

(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
14. Januar 2016 (14.01.2016)



(10) Internationale Veröffentlichungsnummer
WO 2016/004972 A1

(51) Internationale Patentklassifikation:
G06Q 10/06 (2012.01)

(21) Internationales Aktenzeichen: PCT/EP2014/064459

(22) Internationales Anmeldedatum:
7. Juli 2014 (07.07.2014)

(25) Einreichungssprache: Deutsch

(26) Veröffentlichungssprache: Deutsch

(71) Anmelder: SIEMENS AKTIENGESELLSCHAFT
[DE/DE]; Wittelsbacherplatz 2, 80333 München (DE).

(72) Erfinder: JÄGER, Tobias; Eythstr. 9, 91058 Erlangen (DE). MAIER, Rupert; Jägersburger Str. 24, 91330 Eggolsheim (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, DK, DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM,

GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IR, IS, JP, KE, KG, KN, KP, KR, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LT, 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.

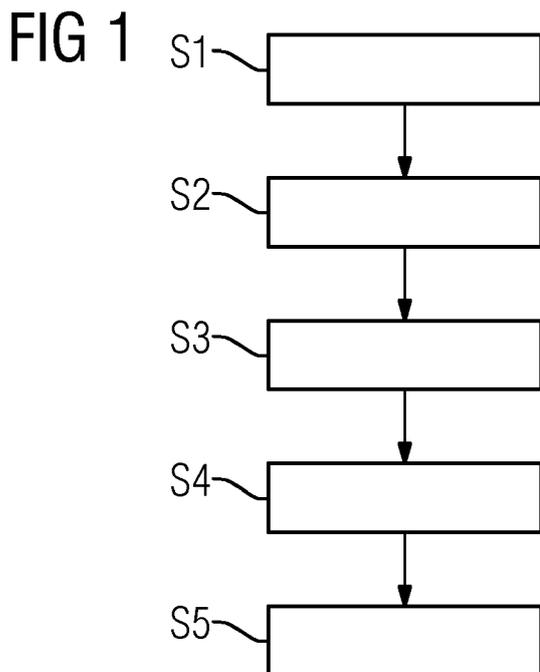
(84) Bestimmungsstaaten (soweit nicht anders angegeben, für jede verfügbare regionale Schutzrechtsart): ARIPO (BW, GH, GM, KE, LR, LS, MW, MZ, NA, RW, SD, SL, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), eurasisches (AM, AZ, BY, KG, KZ, RU, TJ, TM), europäisches (AL, AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HR, 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 AND DEVICE FOR DETERMINING AN OPTIMUM MANUFACTURING ALTERNATIVE FOR MANUFACTURING A PRODUCT

(54) Bezeichnung : VERFAHREN UND VORRICHTUNG ZUR ERMITTLUNG EINER OPTIMALEN FERTIGUNGALTERNATIVE ZUR FERTIGUNG EINES PRODUKTS



(57) Abstract: The invention relates to a method and device for determining an optimum manufacturing variant for manufacturing a product from currently available manufacturing alternatives of one or more manufacturing plants, and for creating the associated manufacturing documents based on the following steps: creating (S1) a product-specific, manufacturing plant-independent CAD-manufacturing specification (FF) of the product to be manufactured; determining (S2) different possible manufacturing alternatives for manufacturing the product based on the created product-specific, manufacturing plant-independent CAD-manufacturing specification (FF) and the available manufacturing machines; generating (S3) a specific CAD-model (sCADM) for each determined manufacturing alternative, wherein a feedback report (EFR) is created by an associated CAM-engine (5) for each generated specific CAD-model (sCADM); evaluating (S4) the created feedback reports (EFR) of the different manufacturing alternatives in order to determine the manufacturing alternatives that are suitable for manufacturing the product and to evaluate whether each manufacturing alternative complies with predefined manufacturing tolerances and manufacturing specifications; and selecting (S5) the optimum manufacturing alternative from the determined suitable manufacturing alternatives, in accordance with a current manufacturing situation.

(57) Zusammenfassung:

[Fortsetzung auf der nächsten Seite]

WO 2016/004972 A1



Verfahren und Vorrichtung zur Ermittlung einer optimalen Fertigungsvariante zur Fertigung eines Produkts aus aktuell verfügbaren Fertigungsalternativen einer oder mehrerer Fertigungsanlagen und Erzeugung der zugehörigen Fertigungsunterlagen auf Basis folgender Schritte: Erzeugen (S1) einer produktspezifischen, fertigungsanlagenunabhängigen CAD-Fertigungsvorgabe (FF) des zu fertigenden Produkts, Ermitteln (S2) verschiedener möglicher Fertigungsalternativen zur Fertigung des Produkts auf Basis der erzeugten produktspezifischen, fertigungsanlagenunabhängigen CAD-Fertigungsvorgabe (FF) und den verfügbaren Fertigungsmaschinen, Generieren (S3) eines spezifischen CAD-Modells (sCADM) für jede ermittelte Fertigungsalternative, wobei für jedes generierte spezifische CAD-Modell (sCADM) durch eine zugehörige CAM-Engine (5) ein Feedback-Report (EFR) erzeugt wird, Auswerten (S4) der erzeugten Feedback-Reports (EFR) der verschiedenen Fertigungsalternativen zur Ermittlung von für die Fertigung des Produkts geeigneter Fertigungsalternativen, und Auswertung, ob vorgegebene Fertigungstoleranzen und Fertigungsvorgaben bei der jeweiligen Fertigungsalternative eingehalten werden und Selektieren (S5) der optimalen Fertigungsalternative aus den ermittelten geeigneten Fertigungsalternativen in Abhängigkeit einer aktuellen Fertigungssituation.

Beschreibung

Verfahren und Vorrichtung zur Ermittlung einer optimalen Fertigungsalternative zur Fertigung eines Produkts

5

Die Erfindung betrifft ein Verfahren und eine Vorrichtung zur Ermittlung einer optimalen Fertigungsalternative zur Fertigung eines Produkts und insbesondere die Optimierung einer CAD/CAM-Schnittstelle durch Integration eines wissensbasierten Systems.

10

Computer Integrated Manufacturing CIM umfasst verschiedenste Tätigkeiten, die in einem Unternehmen computerunterstützt werden und umfasst insbesondere CAD, Computer Aided Design, d.h. rechnergestützte Konstruktion von Gegenständen sowie CAM, Computer Aided Manufacturing, d.h. die rechnergestützte Fertigung von Produkten. Computer Aided Manufacturing CAM bezeichnet die Verwendung einer von einer CMT-Maschine unabhängigen Steuerungssoftware zur Erstellung eines Steuerungs-

15 codes. Herkömmliche CAD-Systeme besitzen die Möglichkeit, 3D-CAD-Datenmodelle von Bauteilen zu erstellen, welche die Basis zur Fertigung dieser Bauteile bilden. Zur Erweiterung der Funktionalität besitzen derartige Programme üblicherweise ein Interface, mit dessen Hilfe weitere Funktionalitäten, sogenannte Plug-ins, integriert werden können. Um Produkte, insbesondere Bauteile, möglichst automatisiert fertigen zu können, kann bereits während der Erstellung der CAD-Zeichnungen durch das CAD-System entschieden werden, auf Basis welchen Materials und welcher Fertigungstechnologie das in Form einer

25 3D-Zeichnung betroffene Produkt bzw. Bauteil gefertigt werden soll.

30

Bei herkömmlichen Systemen besteht allerdings ein Flexibilitätsproblem dahingehend, dass zu einem derart frühen Zeitpunkt, d.h. bei der Erstellung der CAD-Zeichnungen, jedoch

35 meist noch nicht alle Informationen hinsichtlich des zu fertigenden Produkts bzw. Bauteils vorliegen. Weiterhin liegen fertigungsrelevante Informationen, wie beispielsweise eine

Maschinenauslastung der Fertigungsmaschinen, ein Auslieferungsort des gefertigten Produkts bzw. Bauteils, eine momentane Auftragslage für die Fertigung des Produkts bzw. Bauteils sowie Informationen hinsichtlich des Maschinen- und Werkzeugzustandes, zu diesem frühen Zeitpunkt noch nicht vor und werden erst später, insbesondere im Laufe der Fertigung, verfügbar. Da für eine optimale Fertigung eines Produkts bzw. Bauteils jedoch die optimale Festlegung des verwendeten Materials und der verwendeten Fertigungstechnologie erforderlich ist, arbeiten herkömmliche CIM-Systeme nur suboptimal. Zudem ist ein situationsbedingtes Umsteigen während der Fertigung auf andere Materialien oder Maschinen bzw. Fertigungstechnologien bei herkömmlichen CIM-Systemen nur durch ein Redesign der von dem CAM-System gelieferten CAD-Zeichnungen möglich.

