

(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
24. Oktober 2019 (24.10.2019)



(10) Internationale Veröffentlichungsnummer
WO 2019/202025 A1

(51) Internationale Patentklassifikation:

G06F 17/50 (2006.01) H02B 3/00 (2006.01)

(21) Internationales Aktenzeichen: PCT/EP2019/059981

(22) Internationales Anmeldedatum:
17. April 2019 (17.04.2019)

(25) Einreichungssprache: Deutsch

(26) Veröffentlichungssprache: Deutsch

(30) Angaben zur Priorität:

18168443.2 20. April 2018 (20.04.2018) EP

(71) Anmelder: RITTAL GMBH & CO. KG [DE/DE]; Auf
dem Stützelberg, 35745 Herborn (DE).

(72) Erfinder: WEICHSEL, Thomas; Anton-Raky-Allee 16,
41812 Erkelenz (DE). MICHELS, Thomas; Grüner Weg

1, 53842 Troisdorf (DE). MARTIN, Lars; Mühlgasse
14, 35516 Münzenberg (DE). ZACHRAI, Judith; Kon-
rad-Adenauer-Straße 12, 35745 Herborn (DE).

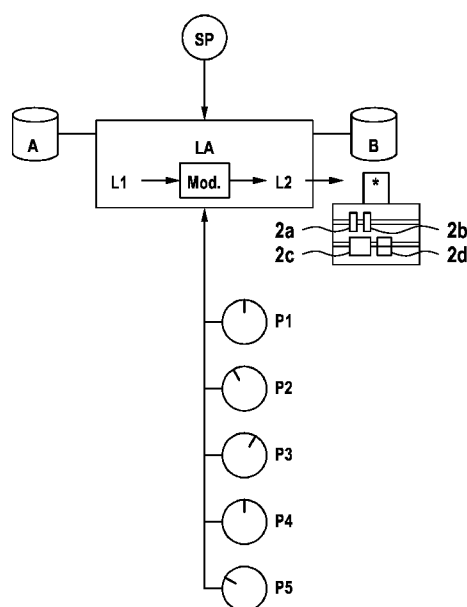
(74) Anwalt: MAIWALD PATENTANWALTS- UND
RECHTSANWALTSGESELLSCHAFT MBH; Grün-
straße 25, 40212 Düsseldorf (DE).

(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,

(54) Title: METHOD AND SYSTEM FOR OPTIMIZABLE CONFIGURATION OF A SWITCHGEAR CABINET

(54) Bezeichnung: VERFAHREN UND SYSTEM ZUR OPTIMIERBAREN KONFIGURATION EINES SCHALTSCHRANKS

Fig. 1



(57) Abstract: The invention relates to a method and a computer-aided system for configuring a switchgear cabinet comprising switchgear cabinet equipment of modular design that is made up, on an application-specific basis, of multiple electrical and/or electronic installation modules (2a - 2d) and further optional components, in accordance with the following steps: creation of a functional plan of the switchgear cabinet equipment in the form of an electrical circuit diagram (SP), conversion of the electrical circuit diagram (SP) of the switchgear cabinet equipment into a three-dimensional layout (L1) for the arrangement of at least multiple electrical and/or electronic installation modules (2a - 2d) in at least one switchgear cabinet housing (1), wherein the three-dimensional layout (L1) of the switchgear cabinet equipment is created by a software-based layout assistance unit (LA) by accessing an installation module library (B) connected thereto, modification of the created three-dimensional layout (L1) by means of a modification algorithm (Mod), implemented in the layout assistance unit (LA), to produce at least one alternative three-dimensional layout (L2), wherein the modification algorithm (Mod) for modifying the layout (L1) into the alternative layout (L2) ascertains values of a quality function and optimises the modification such that the quality function assumes an extreme value, handover to assemble the switchgear cabinet in accordance with the alternative three-dimensional layout (L2).

(57) Zusammenfassung: Die Erfindung betrifft ein Verfahren sowie ein computergestütztes System zur Konfiguration eines Schaltschranks, der eine modular aufgebaute Schaltschrankschaltung umfasst, die anwendungsspezifisch aus mehreren elektrischen und/oder elektronischen Einbaumodulen (2a - 2d) und weiteren optionalen Komponenten zusammengesetzt wird, gemäß folgender Schritte: Erstellung einer funktionellen Planung der Schaltschrankschaltung in



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).

