET AL) 26 February 2015 (2015-02-26) abstract claims 1, 6, 11-13 "Configurable product models"; figure 1A figures 9, 14 Definition von "eyewear"; paragraph [0038] PCA und machinelles Lernen; paragraphs [0134] - [0136]; figure 8 Bildanalyse; paragraphs [0137] - [0138] parametrisches Fassungsmodell; paragraphs [0169] - [0172], [0174] - [0175]; figures 9, 13, 29 Modelloptimieren und Koordinatentransformationen; paragraph [0178]; figure 30 paragraphs [0203] - [0205] the whole document</p> <p style="text-align: center;">-----</p>	1-44
A	<p>WU CHENYU ET AL: "Automatic eyeglasses removal from face images", IEEE TRANSACTIONS ON PATTERN ANALYSIS AND MACHINE INTELLIGENCE, IEEE COMPUTER SOCIETY, USA, vol. 26, no. 3, 28 June 2004 (2004-06-28), pages 322-336, XP011106115, ISSN: 0162-8828, DOI: 10.1109/TPAMI.2004.1262319 abstract figures 1, 8 Abschnitte 3 und 3.1; pages 326-327 Gleichungen (17) und (19); pages 326-327 the whole document</p> <p style="text-align: center;">-----</p>	1-44
	-/--	

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No
PCT/EP2018/051954

C(Continuation). DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT		
Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	<p>DIANA BORZA ET AL: "Eyeglasses Lens Contour Extraction from Facial Images Using an Efficient Shape Description", SENSORS, vol. 13, no. 10, 10 October 2013 (2013-10-10), pages 13638-13658, XP055227455, CH ISSN: 1424-8220, DOI: 10.3390/s131013638 abstract page 13639, lines 33-36 Gleichung (4); page 13643, lines 21-24 Abschnitt 4.6 und Algorithmus 3; page 13650 figures 1, 2 the whole document</p>	1-44
Y	<p>DE 10 2011 115239 A1 (RODENSTOCK GMBH [DE]) 28 March 2013 (2013-03-28) cited in the application</p> <p>abstract paragraphs [0012], [0046], [0047] the whole document</p>	1-12, 14-18, 20-22, 24-44

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

Information on patent family members

International application No

PCT/EP2018/051954

Patent document cited in search report	Publication date	Patent family member(s)	Publication date
US 2015055085	A1	26-02-2015	
		AU 2014308590	A1 03-03-2016
		AU 2016208357	A1 11-08-2016
		CA 2921938	A1 26-02-2015
		CN 105637512	A 01-06-2016
		EP 3036701	A1 29-06-2016
		JP 6099232	B2 22-03-2017
		JP 2016537716	A 01-12-2016
		JP 2017041281	A 23-02-2017
		KR 20160070744	A 20-06-2016
		KR 20180009391	A 26-01-2018
		US 2015055085	A1 26-02-2015
		US 2015055086	A1 26-02-2015
		US 2015154322	A1 04-06-2015
		US 2015154678	A1 04-06-2015
		US 2015154679	A1 04-06-2015
		US 2015212343	A1 30-07-2015
		US 2016062151	A1 03-03-2016
		US 2016062152	A1 03-03-2016
		US 2017068121	A1 09-03-2017
		US 2017269385	A1 21-09-2017
		WO 2015027196	A1 26-02-2015