15

Neben dem oben genannten Flexibilitätsproblem weisen herkömmliche CIM-Systeme zudem ein Qualitätsproblem auf, da zu fällende Entscheidungen anhand des Entwurfs und der Fertigung des Produkts bzw. Bauteils von einer Vielzahl komplexer, voneinander abhängiger Einflussfaktoren abhängen. Über das zugehörige Wissen bzw. die entsprechenden Informationen verfügen bei herkömmlichen CIM-Systemen jedoch nur hierin geschulte Experten, die in vielen Fällen vor Ort nicht verfügbar sind. Daher werden viele Designentscheidungen hinsichtlich des zu fertigenden Produkts bzw. zu fertigenden Bauteils nur suboptimal getroffen, wobei insbesondere eine optimale Fertigungsvariante bzw. Fertigungsalternative zur Fertigung des Produkts bzw. Bauteils weitestgehend unberücksichtigt bleibt.

30

Es ist daher eine Aufgabe der vorliegenden Erfindung, ein Verfahren und eine Vorrichtung zu schaffen, die die oben genannten Nachteile herkömmlicher Systeme überwinden und insbesondere eine flexible Fertigung eines Produkts oder Bauteils mit hoher Qualität sicherstellen.

35

Diese Aufgabe wird gemäß einem ersten Aspekt der Erfindung durch ein Verfahren mit den in Patentanspruch 1 angegebenen Merkmalen gelöst.

Die Erfindung schafft demnach ein Verfahren zur Ermittlung einer optimalen Fertigungsvariante zur Fertigung eines Produkts aus aktuell verfügbaren Fertigungsalternativen einer
5 oder mehrerer Fertigungsanlagen und zur Erzeugung der zugehörigen Fertigungsunterlagen auf Basis folgender Schritte:
Erzeugen einer produktspezifischen, fertigungsanlagenunabhängigen CAD-Fertigungsvorgabe des zu fertigenden Produkts;
Ermitteln verschiedener möglicher Fertigungsalternativen zur
10 Fertigung des Produkts auf Basis der erzeugten produktspezifischen, fertigungsanlagenunabhängigen CAD-Fertigungsvorgabe und den verfügbaren Fertigungsmaschinen;
Generieren für jede ermittelte Fertigungsalternative einer Anreicherung eines CAD-Modells, wobei für jede generierte Anreicherung des CAD-Modells durch eine zugehörige CAM-Engine
15 ein Feedback-Report erzeugt wird;
Auswerten der erzeugten Feedback-Reports der verschiedenen Fertigungsalternativen zur Ermittlung von für die Fertigung des Produkts geeigneter Fertigungsalternativen, und Auswertung, ob vorgegebene Fertigungstoleranzen und Fertigungsvorgaben bei der jeweiligen Fertigungsalternative eingehalten
20 werden; und
Selektieren der optimalen Fertigungsalternative aus den ermittelten geeigneten Fertigungsalternativen in Abhängigkeit
25 von einer aktuellen Fertigungssituation.

Bei einer möglichen Ausführungsform des erfindungsgemäßen Verfahrens ermittelt die CAM-Engine für die generierte spezifische Anreicherung des CAD-Modells der jeweiligen Fertigungsalternative die zur Fertigung des Produkts notwendigen
30 Fertigungsschritte und erzeugt ein entsprechendes Steuerprogramm für diese Fertigungsalternative .

Bei einer weiteren möglichen Ausführungsform des erfindungsgemäßen Verfahrens werden die Fertigungsmaschinen der Fertigungsanlage durch das erzeugte Steuerprogramm der selektierten optimalen Fertigungsalternative gesteuert.
35

Bei einer weiteren möglichen Ausführungsform des erfindungsgemäßen Verfahrens erfolgt das Selektieren der optimalen Fertigungsalternative unter Berücksichtigung verschiedener Kriterien, insbesondere von Fähigkeiten der jeweils involvierten
5 Fertigungsmaschinen, die aus einer CAD/CAM-Datenbank ausgelesen werden können,
von zu erwartenden Produkteigenschaften, insbesondere Inhaltstoffe, Entsorgbarkeit oder Verschleiß etc. und/oder Oberflächeneigenschaften, Ausprägung der Geometrie, insbesondere an
10 Wirk- und Funktionsflächen und des resultierenden Aufwandes, insbesondere des Aufwandes zur Herstellung, Materialbesorgung und Transport etc.,
und des aktuellen Anlagenstatus der Fertigungsanlage.

15 Bei einer möglichen Ausführungsform des erfindungsgemäßen Verfahrens gibt der Anlagenstatus der Fertigungsanlage insbesondere an:
eine Auslastung und/oder Durchsatz der Fertigungsmaschinen der Fertigungsanlage und der zugehörigen Fertigungsmitarbeiter,
20 eine Verfügbarkeit der Fertigungsmaschinen der Fertigungsanlage, insbesondere ein Instandhaltungsplan zur Instandhaltung und Wartung der Fertigungsmaschinen der Fertigungsanlage,
einen Fertigungsaufwand zur Fertigung des Produkts durch die
25 Fertigungsmaschinen der Fertigungsanlage und/oder
eine Verfügbarkeit von Ressourcen, Rohstoffen und Rohteilen zur Fertigung des Produkts durch die Fertigungsmaschinen der Fertigungsanlage und/oder sonstige Freiheitsgrade der Fertigung des Produkts durch die Fertigungsanlage.

30 Bei einer weiteren möglichen Ausführungsform des erfindungsgemäßen Verfahrens wird die bauteilspezifische CAD-Fertigungsvorgabe des zu fertigenden Produkts durch ein CAD-System erzeugt und enthält ein 3D-CAD-Modell des zu fertigenden Produkts.
35

Bei einer weiteren möglichen Ausführungsform des erfindungsgemäßen Verfahrens weist die bauteilspezifische CAD-Ferti-

gungsvorgabe weitere Fertigungsanforderungen auf, insbesondere zu erfüllende physikalische und/oder chemische Eigenschaften des zu fertigenden Produkts, sowie Fertigungstoleranzen.

5 Bei einer weiteren möglichen Ausführungsform des erfindungsgemäßen Verfahrens werden die erzeugten Feedback-Reports der verschiedenen Fertigungsalternativen gesammelt und auf deren Grundlage sowie auf Basis der bisherigen produktspezifischen CAD-Fertigungsvorgabe des Produkts und auf Basis von Daten
10 und/oder Regeln, die aus einer CAD/CAM-Datenbank ausgelesen werden, ein Gesamt-Feedback-Report erzeugt, den das CAD-System zur Anpassung der produktspezifischen CAD-Fertigungsvorgabe auswertet.

15 Bei einer weiteren möglichen Ausführungsform des erfindungsgemäßen Verfahrens wird ein spezifisches CAD-Modell für jede identifizierte Fertigungsalternative durch einen CAD-Modell-Generator auf Basis von Daten und/oder Regeln generiert, die aus einer CAD/CAM-Datenbank ausgelesen werden.

20 Bei einer weiteren möglichen Ausführungsform des erfindungsgemäßen Verfahrens wird auf Basis des durch den CAD-Modell-Generator generierten spezifischen CAD-Modells und auf Basis von Daten und/oder Regeln, insbesondere im Hinblick auf verfügbare Tests und Messverfahren der verschiedenen Fertigungsalternativen, die aus der CAD/CAM-Datenbank ausgelesen werden,
25 ein Mess- und Prüfplan zur Überwachung einer Produktqualität des gefertigten Produkts generiert, der zu Mess- und Prüfeinrichtungen der Fertigungsanlage übertragen wird.

30 Die Erfindung schafft ferner gemäß einem zweiten Aspekt eine Vorrichtung zur Bereitstellung einer optimalen Fertigungsalternative zur Fertigung eines Produkts, insbesondere eines Bauteils, mit den in Patentanspruch 10 angegebenen Merkmalen.

35 Die Erfindung schafft demnach eine Vorrichtung zur Bereitstellung einer optimalen Fertigungsalternative zur Fertigung eines Produkts, insbesondere eines Bauteils, mit:

einem CAD-System zur Erzeugung einer produktspezifischen, fertigungsanlagenunabhängigen CAD-Fertigungsvorgabe des zu fertigenden Produkts,
einem CAD-Modell-Generator, welcher verschiedene mögliche
5 Fertigungsalternativen zur Fertigung des Produkts auf Basis der durch das CAD-System erzeugten produktspezifischen, fertigungsanlagenunabhängigen CAD-Fertigungsvorgabe ermittelt, wobei für jede ermittelte Fertigungsalternative eine spezifische Anreicherung des CAD-Modells generiert wird, die durch
10 eine zugehörige CAM-Engine zur Erzeugung eines Feedback-Reports getestet wird, und mit einer Auswerteeinheit, die die erzeugten Feedback-Reports der verschiedenen Fertigungsalternativen zur Ermittlung von für die Fertigung des Produkts geeigneter Fertigungsalternativen
15 auswertet und die optimale Fertigungsalternative aus den ermittelten geeigneten Fertigungsalternativen in Abhängigkeit aller verfügbaren Vorgaben und Einflussgrößen selektiert.

Die Anreicherung des CAD-Modells für eine Fertigungsalternative entspricht der jeweiligen Fertigungstechnologie und/oder
20 der jeweiligen Fertigungsanlage und/oder dem jeweiligen Fertigungsverfahren der Fertigungsalternative.