Erklärungen gemäß Regel 4.17:

— hinsichtlich der Berechtigung des Anmelders, ein Patent zu beantragen und zu erhalten (Regel 4.17 Ziffer ii)

Veröffentlicht:

— mit internationalem Recherchenbericht (Artikel 21 Absatz 3)

Form eines elektrischen Schaltplans (SP), Umwandlung des elektrischen Schaltplans (SP) der Schaltschrankausstattung in ein dreidimensionales Layout (L1) zur Anordnung von zumindest mehreren elektrischen und/oder elektronischen Einbaumodulen (2a - 2d) in mindestens einem Schaltschrankgehäuse (1), wobei das dreidimensionale Layout (L1) der Schaltschrankausstattung durch eine softwaretechnische Layout- Assistenzeinheit (LA) in Zugriff auf eine hieran angeschlossene Einbaumodul-Bibliothek (B) erstellt wird, Modifikation des erstellten dreidimensionalen Layouts (L1) durch einen in der Layout- Assistenzeinheit (LA) implementierten Abwandlungsalgorithmus (Mod) zur Erzeugung mindestens eines alternativen dreidimensionalen Layouts (L2), wobei der Abwandlungsalgorithmus (Mod) zur Abwandlung des Layouts (L1) in das alternative Layout (L2) Werte einer Gütefunktion ermittelt und die Abwandlung derart optimiert, dass die Gütefunktion ein Extremum annimmt, Übergabe zur Montage des Schaltschranks gemäß des alternativen dreidimensionalen Layouts (L2).

Verfahren und System zur optimierbaren Konfiguration eines Schaltschranks

Die vorliegende Erfindung betrifft ein Verfahren sowie ein System zur Konfiguration eines Schaltschranks, der eine modular aufgebaute Schaltschrankausstattung umfasst, die anwendungsspezifisch aus mehreren elektrischen und/oder elektronischen Einbaumodulen und weiteren optionalen Komponenten zusammengesetzt wird, wobei eine softwaretechnische Layout-Assistenzeinheit LA zur Umwandlung eines vorgegebenen elektrischen Schaltplans SP der Schaltschrankausstattung in ein dreidimensionales Layout L1 vorgesehen ist, welches eine Anordnung der Einbaumodule und der gegebenenfalls weiteren Komponenten in Zugriff auf eine an die Layout-Assistenzeinheit LA angeschlossene Einbaumodul-Bibliothek B in mindestens einem Schaltschrankgehäuse festlegt.

Das Einsatzgebiet der Erfindung erstreckt sich auf den Schaltanlagen- und Steuerungsbau. Schaltschränke werden vornehmlich im Rahmen industrieller Anwendungen genutzt. Ein Schaltschrank der hier interessierenden Art beherbergt die elektrischen und elektronischen Komponenten, welche gewöhnlich in Form normierter Einbaumodule ausgebildet sind, um vorzugsweise eine automatisierte Fertigungsanlage, eine verfahrenstechnische Anlage, eine Werkzeugmaschine oder dergleichen anzusteuern. Bei den im Schaltschrank untergebrachten Einbaumodulen handelt es sich meist um steuerungstechnische Komponenten, die nicht als Feldgeräte direkt an der Maschine angeordnet sind. Als Einbaumodule kommen beispielsweise speicherprogrammierbare Steuerungen, universelle Recheneinheiten, Frequenzumrichter für Drehzahlsteuerungen, Kommunikationsmodule für Busanbindungen zu unterschiedlichen Bussystemen, digitale Eingangs-/Ausgangs-Module oder auch analoge Eingangsmodule zum Einsatz. Daneben enthält ein Schaltschrank üblicherweise auch elektrische Klemmleisten zum Anschluss der elektrischen Verkabelung am Einsatzort, womit die Verbindung zur Stromversorgung und den anzusteuern den Maschinen und Anlagen

hergestellt wird. Die Fertigung eines Schaltschranks mit der anwendungsspezifischen Schaltschrankausstattung erfolgt nach Maßgabe eines zuvor im Konzeptionsstadium erarbeiteten dreidimensionalen Layouts, welches auch die Stücklisteninformationen der zu verbauenden Komponenten umfasst.