DE 102011115239	A1	28-03-2013	NONE

A. KLASSIFIZIERUNG DES ANMELDUNGSGEGENSTANDES INV. G06F17/50 G02C13/00 ADD.		
Nach der Internationalen Patentklassifikation (IPC) oder nach der nationalen Klassifikation und der IPC		
B. RECHERCHIERTE GEBIETE Recherchierter Mindestprüfstoff (Klassifikationssystem und Klassifikationssymbole) G06F G02C		
Recherchierte, aber nicht zum Mindestprüfstoff gehörende Veröffentlichungen, soweit diese unter die recherchierten Gebiete fallen		
Während der internationalen Recherche konsultierte elektronische Datenbank (Name der Datenbank und evtl. verwendete Suchbegriffe) EPO-Internal, WPI Data		
C. ALS WESENTLICH ANGESEHENE UNTERLAGEN		
Kategorie*	Bezeichnung der Veröffentlichung, soweit erforderlich unter Angabe der in Betracht kommenden Teile	Betr. Anspruch Nr.
X	SZU-HAO HUANG ET AL: "Human-centric design personalization of 3D glasses frame in markerless augmented reality", ADVANCED ENGINEERING INFORMATICS, Bd. 26, Nr. 1, 26. August 2011 (2011-08-26), Seiten 35-45, XP028339506, ISSN: 1474-0346, DOI: 10.1016/J.AEI.2011.07.008 [gefunden am 2011-08-04]	13,19,23
Y	Zusammenfassung "virtual try-on system"; Abbildung 1 parametrische 3D Brillenfassungsmodelle; Abbildungen 2, 3, 4 Seite 36, linke Spalte, Zeilen 27-30 PCA; Seite 36, rechte Spalte, Zeilen 3-5 Abschnitt 2.1; -/--	1-12, 14-18, 20-22, 24-44
<input checked="" type="checkbox"/> Weitere Veröffentlichungen sind der Fortsetzung von Feld C zu entnehmen <input checked="" type="checkbox"/> Siehe Anhang Patentfamilie		
* Besondere Kategorien von angegebenen Veröffentlichungen : "A" Veröffentlichung, die den allgemeinen Stand der Technik definiert, aber nicht als besonders bedeutsam anzusehen ist "E" frühere Anmeldung oder Patent, die bzw. das jedoch erst am oder nach dem internationalen Anmeldedatum veröffentlicht worden ist "L" Veröffentlichung, die geeignet ist, einen Prioritätsanspruch zweifelhaft erscheinen zu lassen, oder durch die das Veröffentlichungsdatum einer anderen im Recherchenbericht genannten Veröffentlichung belegt werden soll oder die aus einem anderen besonderen Grund angegeben ist (wie ausgeführt) "O" Veröffentlichung, die sich auf eine mündliche Offenbarung, eine Benutzung, eine Ausstellung oder andere Maßnahmen bezieht "P" Veröffentlichung, die vor dem internationalen Anmeldedatum, aber nach dem beanspruchten Prioritätsdatum veröffentlicht worden ist "T" Spätere Veröffentlichung, die nach dem internationalen Anmeldedatum oder dem Prioritätsdatum veröffentlicht worden ist und mit der Anmeldung nicht kollidiert, sondern nur zum Verständnis des der Erfindung zugrundeliegenden Prinzips oder der ihr zugrundeliegenden Theorie angegeben ist "X" Veröffentlichung von besonderer Bedeutung; die beanspruchte Erfindung kann allein aufgrund dieser Veröffentlichung nicht als neu oder auf erfinderischer Tätigkeit beruhend betrachtet werden "Y" Veröffentlichung von besonderer Bedeutung; die beanspruchte Erfindung kann nicht als auf erfinderischer Tätigkeit beruhend betrachtet werden, wenn die Veröffentlichung mit einer oder mehreren Veröffentlichungen dieser Kategorie in Verbindung gebracht wird und diese Verbindung für einen Fachmann naheliegend ist "&" Veröffentlichung, die Mitglied derselben Patentfamilie ist		
Datum des Abschlusses der internationalen Recherche		Absendedatum des internationalen Recherchenberichts
2. Mai 2018		11/05/2018
Name und Postanschrift der Internationalen Recherchenbehörde Europäisches Patentamt, P.B. 5818 Patentlaan 2 NL - 2280 HV Rijswijk Tel. (+31-70) 340-2040, Fax: (+31-70) 340-3016		Bevollmächtigter Bediensteter Alexe, Mihai