Bei einer möglichen Ausführungsform der erfindungsgemäßen
25 Vorrichtung erzeugt jede CAM-Engine für die jeweils zugehörige Anreicherung des CAD-Modells, die durch den CAD-Modell-Generator für die entsprechende Fertigungsalternative generiert wird, ein Steuerprogramm, das Fertigungsmaschinen der Fertigungsanlage zur Fertigung des Produkts ansteuert.

30

Bei einer weiteren möglichen Ausführungsform der erfindungsgemäßen Vorrichtung hat die Auswerteeinheit Zugriff auf eine Datenbank, welche Wissen und Regeln zu Materialeigenschaften sowie CAD- und CAM-Daten, hinsichtlich Fertigungsprozessen
35 und/oder Fertigungsschritten und/oder Fertigungsregeln speichert.

Bei einer weiteren möglichen Ausführungsform der erfindungsgemäßen Vorrichtung führt die Auswerteeinheit die Selektion der optimalen Fertigungsalternative in Abhängigkeit von Produktkenngrößen sowie einer aktuellen Fertigungssituation der Fertigungsanlage aus.

Dabei wird vorzugsweise ein aktueller Anlagenstatus der Fertigungsanlage berücksichtigt, welcher insbesondere aufweist: eine Auslastung und/oder Durchsatz der Fertigungsmaschinen der Fertigungsanlage und der zugehörigen Fertigungsmitarbeiter, eine Verfügbarkeit der Fertigungsmaschinen der Fertigungsanlage, insbesondere einen Instandhaltungsplan zur Instandhaltung und Wartung der Fertigungsmaschinen der Fertigungsanlage, einen Fertigungsaufwand zur Fertigung des Produkts durch die Fertigungsmaschinen der Fertigungsanlage und eine Verfügbarkeit von Ressourcen, Rohstoffen und Rohteilen zur Fertigung des Produkts durch die Fertigungsmaschinen der Fertigungsanlage und/oder sonstige Freiheitsgrade der Fertigungsmaschinen der Fertigungsanlage.

Bei einer weiteren möglichen Ausführungsform der erfindungsgemäßen Vorrichtung werden die erzeugten Feedback-Reports der verschiedenen Fertigungsalternativen gesammelt und auf deren Grundlage sowie auf Basis der bisherigen produktspezifischen CAD-Fertigungsvorgabe des Produkts und auf Basis von Daten und Regeln, die aus einer CAD/CAM-Datenbank ausgelesen werden, ein Gesamt-Feedback-Report erzeugt, den das CAD-System zur Anpassung der produktspezifischen CAD-Fertigungsvorgabe auswertet.

Die Erfindung schafft ferner gemäß einem dritten Aspekt eine Fertigungsanlage mit Fertigungsmaschinen zur Fertigung mindestens eines Produkts, insbesondere eines Bauteils, mit den in Patentanspruch 15 angegebenen Merkmalen.

Die Erfindung schafft demnach eine Fertigungsanlage mit Fertigungs-
maschinen zur Fertigung mindestens eines Produkts,
insbesondere eines Bauteils, mit einer Vorrichtung zur Be-
reitstellung einer optimalen Fertigungsvariante zur Fertigung
5 eines Produkts aus aktuell verfügbaren Fertigungsalternativen
mit
einem CAD-System zur Erzeugung einer produktspezifischen,
fertigungsanlagenunabhängigen CAD-Fertigungsvorgabe des zu
fertigenden Produkts,
10 einem CAD-Modell-Generator, welcher verschiedene mögliche
Fertigungsalternativen zur Fertigung des Produkts auf Basis
der durch das CAD-System erzeugten produktspezifischen, fer-
tigungsanlagenunabhängigen CAD-Fertigungsvorgabe ermittelt,
wobei für jede ermittelte Fertigungsalternative eine Anrei-
15 cherung eines CAD-Modells generiert wird, das durch eine zu-
gehörige CAM-Engine zur Erzeugung eines Feedback-Reports ge-
testet wird, und mit
einer Auswerteeinheit, die die erzeugten Feedback-Reports der
verschiedenen Fertigungsalternativen zur Ermittlung von für
20 die Fertigung des Produkts geeigneter Fertigungsalternativen
auswertet und die optimale Fertigungsalternative aus den er-
mittelten geeigneten Fertigungsalternativen in Abhängigkeit
aller verfügbaren Vorgaben und Einflussgrößen selektiert.

25 Bei einer möglichen Ausführungsform der erfindungsgemäßen
Fertigungsanlage generiert eine CAM-Engine für die jeweils
zugehörige Anreicherung des CAD-Modells, das durch den CAD-
Modell-Generator der Vorrichtung für die entsprechende Ferti-
gungsalternative generiert wird, ein Steuerprogramm, das Fer-
30 tigungsmaschinen der Fertigungsanlage zur Fertigung des Pro-
dukts ansteuert.

Bei einer möglichen Ausführungsform der erfindungsgemäßen
Fertigungsanlage hat die Auswerteeinheit der Vorrichtung Zu-
35 griff auf eine Datenbank, welche Wissen und Regeln zu Materi-
aleigenschaften sowie CAD- und CAM-Daten, hinsichtlich Ferti-
gungsprozessen und/oder Fertigungsschritten und/oder Ferti-
gungsregeln speichert.

Bei einer weiteren möglichen Ausführungsform der erfindungsgemäßen Fertigungsanlage führt die Auswerteeinheit der Vorrichtung die Selektion der optimalen Fertigungsalternative in
5 Abhängigkeit von Produktkenngößen sowie einer aktuellen Fertigungssituation der Fertigungsanlage aus, wobei vorzugsweise ein aktueller Anlagenstatus der Fertigungsanlage berücksichtigt wird, welcher insbesondere aufweist:
eine Auslastung und/oder Durchsatz der Fertigungsmaschinen
10 der Fertigungsanlage und der zugehörigen Fertigungsmitarbeiter,
eine Verfügbarkeit der Fertigungsmaschinen der Fertigungsanlage, insbesondere ein Instandhaltungsplan zur Instandhaltung und Wartung der Fertigungsmaschinen der Fertigungsanlage,
15 einen Fertigungsaufwand zur Fertigung des Produkts durch die Fertigungsmaschinen der Fertigungsanlage,
eine Verfügbarkeit von Ressourcen, Rohstoffen und Rohteilen zur Fertigung des Produkts durch die Fertigungsmaschinen der Fertigungsanlage und/oder sonstige Freiheitsgrade der Fertigungsmaschinen der Fertigungsanlage.
20

Bei einer weiteren möglichen Ausführungsform der erfindungsgemäßen Fertigungsanlage werden die erzeugten Feedback-Reports der verschiedenen Fertigungsalternativen gesammelt
25 und auf deren Grundlage sowie auf Basis der bisherigen produktspezifischen, fertigungsanlagenunabhängigen CAD-Fertigungsvorgabe des Produkts und auf Basis von Daten und Regeln, die aus einer CAD/CAM-Datenbank ausgelesen werden, ein Gesamt-Feedback-Report erzeugt, den das CAD-System zur Anpassung der produktspezifischen, fertigungsanlagenunabhängigen
30 CAD-Fertigungsvorgabe auswertet.

Im Weiteren werden mögliche Ausführungsformen der verschiedenen erfindungsgemäßen Aspekte unter Bezug auf die beigefügten
35 Figuren näher erläutert.

Es zeigen:

- Fig. 1 ein Ablaufdiagramm zur Darstellung eines Ausführungsbeispiels eines erfindungsgemäßen Verfahrens gemäß einem ersten Aspekt der Erfindung;
- 5 Fig. 2 ein Blockschaltbild zur Darstellung eines Ausführungsbeispiels einer Vorrichtung zur Bereitstellung einer optimalen Fertigungsalternative gemäß einem zweiten Aspekt;
- 10 Fig. 3 eine detaillierte Skizze zur Erläuterung der Funktionsweise der erfindungsgemäßen Vorrichtung und des erfindungsgemäßen Verfahrens zur Ermittlung einer optimalen Fertigungsvariante zur Fertigung eines Produkts.

15

Wie man in Fig. 1 erkennen kann, weist das erfindungsgemäße Verfahren zur Ermittlung einer optimalen Fertigungsvariante zur Fertigung eines Produktes aus aktuell verfügbaren Fertigungsalternativen einer oder mehrerer Fertigungsanlagen zur
20 Bereitstellung der zugehörigen Fertigungsunterlagen mehrere Schritte auf.

Bei dem dargestellten Ausführungsbeispiel wird zunächst in einem Schritt S1 eine produktspezifische, fertigungsanlagenunabhängige CAD-Fertigungsvorgabe des zu fertigenden Produkts
25 bzw. Bauteils erzeugt. Diese CAD-Fertigungsvorgabe bzw. CAD-Rezept wird vorzugsweise mittels eines CAD-Systems generiert. Bei einer möglichen Ausführungsform weist die produktspezifische, fertigungsanlagenunabhängige CAD-Fertigungsvorgabe ein
30 CAD-Datenmodell des zu fertigenden Produkts auf. Das CAD-Datenmodell gibt wesentliche relevante Kerneigenschaften des zu fertigenden Produkts an, gegen die die verwendete Fertigungstechnologie nicht verstoßen darf. Bei dem CAD-Datenmodell handelt es sich vorzugsweise um ein 3D-CAD-Datenmodell.
35 Das CAD-Datenmodell weist dabei vorzugsweise nicht wie bei herkömmlichen Systemen bereits spezifische Fertigungsanweisungen auf, sondern beinhaltet stattdessen Hinweise darauf, welche Fertigungsalternativen zur Fertigung des Pro-

dukts in Frage kommen bzw. bereitstehen und welche Fertigungsvorgaben und Fertigungstoleranzen dabei einzuhalten sind.