Eine solche Konzeptionierung und Konstruktion von Schaltschrankausstattungen wird heutzutage softwarebasiert, beispielsweise durch EPLAN Pro Panel[®] in Form einer CAD-unterstützten Konstruktion erstellt. Die geplante Konstruktion umfasst insbesondere den dreidimensionalen Montageaufbau in Form eines Layouts, eine virtuelle Verdrahtung der elektrischen und elektronischen Einbaumodule und gegebenenfalls anderer Komponenten sowie eine auf die Schaltschrankausstattung abgestimmte Konfiguration von Kupferschienen und dergleichen für flexible Stromverteilersysteme. Die elektrischen oder elektronischen Einbaumodule können beispielsweise über Hutschienen im Schaltschrankgehäuse befestigt werden. Zur Komplettierung des Schaltschranks können auch optionale Komponenten, wie Ventilatoren, Lüfter, Filter, Wärmetauscher, Klimatisierungseinheiten, Innenbeleuchtungssysteme, Kabeleinführungen und dergleichen konzipiert werden.

Im modernen Schaltanlagen- und Steuerungsbau entsteht die geplante Konstruktion in der Regel seitens des Schaltanlagen- und Steuerungsbauers, welcher die Planung softwareunterstützt für seinen speziellen Anwendungsfall erstellt. Die geplante Konstruktion kann jedoch auch seitens des Schaltschrankherstellers erstellt werden. Als Planungshilfe steht ein Assistenzsystem mit angeschlossener Objektbibliothek zur Verfügung, mit welcher eine Schaltschrankkonfiguration unter Beachtung der geometrischen Abmessungen und der geltenden Normen und Erfahrungswerte erstellt werden kann. Die aus einer funktionellen Planung der Schaltschrankausstattung in Form eines elektrischen Schaltplans resultierende geplante Konstruktion wird anschließend beim Schaltanlagen- und Steuerungsbauer zur Fertigstellung in seiner Elektrowerkstatt angewiesen.

Die gemäß des allgemein bekannten Standes der Technik durchgeführte softwareunterstützte geplante Konstruktion zur Erstellung des dreidimensionalen Layouts zeichnet sich mit anderen Worten durch eine Layout-Assistenzeneinheit aus, die im Zugriff auf eine hieran angeschlossene Einbaumodul-Bibliothek das Layouten der Schaltschrankausstattung unter Beachtung der baulichen Randbedingungen, beispielsweise Abstandsmaße, Zugänglichkeit oder elektrische Energieverbrauchsvorgabe unterstützt. Dabei orientiert sich die softwareunterstützte geplante Konstruktion an dem Prinzip eines Systembaukastens.

Aus der WO 2008/071309 A1 geht eine Schaltschrankanordnung mit mehreren einzelnen Schaltschränken hervor, die mittels Wandabschnitten in mehrere als Funktionsräume dienende Teilräume unterteilt sind, worin beispielsweise Niederspannungsanlagen, Einschübe, Kühlaggregate und andere Komponenten platzierbar sind. Dabei kann ein Teilraum beispielsweise eine elektrische Verteilschienenanordnung und hierauf aufgesetzte Geräteadapter zur Montage zugeordneter elektrischer oder elektronischer Einbaumodule aufnehmen.

Die EP 0 943 165 B1 offenbart verschiedene Ausstattungskonzepte von Schaltschränken. Bei einem ersten Ausführungsbeispiel umfasst ein baugruppenorientierter Schaltschrank ein Schaltschrankgehäuse, in dem mehrere elektrische und elektronische Bauteile und Geräte angeordnet sind. Im oberen Bereich des Schaltschrankgehäuses befinden sich mehrere Ein/Ausgabemodule, im mittleren Bereich sind mehrere Sicherungselemente und eine größere Anzahl von Leistungsschaltern platziert und im unteren Bereich sind Klemmeinrichtungen zur Befestigung von Kabelsträngen, die zu einzelnen Maschinen führen, untergebracht. Zur Verbindung der einzelnen Bauteile und Geräte untereinander sind in dem Schaltschrank mehrere Klemmen zur Zugangsverdrahtung, mehrere Klemmen zur Zwischenrangierung und mehrere Klemmen zur Abgangsranierung angeordnet.