C. (Fortsetzung) ALS WESENTLICH ANGESEHENE UNTERLAGEN		
Kategorie*	Bezeichnung der Veröffentlichung, soweit erforderlich unter Angabe der in Betracht kommenden Teile	Betr. Anspruch Nr.
	<p>Seiten 36-37 Abschnitt 2.2: On-line machinelles Lernen; Seiten 37-40; Abbildung 10 PCA Koordinatentransformation; Seite 37, linke Spalte, Zeilen 7-11,22-24 Abschnitt 3.2: Auswahl des Fassungsmodells; Abbildung 14 Abschnitt 4: zukünftige Arbeit; Seite 45, linke Spalte, Zeilen 26-34 das ganze Dokument</p> <p style="text-align: center;">-----</p>	
A	<p>US 2015/055085 A1 (FONTE TIMOTHY A [US] ET AL) 26. Februar 2015 (2015-02-26) Zusammenfassung Ansprüche 1, 6, 11-13 "Configurable product models"; Abbildung 1A Abbildungen 9, 14 Definition von "eyewear"; Absatz [0038] PCA und machinelles Lernen; Absätze [0134] - [0136]; Abbildung 8 Bildanalyse; Absätze [0137] - [0138] parametrisches Fassungsrandmodell; Absätze [0169] - [0172], [0174] - [0175]; Abbildungen 9, 13, 29 Modelloptimieren und Koordinatentransformationen; Absatz [0178]; Abbildung 30 Absätze [0203] - [0205] das ganze Dokument</p> <p style="text-align: center;">-----</p>	1-44
A	<p>WU CHENYU ET AL: "Automatic eyeglasses removal from face images", IEEE TRANSACTIONS ON PATTERN ANALYSIS AND MACHINE INTELLIGENCE, IEEE COMPUTER SOCIETY, USA, Bd. 26, Nr. 3, 28. Juni 2004 (2004-06-28), Seiten 322-336, XP011106115, ISSN: 0162-8828, DOI: 10.1109/TPAMI.2004.1262319 Zusammenfassung Abbildungen 1, 8 Abschnitte 3 und 3.1; Seiten 326-327 Gleichungen (17) und (19); Seiten 326-327 das ganze Dokument</p> <p style="text-align: center;">-----</p>	1-44
	-/--	

C. (Fortsetzung) ALS WESENTLICH ANGESEHENE UNTERLAGEN		
Kategorie*	Bezeichnung der Veröffentlichung, soweit erforderlich unter Angabe der in Betracht kommenden Teile	Betr. Anspruch Nr.
A	<p>DIANA BORZA ET AL: "Eyeglasses Lens Contour Extraction from Facial Images Using an Efficient Shape Description", SENSORS, Bd. 13, Nr. 10, 10. Oktober 2013 (2013-10-10), Seiten 13638-13658, XP055227455, CH ISSN: 1424-8220, DOI: 10.3390/s131013638 Zusammenfassung Seite 13639, Zeilen 33-36 Gleichung (4); Seite 13643, Zeilen 21-24 Abschnitt 4.6 und Algorithmus 3; Seite 13650 Abbildungen 1, 2 das ganze Dokument</p> <p style="text-align: center;">-----</p>	1-44
Y	<p>DE 10 2011 115239 A1 (RODENSTOCK GMBH [DE]) 28. März 2013 (2013-03-28) in der Anmeldung erwähnt</p> <p>Zusammenfassung Absätze [0012], [0046], [0047] das ganze Dokument</p> <p style="text-align: center;">-----</p>	1-12, 14-18, 20-22, 24-44

INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT

Angaben zu Veröffentlichungen, die zur selben Patentfamilie gehören

Internationales Aktenzeichen

PCT/EP2018/051954

Im Recherchenbericht angeführtes Patentdokument	Datum der Veröffentlichung	Mitglied(er) der Patentfamilie	Datum der Veröffentlichung
US 2015055085	A1	26-02-2015	
		AU 2014308590	A1 03-03-2016
		AU 2016208357	A1 11-08-2016
		CA 2921938	A1 26-02-2015
		CN 105637512	A 01-06-2016
		EP 3036701	A1 29-06-2016
		JP 6099232	B2 22-03-2017
		JP 2016537716	A 01-12-2016
		JP 2017041281	A 23-02-2017
		KR 20160070744	A 20-06-2016
		KR 20180009391	A 26-01-2018
		US 2015055085	A1 26-02-2015
		US 2015055086	A1 26-02-2015
		US 2015154322	A1 04-06-2015
		US 2015154678	A1 04-06-2015
		US 2015154679	A1 04-06-2015
		US 2015212343	A1 30-07-2015
		US 2016062151	A1 03-03-2016
		US 2016062152	A1 03-03-2016
		US 2017068121	A1 09-03-2017
		US 2017269385	A1 21-09-2017
		WO 2015027196	A1 26-02-2015

DE 102011115239	A1	28-03-2013	KEINE