5 In einem weiteren Schritt S2 werden verschiedene mögliche Fertigungsalternativen zur Fertigung des Produkts auf Basis der erzeugten produktspezifischen, fertigungsanlagenunabhängigen CAD-Fertigungsvorgabe und den verfügbaren Fertigungsmaschinen für die jeweilige Fertigungsanlage ermittelt. Die dabei verwendete bauteilspezifische bzw. produktspezifische, fertigungsanlagenunabhängige CAD-Fertigungsvorgabe kann weitere Fertigungsanforderungen aufweisen, insbesondere zu erfüllende physikalische und/oder chemische Eigenschaften des zu fertigenden Produkts, sowie zulässige Fertigungstoleranzen.

In einem weiteren Schritt S3 wird eine Anreicherung des CAD-Modells für jede ermittelte Fertigungsalternative generiert. Es wird für jede generierte Anreicherung des CAD-Modells durch eine zugehörige CAM-Engine ein Feedback-Report erzeugt. Je nach Format der CAD-Datenmodelle und je nach Typ und Fabrikat der in der Fertigungsanlage jeweils eingesetzten Fertigungsmaschine wird zur Erzeugung von Steuerungsprogrammen, die der Fertigung des bestimmten Bauteils bzw. Produkts dienen, spezifische, dafür geeignete CAM-Engines eingesetzt. Diese CAM-Engines ermöglichen auch die Durchführung eines Plausibilitätschecks bzw. einer Plausibilitätsüberprüfung und liefern dabei einen entsprechenden Feedback-Report. In einer Feedbackschleife können Kerneigenschaften angepasst werden, so dass aus dem ursprünglichen CAD-Modell ein finales CAD-Modell mit einem aus der CAM-Engine gewonnenem Feedback entsteht.

In einem weiteren Schritt S4 werden die erzeugten Feedback-Reports der verschiedenen Fertigungsalternativen zur Ermittlung von für die Fertigung des Produkts geeigneter Fertigungsalternativen ausgewertet, wobei berücksichtigt wird, ob

vorgegebene Fertigungstoleranzen und Fertigungsvorgaben bei der jeweiligen Fertigungsalternative eingehalten werden.

In einem weiteren Schritt S5 wird die optimale Fertigungsalternative aus den ermittelten geeigneten Fertigungsalternativen in Abhängigkeit einer aktuellen Fertigungssituation selektiert. Die Selektion betrifft die Anpassung des Designs, wobei möglichst viele unterschiedliche Fertigungsanlagen und/oder Fertigungstechnologien, über die der Hersteller verfügt, genutzt werden können. Die Selektion der optimalen Fertigungsalternative erfolgt dabei vorzugsweise unter Berücksichtigung verschiedener Kriterien, insbesondere von Fähigkeiten der jeweiligen involvierten Fertigungsmaschinen, die beispielsweise aus einer CAD/CAM-Datenbank ausgelesen werden, von zu erwartenden Produkteigenschaften des Produkts, insbesondere Inhaltstoffe, Entsorgbarkeit sowie Verschleiß, des resultierenden Fertigungsaufwandes, insbesondere des Aufwandes zur Herstellung, Materialbesorgung und Transportaufwand sowie eines aktuellen Anlagenstatus der betroffenen Fertigungsanlage. Dieser Anlagenstatus weist insbesondere folgende Angaben auf, nämlich eine Auslastung und/oder Durchsatz der Fertigungsmaschinen der Fertigungsanlage und der zugehörigen Fertigungsmitarbeiter, eine Verfügbarkeit der Fertigungsmaschinen der Fertigungsanlage, insbesondere ein Instandhaltungsplan zur Instandhaltung und Wartung der Fertigungsmaschinen der Fertigungsanlage, einen Fertigungsaufwand zur Fertigung des Produkts durch die Fertigungsmaschinen der Fertigungsanlage, und eine Verfügbarkeit von Ressourcen, Rohstoffen und Rohteilen zur Fertigung des Produkts durch die Fertigungsmaschinen der betroffenen Fertigungsanlage und/oder sonstige Freiheitsgrade der Fertigung des Produkts durch die Fertigungsanlage. Das erfindungsgemäße Verfahren nutzt dabei geeignete Schnittstellen, um relevante Daten, d.h. den aktuellen Status der aktuell betroffenen Fertigungsanlagen und korrelierte Planungen, abzugreifen und bei der Selektion zu berücksichtigen.

Die im Schritt S1 erzeugte bauteilspezifische, fertigungsanlagenunabhängige CAD-Fertigungsvorgabe des zu fertigenden Produkts wird vorzugsweise durch ein CAD-System erzeugt und enthält ein 3D-CAD-Modell des zu fertigenden Produkts. Dabei
5 weist die bauteilspezifische, fertigungsanlagenunabhängige CAD-Fertigungsvorgabe vorzugsweise weitere Fertigungsanforderungen auf, insbesondere zu erfüllende physikalische und/oder chemische Eigenschaften des zu fertigenden Produkts, sowie einzuhaltende Fertigungstoleranzen.

10

Nach Ermitteln der verschiedenen möglichen Fertigungsalternativen zur Fertigung des Produkts auf Grundlage der CAD-Fertigungsvorgabe im Schritt S2 wird im Schritt S3 eine spezifische Anreicherung des CAD-Modells für jede ermittelte
15 Fertigungsalternative generiert, wobei dies vorzugsweise von einem CAD-Modell-Generator auf Basis von Daten und/oder Regeln generiert wird, die aus einer CAD/CAM-Datenbank ausgelesen werden. Auf Basis des durch den CAD-Modell-Generator generierten spezifischen Anreicherung des CAD-Modells oder auf
20 Basis von Daten und/oder Regeln, insbesondere im Hinblick auf verfügbare Tests und Messverfahren der verschiedenen Fertigungsalternativen, die aus der CAD/CAM-Datenbank ausgelesen werden, wird vorzugsweise ein Mess- und Prüfplan zur Überwachung einer Produktqualität des gefertigten Produkts gene-
25 riert, der zu Mess- und Prüfeinrichtungen der Fertigungsanlage übertragen wird.

30

Für jede generierte spezifische Anreicherung des CAD-Modells wird durch eine zugehörige CAM-Engine ein Feedback-Report im Schritt S3 erzeugt. Die erzeugten Feedback-Reports der verschiedenen Fertigungsalternativen werden vorzugsweise gesammelt und auf deren Grundlage sowie auf Basis der bisherigen produkt-spezifischen, fertigungsanlagenunabhängigen CAD-Fertigungsvorgabe des Produkts und auf Basis von Daten
35 und/oder Regeln, die aus einer CAD/CAM-Datenbank ausgelesen werden, wird ein Gesamt-Feedback-Report erzeugt, den das CAD-System zur Anpassung der produkt-spezifischen, fertigungsanlagenunabhängigen CAD-Fertigungsvorgabe auswertet.

Fig. 2 zeigt ein Blockschaltbild zur Darstellung eines möglichen Ausführungsbeispiels der erfindungsgemäßen Vorrichtung zur Ermittlung einer optimalen Fertigungsvariante und zur
5 Fertigung eines Produkts gemäß einem weiteren Aspekt der Erfindung.

Wie man in Fig. 2 erkennen kann, weist die erfindungsgemäße Vorrichtung 1 bei dem dargestellten Ausführungsbeispiel ein
10 CAD-System 2 auf, welches eine produktspezifische, fertigungsanlagenunabhängige CAD-Fertigungsvorgabe des zu fertigenden Produkts erzeugt bzw. generiert.

Die Vorrichtung 1 enthält ferner einen CAD-Modell-Generator
15 3, welcher verschiedene mögliche Fertigungsalternativen zur Fertigung des Produkts auf Basis der durch das CAD-System 2 erzeugten produktspezifischen CAD-Fertigungsvorgabe ermittelt. Dabei wird für jede ermittelte Fertigungsalternative eine spezifische Anreicherung des CAD-Modells generiert, die
20 durch eine zugehörige CAM-Engine zur Erzeugung eines Feedback-Reports getestet wird.