Gemäß einem zweiten in diesem Stand der Technik offenbarten Ausstattungskonzept sind in einem Schaltschrankgehäuse auf einer gemeinsamen Tragschiene verschiedene Einbaumodule befestigt. Der Schaltschrank ist funktionsblockorientiert aufgebaut, das heißt, dass nur diejenigen Einbaumodule enthalten sind, die für die Funktion einer Maschine notwendig sind. Darüber hinaus beinhaltet das Schaltschrankgehäuse auch mehrere Busklemmen zum Anschluss des Schaltschranks an ein Bussystem, eine Signalüberwachungseinheit, mehrere Ein/Ausgabemodule, ein Netzteil sowie Lastrelais. Im Boden des Schaltschrankgehäuses befinden sich Kabeldurchführungen, durch welche die Anschlussleitungen für Maschinen sowie Leitungen für zusätzliche Sensoren und/oder Aktoren in das Innere des Schaltschranks geführt werden können. Dieser Schaltschrank des zweiten Ausführungsbeispiels ist so ausgeführt, dass dieser mindestens der Schutzklasse IP65 entspricht.

Das Layout von Schaltschränken der vorstehend beschriebenen Art muss aus der Anwendung heraus definierte Rahmenbedingungen erfüllen und kann darüber hinaus nach zusätzlichen Aspekten optimiert werden, beispielsweise hinsichtlich der thermischen Belastbarkeit, der elektromagnetischen Verträglichkeit, der Packungsdichte an Einbaumodulen und sonstigen Komponenten, des elektrischen Energieverbrauchs und dergleichen. Allerdings stehen diese Optimierungsaspekte zumeist in einem konkurrierenden Verhältnis zueinander, so dass die Optimierung in Richtung eines Aspekts zu Lasten eines anderen Aspekts geht. Beispielsweise führt die Erhöhung der Packungsdichte meist zu einer höheren thermischen Belastung des Schaltschranks.

Es ist daher die Aufgabe der vorliegenden Erfindung, ein Verfahren sowie System zur Konfiguration eines Schaltschranks der gattungsgemäßen Art dahingehend weiter zu verbessern, dass dessen dreidimensionales Layout in für den Nutzer einfacher Weise mit bestmöglicher Balance von möglichen Optimierungsaspekten gestaltet werden kann.

Die Aufgabe wird hinsichtlich eines Verfahrens zur Konfiguration eines Schaltschranks gemäß Anspruch 1 gelöst. Ein dieses Verfahren umsetzendes computergestütztes System ist in Anspruch 5 angegeben und ein das Verfahren verkörperndes Computerprogrammprodukt ist Inhalt des Anspruchs 12.

Die Erfindung schließt die verfahrenstechnische Lehre ein, dass die Konfiguration eines Schaltschranks zunächst von der Erstellung oder Bereitstellung einer funktionalen Planung der Schaltschranksausstattung in Form eines elektrischen Schaltplans SP ausgeht. Anschließend erfolgt eine Umwandlung des elektrischen Schaltplans SP der Schaltschranksausstattung in ein dreidimensionales Layout L1 zur Anordnung von zumindest mehreren elektrischen und/oder elektronischen Einbaumodulen in mindestens einem Schaltschrankgehäuse, wobei das dreidimensionale Layout L1 der Schaltschranksausstattung durch eine softwaretechnische Layout-Assistenzeinheit LA – beispielsweise das Produkt EPLAN Pro Panel® der Anmelderin – in Zugriff auf eine hieran angeschlossene Einbaumodul-Bibliothek erstellt wird. Erfindungsgemäß erfolgt anschließend eine Modifikation des so erstellten dreidimensionalen Layouts L1 durch einen in der Layout-Assistenzeinheit LA implementierten Abwandlungsalgorithmus Mod zur Erzeugung mindestens eines alternativen dreidimensionalen Layouts L2. Dabei ermittelt der Abwandlungsalgorithmus Mod zur Abwandlung des dreidimensionalen Layouts L1 in das alternative Layout L2 Werte einer Gütefunktion und optimiert die Abwandlung dergestalt, dass die Gütefunktion ein Extremum annimmt. Anschließend kann eine Übergabe des Schaltschranks gemäß dem alternativen dreidimensionalen Layout L2 an die Montagewerkstatt erfolgen.