Die Vorrichtung 1 enthält ferner eine Auswerteeinheit 4, die die erzeugten Feedback-Reports der verschiedenen Fertigungsalternativen zur Ermittlung von für die Fertigung des Produkts geeigneter Fertigungsalternativen auswertet und anschließend die optimale Fertigungsalternative aus den ermittelten geeigneten Fertigungsalternativen in Abhängigkeit verfügbarer Vorgaben und Einflussgrößen selektiert.
30

Jede CAM-Engine generiert vorzugsweise für die jeweils zugehörige spezifische Anreicherung des CAD-Modells, die durch den CAD-Modell-Generator 3 für die entsprechende Fertigungsalternative generiert wird, ein Steuerprogramm, das Fertigungsmaschinen der Fertigungsanlage zur Fertigung des Produkts ansteuert.
35

Die Auswerteeinheit 4 der Vorrichtung 1 hat vorzugsweise Zugriff auf eine Datenbank, welche Wissen und Regeln zu Materialeigenschaften sowie CAD- und CAM-Daten, hinsichtlich Fertigungsprozessen und/oder Fertigungsschritten und/oder Fertigungsregeln speichert. Die Auswerteeinheit 4 nimmt die Selektion der optimalen Fertigungsalternative vorzugsweise in Abhängigkeit von Produktkenngößen des Produkts sowie einer aktuellen Fertigungssituation der Fertigungsanlage vor, wobei ein aktueller Anlagenstatus der Fertigungsanlage berücksichtigt wird.

Die in Fig. 2 dargestellte Vorrichtung 1 zur Bereitstellung einer optimalen Fertigungsvariante ist bei einer möglichen Ausführungsform in einer Steuervorrichtung einer Fertigungsanlage integriert. Die erfindungsgemäße Vorrichtung 1 gemäß Fig. 2 stellt dabei vorzugsweise ein entsprechendes Steuerprogramm für die selektierte Fertigungsalternative bereit, wobei die Fertigungsmaschinen der Fertigungsanlage durch das bereitgestellte Steuerprogramm der selektierten optimalen Fertigungsalternative angesteuert werden.

Die Erfindung schafft gemäß einem weiteren Aspekt eine Fertigungsanlage mit mehreren Fertigungsmaschinen zur Fertigung eines Produkts, wobei die Fertigungsmaschinen der Fertigungsanlage durch Steuerprogramme angesteuert werden, die durch eine oder mehrere Steuervorrichtungen angesteuert werden, welche jeweils eine Vorrichtung zur Ermittlung einer optimalen Fertigungsvariante zur Fertigung eines Produkts enthält, wie es in Fig. 2 dargestellt ist. Die Fertigungsmaschinen können verschiedene Fertigungsschritte eines Fertigungsprozesses ausführen. Für jeden Fertigungsschritt können auch mehrere Fertigungsmaschinen desselben oder unterschiedlichen Typs oder Bauart vorhanden sein.

Fig. 3 zeigt eine Skizze zur Erläuterung der Funktionsweise des erfindungsgemäßen Verfahrens und der erfindungsgemäßen Vorrichtung. Wie man in Fig. 3 erkennen kann, weist das dort dargestellte System eine Vorrichtung 1 zur Ermittlung einer

optimalen Fertigungsvariante zur Fertigung eines Produkts auf, die u.a. ein CAD-System 2, einen CAD-Modell-Generator 3 und eine Auswerteeinheit 4 enthält. Das CAD-System 2 liefert eine produktspezifische, fertigungsanlagenunabhängige CAD-Fertigungsvorgabe FF bzw. ein sogenanntes Fertigungsrezept des zu fertigenden Produkts. Auf Basis der erzeugten produktspezifischen, fertigungsanlagenunabhängigen CAD-Fertigungsvorgabe FF und den in der Fertigungsanlage verfügbaren Fertigungsmaschinen werden verschiedene mögliche Fertigungsalternativen ermittelt. Der CAD-Modell-Generator 3 der Vorrichtung 1 generiert anschließend eine spezifische Anreicherung des CAD-Modells für jede ermittelte Fertigungsalternative. Wie in Fig. 3 dargestellt, generiert der CAD-Modell-Generator 3 eine spezifische Anreicherung des CAD-Modells sCAD-M, das einer spezifischen CAM-Engine 5 zugeführt wird. Für jede generierte spezifische Anreicherung des CAD-Modells wird durch die zugehörige CAM-Engine 5 ein Einzel-Feedback-Report EFR generiert. Nachdem jede einzelne spezifische Anreicherung des CAD-Modells an die spezifische CAM-Engine 5 übergeben worden ist, führt die CAM-Engine 5 vorzugsweise ein Plausibilitätstest durch, wobei das Ergebnis des Plausibilitätstests in dem Einzel-Feedback-Report EFR abgelegt wird. Sofern in dem Plausibilitätstest der CAM-Engine 5 keine unüberwindbaren technischen Hindernisse identifiziert worden sind, ermittelt die spezifische CAM-Engine 5 auf Basis der erhaltenen spezifischen Anreicherung des CAD-Modells die zur Fertigung des Bauteils bzw. Produkts erforderlichen Bearbeitungsschritte und generiert die dazu nötigen Steuerprogramme SP für die jeweiligen spezifischen Fertigungsmaschinen 6 der Fertigungsanlage. Für die Fertigung eines Produkts oder eines Bauteils, insbesondere eines mechanischen Bauteils, sind in der Regel verschiedene Fertigungsmaschinenarten, beispielsweise Drehmaschinen, Fräsmaschinen, Biegemaschinen oder dergleichen, und auch verschiedene Fertigungsmaschinenausführungen vorhanden. Je nach erforderlicher Fertigungsgenauigkeit oder des zu verarbeitenden Materials und der zu fertigenden Stückzahl sind die verschiedenen Fertigungsmaschinenarten und -ausführungen dieser Fertigungsmaschinen unterschiedlich geeignet, die je-

weiligen Fertigungsschritte vorzunehmen. Die Fertigungsmaschinen 6 der Fertigungsanlage werden durch das Steuerprogramm SP der selektierten optimalen Fertigungsalternative angesteuert. Die Selektion der optimalen Fertigungsalternative erfolgt, wie in Fig. 3 dargestellt, durch eine Auswerteeinheit 4 der Vorrichtung 1, die einen situationsspezifischen Entscheider enthalten kann. Auf Basis aller zuvor bereits erzeugten Fertigungsalternativen und eines aktuellen Anlagenstatus der Fertigungsanlage identifiziert dieses Teilsystem für die einzelnen Fertigungsschritte die jeweils optimale spezifische Fertigungsmaschine 6 der Fertigungsanlage. Entsprechend dieser Entscheidung wird das jeweils zugehörige Steuerprogramm SP an die entsprechende Fertigungsmaschine der Fertigungsanlage übergeben und dort ausgeführt.

15

Der in Fig. 3 dargestellte Einzel-Feedback-Report EFR gelangt bei dem in Fig. 3 dargestellten Ausführungsbeispiel zu einer Prüfeinrichtung 7, die in der Vorrichtung 1 integriert sein kann. Die Prüfeinrichtung 7 sammelt die Einzel-Feedback-Reports EFR der spezifischen CAM-Engine 5 und erstellt daraus auf Basis der Vorgaben und der CAD-Fertigungsvorgabe FF und des abgelegten Wissens von einer CAD/CAM-Wissensdatenbank 8 sowie ausgelesener Regeln einen Gesamt-Feedback-Report GFR. Der Gesamt-Feedback-Report GFR setzt sich bei einer möglichen Ausführungsform im Wesentlichen aus dem Einzel-Feedback-Reports EFR und allen spezifischen CAD-Modellen sCAD-M zusammen. Bei einer möglichen Ausführungsform werden diese Informationen durch Erkenntnisse auf Basis von Auswertungen der CAD-Fertigungsvorgabe FF und unter Berücksichtigung des in der CAD/CAM-Datenbank 8 gespeicherten Wissens und Regeln ergänzt. Der Gesamt-Feedback-Report wird dem CAD-System 2 der Vorrichtung 1 zur Anpassung bzw. Korrektur zugeführt. Das CAD-System 2 wertet den erhaltenen Gesamt-Feedback-Report GFR zur Anpassung der produktspezifischen, fertigungsanlagenunabhängigen CAD-Fertigungsvorgabe FF aus.

35

Bei dem in Fig. 3 dargestellten Ausführungsbeispiel enthält die Vorrichtung 1 ferner einen Mess- und Prüfplangenerator 9.

Dieses Teilsystem erzeugt aus der jeweiligen spezifischen Anreicherung des CAD-Modells sCAD-M unter Zuhilfenahme von Wissen, welches aus der CAD/CAM-Datenbank 8 ausgelesen wird, einen zugehörigen Mess- und Prüfplan MP. Dieser Mess- und
5 Prüfplan MP wird bei dem in Fig. 3 dargestellten Ausführungsbeispiel einer Messausrüstung 10 zugeführt. Die Messausrüstung 10 überwacht die Produktqualität des gefertigten Bauteils bzw. Produkts insbesondere dahingehend, ob die in den CAD-Modellen geforderten Fertigungsvorgaben und Fertigungstoleranzen bei der Fertigung des Produkts durch die Fertigungsmaschinen der Fertigungsanlage eingehalten werden.
10

Wie in Fig. 3 dargestellt, kann das CAD-System 2 bei einer möglichen Ausführungsform ein situationsspezifisches Assistenzsystem verwenden, das als Plug-in P in dem CAD-System 2
15 integriert sein kann. Das Plug-in P implementiert ein situationsspezifisches Assistenzsystem, das auf Basis der aktuellen Modellierungsschritte und auf Basis der in der Datenbank 8 abgelegten Informationen situationsspezifische Hinweise und
20 Anregungen geben kann und so die Modellierungsarbeiten bzw. Modellierungsschritte unterstützt und Fehler vermeidet bzw. Schwächen im Design erkennbar macht.