Der erfindungswesentliche Abwandlungsalgorithmus macht sich die mathematische Gütefunktion zunutze. In der Gütefunktion ist das Ziel verkörpert, welches mit der Abwandlung erreicht werden soll, beispielsweise eine Erhöhung des Raumnutzungsgrades, also der Packungsdichte. Falls mehrere Ziele gleichzeitig erreicht werden sollen, so bietet

dieses mathematische Modell die Voraussetzung dafür, dass im Falle von Zielkonflikten Kompromisse im Sinne eines kleinsten gemeinsamen Nenners auffindbar sind. Neben der Gütefunktion können auch harte Randbedingungen vorgegeben werden, wie eine Maximaltemperatur oder ein maximaler Energieverbrauch. Pro Layout-Variante kann eine Auswertung in mehreren Durchläufen stattfinden, welche mit der Gütefunktion getestet werden. Zur Suche der jeweils nächsten Variante kann ein beliebiges Optimierungsverfahren genutzt werden, das aus der Vorgeschichte der bisherigen Varianten eine neue Variante mit voraussichtlich verbessertem Wert der Gütefunktion ableitet.

Mit anderen Worten wird durch den Planer zunächst ein dreidimensionales Layout L1 in Umsetzung des elektrischen Schaltplans SP unter Nutzung der softwaretechnischen Layout-Assistenz erstellt. Anschließend kann vorgegeben werden, dass das dreidimensionale Layout, was auf beispielsweise zwei Schaltschränke verteilt angeordnet ist, gemäß dem originären Layout L1, auf eine geringere Montagefläche eines einzigen Schaltschranks passen soll. Nach Maßgabe dieser Vorgabe erstellt der Abwandlungsalgorithmus Mod einen entsprechend angepassten Vorschlag für ein modifiziertes Layout L2, eventuell unter Missachtung von normalerweise geltenden Abstandsmaßen oder dergleichen. Da in diesem Fall jedoch ein höherer Raumnutzungsgrad Priorität vor vorgegebenen Abstandsmaßen hat, wird dem modifizierten Layout L2 Vorzug gegeben. Eventuell hieraus resultierende höhere Wärmeentwicklungen können dann beispielsweise durch Verbau einer Kühlungseinrichtung mit höherer Kühlleistung kompensiert werden.

Falls eine Vorzertifizierung des alternativen dreidimensionalen Layouts L2 ergibt, dass diese Ausführungsform zulässig ist, so wird gemäß einer weiteren die Erfindung verbessernden Maßnahme vorgeschlagen, dass dieses alternative dreidimensionale Layout L2 in der mit der Layout-Assistenzeinheit LA verbundenen Anwendungs-Datenbank A hinterlegt wird, um dieses bei zukünftigen Umwandlungen gleicher oder ähnlicher elektrischer Schaltpläne SP⁴ als originär zulässiges Layout zu berücksichtigen. Durch diese Maßnahme erfolgt eine

Anreicherung der Anwendungs-Datenbank A, welche insoweit nicht allein auf Ausführungsformen beschränkt wird, bei denen vorgegebene bauliche Randbedingungen und dergleichen starr beachtet werden. Durch diese Flexibilität ist ein stärker anwendungsorientiertes Layouten von Schaltschrankausstattungen möglich. Somit schafft die erfindungsgemäße Lösung eine Vorgehensweise, welches bei der Erstellung eines Layouts für einen Schaltschrank einzelne Optimierungsmöglichkeiten einschließlich ihrer Wechselwirkung zueinander berücksichtigt.

Systemtechnisch lässt sich die erfindungsgemäße Lösung durch eine zusätzliche Implementierung oder Zuordnung des Abwandlungsalgorithmus Mod in die Layout-Assistenzeinheit LA, welche ein Computer mit hierauf installierter Software EPLAN Pro Panel[®] sein kann, umgesetzt.