Die CAD/CAM-Datenbank 8 speichert die Wissensbasis, die
25 CAD/CAM-Daten sowie verschiedene Fertigungsregeln. Sofern die Informationen bereits auf Basis einer bestehenden Technologie präsentiert werden, können sie ohne weiteres Umkopieren oder Umstrukturieren verwendet werden. Die Datenpflege bzw. Informationsdatenpflege kann in einem solchen Fall durch eine un-
30 abhängige dritte Stelle bzw. Instanz erfolgen. Andernfalls werden das entsprechende Wissen bzw. die entsprechenden Informationen mithilfe eines Wissensakquisesystems 11 in den gemeinsamen Wissensbestand aufgenommen. Das Wissensakquisesystem 11 kann dabei lokale Problemlösungen, insbesondere
35 firmeninternes Wissen oder lokales Expertenwissen LEW, nutzen oder auf global verfügbares systemisches Wissen GSW zugreifen. Hierbei handelt es sich insbesondere um Wissen bzw. Informationen zu verschiedenen Datenformaten, CAD-Modelltypen,

Möglichkeiten und Begrenzungen einzelner Fertigungsmaschinen, Testverfahren sowie Werkzeuge. Weiterhin kann das Wissensakquisesytem 11 der Vorrichtung 1 auf global verfügbares technologisches Wissen GTW zugreifen, insbesondere über eine Netzwerkschnittstelle, beispielsweise eine Internetnetzwerkschnittstelle. Das global verfügbare technologische Wissen GTW umfasst neben technischem Wissen TW auch Basisontologien BO. Hierbei kann technologisches Wissen bzw. technologische Informationen zu den Eigenschaften und Limitierungen einzelner Fertigungsmaterialien und Fertigungsprozesse herangezogen werden.

Bei einer möglichen Ausführungsform des erfindungsgemäßen Verfahrens und der erfindungsgemäßen Vorrichtung 1 werden verschiedene Freiheitsgrade FG der Fertigung durch die Auswerteeinheit 4 bei der Selektion der optimalen Fertigungsalternative berücksichtigt. Die Vorrichtung 1 besitzt hierzu eine Schnittstelle, um diese Daten, insbesondere den Anlagenstatus der aktuellen Fertigungsanlagen und der korrelierten Fertigungsplanungen, abzugreifen und zu berücksichtigen. Hierzu können auch aktuelle Planungs-, Auslastungs- und Betriebsdaten PAB herangezogen werden, wie in Fig. 3 dargestellt. Diese können von bestehenden Systemen zur Projektabwicklung geliefert werden. Durch die Verwendung der aktuellen Planungs-, Auslastungs- und Betriebsdaten PAB wird sichergestellt, dass die Fertigungsmaschinen der Fertigungsanlage unter Berücksichtigung von gerade vorherrschenden Randbedingungen hinsichtlich der Qualität, des Durchsatzes und der benötigten Ressourcen optimal eingesetzt werden. Die Randbedingungen betreffen beispielsweise mögliche Limitierungen, Auslastungen, Störungen oder eine momentan bestehende Auftragslage.

Das in Fig. 3 dargestellte System erlaubt eine automatisierte Verwendung von CAD/CAM-Informationsdaten, um eine situationspezifische Unterstützung zu den jeweils anstehenden Designentscheidungen hinsichtlich eines Bauteils bzw. Produkts zu erhalten. Auf Basis einer aktuellen Fertigungsaufgabe und dem

Anlagenstatus sowie der aktuellen Fertigungsfreiheitsgrade FG wird ein optimales Fertigungsverfahren und die dafür geeigneten Fertigungsmaschinen eingesetzt. Das erfindungsgemäße System und das erfindungsgemäße Verfahren erlauben eine optimale
5 Fertigung hinsichtlich einer Ressourcenauslastung, Qualität, Logistik und Kundenzufriedenheit unter Berücksichtigung möglichst aller vorhandenen aktuellen Fertigungsparameter. Das erfindungsgemäße Verfahren und die erfindungsgemäße Vorrichtung erlauben eine maximale Ausschöpfung der durch den vor-
10 handenen Maschinenpark der Fertigungsanlage möglichen Fertigungsfreiheitsgrade FG hinsichtlich Fertigungsflexibilität durch frühzeitige Berücksichtigung im Produktdesign des zu fertigenden Produkts. Das erfindungsgemäße System erlaubt eine Entkopplung der Fertigungsdaten von den konkret vorhande-
15 nen Fertigungsmaschinen der Fertigungsanlage. Dabei werden Schwächen im Bauteildesign durch eine automatisierte Unterstützung beim Fällen von Designentscheidungen im Kontext der Fertigungstechnologie und der Fertigungsmaterialien mithilfe eines als Plug-in P ausgebildeten situationsspezifischen As-
20 sistenzsystems vermieden, das Hinweise und Anregungen einblenden kann. Das System kann standardisierte, herstellerunabhängige, ausgereifte und etablierte Basistechnologien einsetzen. Das erfindungsgemäße Verfahren und System lassen sich in einfacher Weise in bestehende Werkzeuglandschaften und
25 Prozesse einbinden. Das erfindungsgemäße System ist ferner flexibel generisch erweiterbar, insbesondere hinsichtlich vorhandenen Wissens, der Fertigungsregeln sowie möglicher Ausnahmen. Das erfindungsgemäße System setzt auf bestehende Kombinationen von verteilt vorliegenden Wissensbeständen auf,
30 insbesondere Wissen hinsichtlich von Werkstoff- und Halbzeugeigenschaften, Werkzeugeigenschaften, Vorrichtungsinformationen sowie Ressourcenbeständen.

Patentansprüche

1. Verfahren zur Ermittlung einer optimalen Fertigungsvariante zur Fertigung eines Produkts aus aktuell verfügbaren
5 Fertigungsalternativen einer oder mehrerer Fertigungsanlagen und Erzeugung der zugehörigen Fertigungsunterlagen auf Basis folgender Schritte:
 - 10 (a) Erzeugen (S1) einer produktspezifischen, fertigungsanlagenunabhängigen CAD-Fertigungsvorgabe (FF) des zu fertigenden Produkts;
 - (b) Ermitteln (S2) verschiedener möglicher Fertigungsalternativen zur Fertigung des Produkts auf Basis der
15 erzeugten produktspezifischen, fertigungsanlagenunabhängigen CAD-Fertigungsvorgabe (FF) und den verfügbaren Fertigungsmaschinen;
 - (c) Generieren (S3) einer Anreicherung des CAD-Modells (sCADM) für jede ermittelte Fertigungsalternative,
20 wobei für jede generierte Anreicherung des CAD-Modells (sCADM) durch eine zugehörige CAM-Engine (5) ein Feedback-Report (EFR) erzeugt wird;
 - 25 (d) Auswerten (S4) der erzeugten Feedback-Reports (EFR) der verschiedenen Fertigungsalternativen zur Ermittlung von für die Fertigung des Produkts geeigneter Fertigungsalternativen, und Auswertung, ob vorgegebene Fertigungstoleranzen und Fertigungsvorgaben bei
30 der jeweiligen Fertigungsalternative eingehalten werden; und
 - (e) Selektieren (S5) der optimalen Fertigungsalternative aus den ermittelten geeigneten Fertigungsalternativen
35 in Abhängigkeit einer aktuellen Fertigungssituation.
2. Verfahren nach Anspruch 1,
wobei die CAM-Engine (5) für die generierte spezifische

Anreicherung des CAD-Modells (sCADM) der jeweiligen Fertigungsalternative die zur Fertigung des Produkts notwendigen Fertigungsschritte ermittelt und ein entsprechendes Steuerprogramm (SP) für diese Fertigungsalternative erzeugt.

5

3. Verfahren nach Anspruch 2, wobei die Fertigungsmaschinen der Fertigungsanlage durch das erzeugte Steuerprogramm (SP) der selektierten optimalen Fertigungsalternative gesteuert werden.

10

4. Verfahren nach einem der vorangehenden Ansprüche 1 bis 3, wobei das Selektieren der optimalen Fertigungsalternative unter Berücksichtigung

15

- von Fähigkeiten der jeweils involvierten Fertigungsmaschinen, die aus einer CAD/CAM-Datenbank (8) ausgelesen werden,

20

- von zu erwartenden Produkteigenschaften, insbesondere Inhaltstoffe, Entsorgbarkeit und Verschleiß, und/oder Oberflächeneigenschaften, Ausprägung der Geometrie, insbesondere an Wirk- und Funktionsflächen,

25

- des resultierenden Aufwandes, insbesondere des Aufwandes zur Herstellung, Materialbesorgung und Transport,

30

- und des aktuellen Anlagestatus der Fertigungsanlage erfolgt, wobei der Anlagenstatus insbesondere angibt:

35

- eine Auslastung und/oder Durchsatz der Fertigungsmaschinen der Fertigungsanlage und der zugehörigen Fertigungsmitarbeiter,

- eine Verfügbarkeit der Fertigungsmaschinen der Fertigungsanlage, insbesondere ein Instandhaltungsplan zur Instandhaltung und Wartung der Fertigungsmaschinen der Fertigungsanlage,

- einen Fertigungsaufwand zur Fertigung des Produkts durch die Fertigungsmaschinen der Fertigungsanlage,
- 5
- eine Verfügbarkeit von Ressourcen, Rohstoffen und Rohteilen zur Fertigung des Produkts durch die Fertigungsmaschinen der Fertigungsanlage und/oder sonstige Freiheitsgrade der Fertigung des Produkts durch die Fertigungsanlage.
- 10
5. Verfahren nach einem der vorangehenden Ansprüche 1 bis 4, wobei die bauteilspezifische, fertigungsanlagenunabhängige CAD-Fertigungsvorgabe (FF) des zu fertigenden Produkts durch ein CAD-System (2) erzeugt wird und ein 3D-CAD-Modell des zu fertigenden Produkts enthält.
- 15
6. Verfahren nach einem der vorangehenden Ansprüche 1 bis 5, wobei die bauteilspezifische, fertigungsanlagenunabhängige CAD-Fertigungsvorgabe (FF) weitere Fertigungsanforderungen, insbesondere zu erfüllende physikalische und/oder chemische Eigenschaften des zu fertigenden Produkts, sowie Fertigungstoleranzen aufweist.
- 20
7. Verfahren nach einem der vorangehenden Ansprüche 1 bis 6, wobei die erzeugten Feedback-Reports (EFR) der verschiedenen Fertigungsalternativen gesammelt werden und auf deren Grundlage sowie auf Basis der bisherigen produktspezifischen CAD-Fertigungsvorgabe des Produkts und auf Basis von Daten und/oder Regeln, die aus einer CAD/CAM-Datenbank ausgelesen werden, ein Gesamt-Feedback-Report (GFR) erzeugt wird, den das CAD-System (2) zur Anpassung der produktspezifischen, fertigungsanlagenunabhängigen CAD-Fertigungsvorgabe (FF) auswertet.
- 25
- 30
- 35
8. Verfahren nach einem der vorangehenden Ansprüche 1 bis 7, wobei eine spezifische Anreicherung des CAD-Modells (sCADM) für jede identifizierte Fertigungsalternative

durch einen CAD-Modell-Generator (3) auf Basis von Daten und/oder Regeln generiert wird, die aus einer CAD/CAM-Datenbank (8) ausgelesen werden.

- 5 9. Verfahren nach Anspruch 8,
wobei auf Basis der durch den CAD-Modell-Generator (3)
generierten spezifischen Anreicherung des CAD-Modells und
auf Basis von Daten und/oder Regeln, insbesondere im Hin-
10 blick auf verfügbare Tests und Messverfahren der ver-
schiedenen Fertigungsalternativen, die aus der CAD/CAM-
Datenbank (8) ausgelesen werden, ein Mess- und Prüfplan
(MP) zur Überwachung einer Produktqualität des gefertig-
ten Produkts generiert wird, der zu Mess- und Prüfein-
richtungen (10) der Fertigungsanlage übertragen wird.
- 15
10. Vorrichtung (1) zur Bereitstellung einer optimalen Ferti-
gungsvariante zur Fertigung eines Produkts aus aktuell
verfügbaren Fertigungsalternativen einer oder mehrerer
Fertigungsanlagen, mit:
- 20
- einem CAD-System (2) zur Erzeugung einer produktspe-
zifischen, fertigungsanlagenunabhängigen CAD-
Fertigungsvorgabe (FF) des zu fertigenden Produkts,
 - 25 - einem CAD-Modell-Generator (3), welcher verschiedene
mögliche Fertigungsalternativen zur Fertigung des
Produkts auf Basis der durch das CAD-System (2) er-
zeugten produktspezifischen, fertigungsanlagenunab-
hängigen CAD-Fertigungsvorgabe (FF) ermittelt,
30 wobei für jede ermittelte Fertigungsalternative eine
Anreicherung des CAD-Modells (sCADM) generiert wird,
die durch eine zugehörige CAM-Engine (5) zur Erzeu-
gung eines Feedback-Reports (EFR) getestet wird, und
mit
 - 35 - einer Auswerteeinheit (4), die die erzeugten Feed-
back-Reports (EFR) der verschiedenen Fertigungsalter-
nativen zur Ermittlung von für die Fertigung des Pro-

dukts geeigneter Fertigungsalternativen auswertet und die optimale Fertigungsalternative aus den ermittelten geeigneten Fertigungsalternativen in Abhängigkeit aller verfügbaren Vorgaben und Einflussgrößen selektiert.

5

11. Vorrichtung nach Anspruch 10,

10

wobei jede CAM-Engine (5) für die jeweils zugehörige spezifische Anreicherung des CAD-Modells (sCADM), die durch den CAD-Modell-Generator (3) für die entsprechende Fertigungsalternative generiert wird, ein Steuerprogramm (SP) erzeugt, das Fertigungsmaschinen der Fertigungsanlage zur Fertigung des Produkts ansteuert.

15

12. Vorrichtung nach Anspruch 10 oder 11,

20

wobei die Auswerteeinheit (4) Zugriff auf eine Datenbank (8) hat, welche Wissen und Regeln zu Materialeigenschaften sowie CAD- und CAM-Daten, hinsichtlich Fertigungsprozessen und/oder Fertigungsschritten und/oder Fertigungsregeln speichert.

13. Vorrichtung nach einem der vorangehenden Ansprüche 10 bis 12,

25

wobei die Auswerteeinheit (4) die Selektion der optimalen Fertigungsalternative in Abhängigkeit von Produktkenngroßen sowie der aktuellen Fertigungssituation der Fertigungsanlage ausführt, wobei ein aktueller Anlagenstatus der Fertigungsanlage berücksichtigt wird, welcher aufweist:

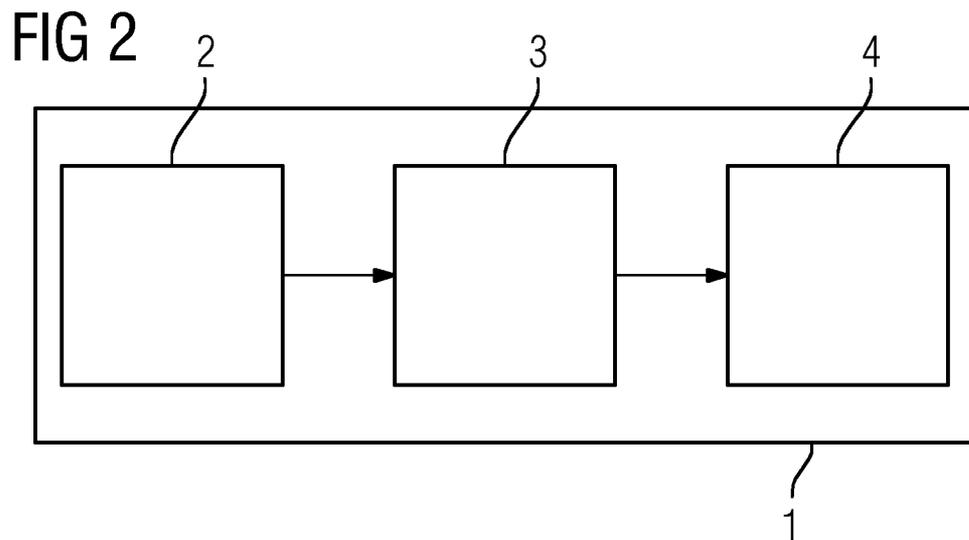
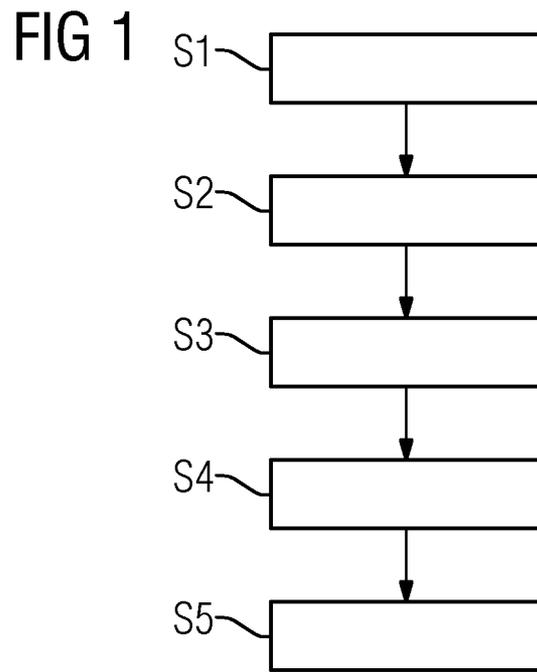
30