Vorzugsweise weist der Abwandlungsalgorithmus Mod eine parametrierbare Gütefunktion auf, die mindestens einen änderbaren Layout-Optimierungsparameter P1 bis Pn enthält. Dieser Layout-Optimierungsparameter stellt dem Planer - beispielsweise mittels eines auf einer grafischen Benutzeroberfläche nachgebildeten Drehreglers - für verschiedene Optimierungsrichtungen eine Eingabemöglichkeit bereit, um gewünschte Gewichtungen für eine Layout-Änderung zu wählen. Das System ermittelt anhand des Abwandlungsalgorithmus Mod ein aufeinander abgestimmtes, sinnvolles Verhältnis von verschiedenen vorgegebenen Layout-Optimierungsparametern und schlägt ein zugehöriges alternatives Layout L2 vor. Im einfachsten Fall ist es jedoch auch denkbar, dass nur ein einziger Layout-Optimierungsparameter vorgebbar ist. Verschiedene Layout-Optimierungsparameter P1 bis Pn sind denkbar, wovon nachfolgend eine nicht einschränkende Auswahl angegeben wird:

Ein erster Layout-Optimierungsparameter P1 beschreibt den Raumnutzungsgrad des zur Verfügung stehenden Schaltschrankvolumens im Verhältnis zu geometrischen Abmessungen der hierin zu verbauenden elektrischen und/oder elektronischen Einbaumodule.

Ein zweiter Layout-Optimierungsparameter P2 beschreibt einen thermischen Belastungsgrad unter Berücksichtigung der von den Einbaumodulen erzeugten Abwärme, der Umgebungswärme des Schaltschranks und gegebenenfalls der Wärmeabfuhrleistung einer optionalen Lüfter-/Klimaeinheit.

Ein dritter Layout-Optimierungsparameter P3 beschreibt den elektrischen Energieverbrauchsgrad unter Berücksichtigung zumindest der elektrischen Leistungsaufnahme aller Einbaumodule. Zwar hängt die elektrische Gesamtleistung von der elektrotechnischen Auslegung der Schaltschrankausstattung ab, jedoch könnten alternative Einbaumodule in Frage kommen, die sich bei derselben Funktion in der Leistungsaufnahme unterscheiden. Daher kann auch dahingehend optimiert werden.

Ein vierter Layout-Optimierungsparameter P4 beschreibt einen EMV-Grad (EMV = elektromagnetische Verträglichkeit), welcher die elektromagnetische Emission der Einbaumodule berücksichtigt.

Ein fünfter Layout-Optimierungsparameter P5 beschreibt den Verdrahtungslängen-Grad, um Vorgaben hinsichtlich minimaler oder maximaler Kabellängen bei der Anordnung von Einbaumodulen im Schaltschrankgehäuse zu berücksichtigen.

Da sich einige dieser hier nur exemplarisch angegebenen Layout-Optimierungsparameter P1 bis P5 widersprechen, also die Optimierung hinsichtlich eines Parameters zu Lasten eines anderen Parameters gehen kann, ermöglicht die mathematische Methodik der parametrierbaren Gütefunktion eine bestmögliche Balance zwischen verschiedenen Optimierungsparametern, um einen diesbezüglichen Kompromiss aufzufinden. Dabei kann im Sinne einer Priorisierung einem Parameter eine höhere Priorität als einem anderen Parameter beigemessen werden. Mithilfe des erfindungsgemäßen Abwandlungsalgorithmus Mod ist es

also möglich, die Schaltschrankausstattung bezüglich unterschiedlicher Kriterien hinsichtlich Raumnutzung, thermischer Belastung, elektrischer Energieverbrauch, EMV, Materialaufwand für Verdrahtung und dergleichen zu optimieren.

Das erfindungsgemäße Verfahren lässt sich vorteilhafterweise in Form eines Computerprogrammprodukts ausbilden, dessen Programmcodemittel das Verfahren durchführen. Das Computerprogrammprodukt kann vorzugsweise auf der Layout-Assistenzeinheit LA eines computergestützten Konstruktionssystems ablaufen oder auf einem computerlesbaren Datenträger oder in einem Cloud-Speicher abgespeichert und so zur Verfügung gestellt werden.

Weitere die Erfindung verbessernde Maßnahmen werden nachstehend gemeinsam mit der Beschreibung eines bevorzugten Ausführungsbeispiels der Erfindung anhand der Figuren näher dargestellt. Es zeigt:

Fig. 1 eine schematische Darstellung eines computergestützten Systems zur Konfiguration eines Schaltschranks, und

Fig. 2 eine Ablaufdarstellung des von dem System durchgeführten Verfahrens zur optimierbaren Konfiguration eines Schaltschranks.

Gemäß Fig. 1 umfasst ein computergestütztes System zur Durchführung einer Konfiguration eines Schaltschranks im Kern eine softwaretechnische Layout-Assistenzeinheit LA, welche in Form eines Rechners mit der anwendungsspezifischen Software ausgebildet ist. Dieser softwaretechnischen Layout-Assistenzeinheit LA geht als Eingangsinformation der elektrische Schaltplan SP einer anwendungsindividuell konfigurierten

Schaltschranksausstattung zu. Hieraus ermittelt die softwaretechnische Layout-Assistenzeinheit LA ein dreidimensionales Layout L1 unter Zugriff auf eine hieran angeschlossene Einbaumodul-Bibliothek B. Die Einbaumodul-Bibliothek B enthält je ein digitales Modell aller elektrischen und elektronischen Einbaumodule sowie gegebenenfalls weiterer Komponenten, welche als Schaltschranksausstattung infrage kommen können. Hiermit sind die geometrischen Abmessungen, alle wesentlichen elektrischen Parameter und Einbaurandbedingungen, wie Minimalabstände oder Kompatibilität, verknüpft. Durch zusätzlichen Rückgriff auf eine Anwendungs-Datenbank A kann die Layout-Assistenzeinheit LA einen Abgleich mit vorgefertigten oder ähnlichen historischen dreidimensionalen Layouts vornehmen, so dass die Anwendungs-Datenbank A auch eine Art Wissensspeicher darstellt. Anhand dieser historischen Layouts kann sich der Nutzer der Layout-Assistenzeinheit LA an anderen funktionierenden Layouts oder Teil-Layouts bei einer aktuellen Konfigurationsaufgabe orientieren.

Die Layout-Assistenzeinheit LA umfasst den hier erfindungswesentlichen Abwandlungsalgorithmus Mod, mit welchem die Möglichkeit der Erzeugung eines alternativen dreidimensionalen Layouts L2 besteht. Durch den Schritt der Abwandlung wird eine Optimierung des zunächst erzeugten Layouts L1 in Richtung verschiedener Zielvorgaben (Layout-Optimierungsparameter) möglich. Hierzu ermittelt der Abwandlungsalgorithmus Mod zur Abwandlung des Layouts L1 in das alternative Layout L2 Werte einer Gütefunktion und optimiert die besagte Abwandlung derart, dass die Gütefunktion ein Extremum annimmt. Im Extremum, also einen Maximal- oder Minimalwert, in welchem der Anstieg Null ist, liegt das Optimum der Gütefunktion.

Als verschiedenartig vorgebbare Layout-Optimierungsparameter P1 bis P5 kommen im Rahmen dieses Ausführungsbeispiel der Layout-Optimierungsparameter P1 infrage, mit welchem ein Raumnutzungsgrad des zur Verfügung stehenden Schaltschranksvolumens als Optimierungsziel vorgebbbar ist. So kann beispielsweise zu einem höheren Raumnutzungsgrad

hin optimiert werden, bei welchem die Packungsdichte der im Schaltschrankgehäuse 1 verbauten elektrischen und/oder elektronischen Einbaumodule 2a bis 2d erhöht wird, indem beispielsweise die normalerweise vorgegebenen Abstandsmaße untereinander überschritten werden.

Als weiterer Layout-Optimierungsparameter P2 kann der thermische Belastungsgrad variiert werden. Bei Einstellung eines höheren thermischen Belastungsgrades wird beispielsweise in Kauf genommen, dass die von den Einbaumodulen 2a bis 2d erzeugte Abwärme einen zunächst vorgegebenen Grenzwert überschreitet. Dabei kann auch die Umgebungswärme des Schaltschrankgehäuses 1 und die Wärmeabfuhrleistung einer Lüfter-/Klimaeinheit 3 mit in die Kalkulation der Wärmebilanz mit einbezogen werden.