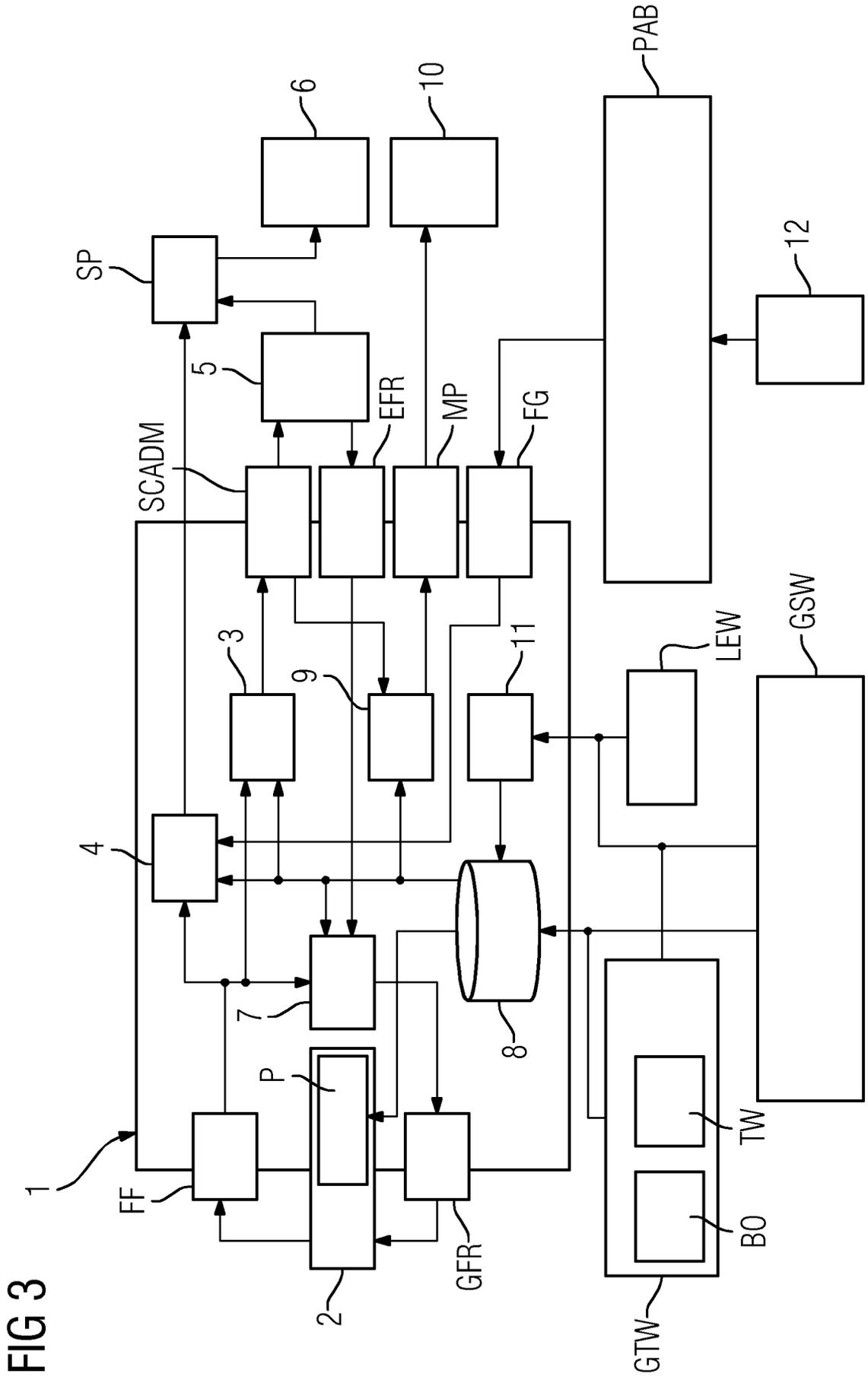
- eine Auslastung und/oder Durchsatz der Fertigungsmaschinen der Fertigungsanlage und der zugehörigen Fertigungsmitarbeiter,

35

- eine Verfügbarkeit der Fertigungsmaschinen der Fertigungsanlage, insbesondere einen Instandhaltungsplan zur Instandhaltung und Wartung der Fertigungsmaschinen der Fertigungsanlage,

- einen Fertigungsaufwand zur Fertigung des Produkts durch die Fertigungsmaschinen der Fertigungsanlage,
 - 5 - eine Verfügbarkeit von Ressourcen, Rohstoffen und Rohteilen zur Fertigung des Produkts durch die Fertigungsmaschinen der Fertigungsanlage und/oder sonstige Freiheitsgrade der Fertigungsmaschinen der Fertigungsanlage.
- 10
14. Vorrichtung nach einem der vorangehenden Ansprüche 10 bis 13,
- wobei die erzeugten Feedback-Reports (EFR) der verschiedenen Fertigungsalternativen gesammelt werden und auf deren Grundlage sowie auf Basis der bisherigen produktspezifischen CAD-Fertigungsvorgabe (FF) des Produkts und auf
- 15 Basis von Daten und Regeln, die aus einer CAD/CAM-Datenbank ausgelesen werden, ein Gesamt-Feedback-Report (GFR) erzeugt wird, den das CAD-System (2) zur Anpassung
- 20 der produktspezifischen CAD-Fertigungsvorgabe (FF) ausgewertet.
15. Fertigungsanlage mit Fertigungsmaschinen zur Fertigung mindestens eines Produkts, insbesondere eines Bauteils,
- 25 mit einer Vorrichtung (1) nach einem der vorangehenden Ansprüche 10 bis 14.





INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No
PCT/EP2014/064459

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER
INV. G06Q10/06
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)
G06Q

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

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
X	EP 2 019 371 A1 (BOEING CO [US]) 28 January 2009 (2009-01-28) abstract; figure 1	1-15
X	DE 100 23 668 A1 (DAIMLER CHRYSLER AG [DE]) 6 December 2001 (2001-12-06) abstract	1-15

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
16 September 2014

Date of mailing of the international search report
24/09/2014

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
Weidmann, Matthias

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

Information on patent family members

International application No

PCT/EP2014/064459

Patent document cited in search report	Publication date	Patent family member(s)	Publication date
EP 2019371	A1	28-01-2009	
		EP 2019371 A1	28-01-2009
		EP 2216740 A2	11-08-2010
		US 2009030661 A1	29-01-2009

DE 10023668	A1	06-12-2001	
		DE 10023668 A1	06-12-2001
		FR 2811439 A1	11-01-2002
		US 2002010523 A1	24-01-2002

INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT

Internationales Aktenzeichen

PCT/EP2014/064459

A. KLASSIFIZIERUNG DES ANMELDUNGSGEGENSTANDES INV. G06Q10/06 ADD.		
Nach der Internationalen Patentklassifikation (IPC) oder nach der nationalen Klassifikation und der IPC		
B. RECHERCHIERTE GEBIETE		
Recherchierter Mindestprüfstoff (Klassifikationssystem und Klassifikationssymbole) G06Q		
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		
C. ALS WESENTLICH ANGESEHENE UNTERLAGEN		
Kategorie*	Bezeichnung der Veröffentlichung, soweit erforderlich unter Angabe der in Betracht kommenden Teile	Betr. Anspruch Nr.
X	EP 2 019 371 A1 (BOEING CO [US]) 28. Januar 2009 (2009-01-28) Zusammenfassung; Abbildung 1 -----	1-15
X	DE 100 23 668 A1 (DAIMLER CHRYSLER AG [DE]) 6. Dezember 2001 (2001-12-06) Zusammenfassung -----	1-15
<input 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	"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	
"E" frühere Anmeldung oder Patent, die bzw. das jedoch erst am oder nach dem internationalen Anmeldedatum veröffentlicht worden ist	"X" Veröffentlichung von besonderer Bedeutung; die beanspruchte Erfindung kann allein aufgrund dieser Veröffentlichung nicht als neu oder auf erfinderischer Tätigkeit beruhend betrachtet werden	
"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)	"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	
"O" Veröffentlichung, die sich auf eine mündliche Offenbarung, eine Benutzung, eine Ausstellung oder andere Maßnahmen bezieht	"&" Veröffentlichung, die Mitglied derselben Patentfamilie ist	
"P" Veröffentlichung, die vor dem internationalen Anmeldedatum, aber nach dem beanspruchten Prioritätsdatum veröffentlicht worden ist		
Datum des Abschlusses der internationalen Recherche <div style="text-align: center; font-size: 1.2em;">16. September 2014</div>	Absendedatum des internationalen Recherchenberichts <div style="text-align: center; font-size: 1.2em;">24/09/2014</div>	
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 <div style="text-align: center; font-size: 1.2em;">Weidmann, Matthias</div>	

INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT

Angaben zu Veröffentlichungen, die zur selben Patentfamilie gehören

Internationales Aktenzeichen

PCT/EP2014/064459

Im Recherchenbericht angeführtes Patentdokument	Datum der Veröffentlichung	Mitglied(er) der Patentfamilie	Datum der Veröffentlichung
EP 2019371	A1 28-01-2009	EP 2019371 A1	28-01-2009
		EP 2216740 A2	11-08-2010
		US 2009030661 A1	29-01-2009

DE 10023668	A1 06-12-2001	DE 10023668 A1	06-12-2001
		FR 2811439 A1	11-01-2002
		US 2002010523 A1	24-01-2002