Als Layout-Optimierungsparameter P3 kann außerdem der elektrische Energieverbrauch aller verbauten Einbaumodule 2a bis 2d und gegebenenfalls weiterer Komponenten berücksichtigt werden. Soll beispielsweise zu einem geringeren Energieverbrauchsgrad hin optimiert werden, so werden gezielt Einbaumodule 2a bis 2d mit geringerer Leistungsaufnahme als Substitut ausgewählt, falls diese in der Einbaumodul-Bibliothek B zur Verfügung stehen.

Als Layout-Optimierungsparameter P4 kann auch der EMV-Grad berücksichtigt werden. Ist beispielsweise in einer Anwendungsumgebung eine höhere elektromagnetische Emission der verbauten Einbaumodule 2a bis 2d sowie eventuell weiterer Komponenten möglich, so kann zu einem höheren EMV-Grad hin optimiert werden, um beispielsweise kostengünstigere Einbaumodule 2a bis 2d als Substitute zu berücksichtigen, sofern diese in der Einbaumodul-Bibliothek B zur Verfügung gestellt werden.

Als weiterer Layout-Optimierungsparameter P5 kann auch ein Verdrahtungslängen-Grad der schrankinternen Verdrahtung berücksichtigt werden, um beispielsweise Vorgaben hinsichtlich minimaler oder maximaler Kabellängen bei der Anordnung der Einbaumodule 2a bis 2d im

Schaltschrankgehäuse 1 zu berücksichtigen. Hierdurch kann beispielsweise der Materialverbrauch an Verdrahtungskabeln gesenkt werden, um weitere Materialkosten einzusparen.

Da es zu Konstellationen kommen kann, bei denen zumindest einige der vorstehend angegebenen Layout-Optimierungsparameter P1 bis P5 in Zielkonflikt miteinander stehen, wählt der Abwandlungsalgorithmus Mod die beste Kompromisslösung aus. Die verschiedenen Layout-Optimierungsparameter P1 bis P5 können beispielsweise auf einer grafischen Benutzeroberfläche der Layout-Assistenzeinheit LA in Form von Drehreglern mit Minimum-Maximum-Skala ausgebildet sein. Daneben kommt natürlich auch eine hardwaremäßige Ausgestaltung derartiger Drehregler oder dergleichen auf einem Bedienpaneel in Betracht.

Die Fig. 2 illustriert exemplarisch die bevorzugte Abfolge der unterschiedlichen Verfahrensschritte, welche mit dem vorstehend beschriebenen computergestützten System durchgeführt werden.

Das Verfahren geht aus von einer Bereitstellung einer funktionalen Planung der Schaltschrankausstattung in Form eines elektrischen Schaltplans SP. Anschließend erfolgt eine Umwandlung dieses elektrischen Schaltplans SP der Schaltschrankausstattung innerhalb einer softwaretechnischen Layout-Assistenzeinheit LA in ein dreidimensionales Layout L1 mit allen erforderlichen Stücklisteninformationen. Mit dem dreidimensionalen Layout L1 steht die Normalform einer Schaltschrankkonfiguration zur Verfügung. Anschließend wird eine Modifikation des erstellten dreidimensionalen Layouts L1 durch die Layout-Assistenzeinheit LA zur Erzeugung mindestens eines alternativen dreidimensionalen Layouts L2 durchgeführt, indem ein Abwandlungsalgorithmus Mod der Layout-Assistenzeinheit LA zur Abwandlung Werte einer Gütefunktion ermittelt und die Abwandlung derart optimiert, dass die Gütefunktion ein Extremum annimmt. Hierdurch kann beispielsweise in Richtung

einer höheren Packungsdichte verbauter Komponenten optimiert werden. Nachfolgend wird ein Prüfen des dreidimensionalen Layouts L2 auf Zulässigkeit bezüglich baulicher Randbedingungen und/oder technischer Normen durchgeführt, was einer Vorzertifizierung vor Übergabe des modifizierten dreidimensionalen Layouts L2 an die Montage M in Form einer CAD-unterstützt erstellten Konstruktion entspricht.

Im Rahmen des Verfahrens zur Konfiguration eines Schaltschranks ist es auch denkbar, dass das alternative und vorzertifizierte dreidimensionale Layout L2 in einer mit der Layout-Assistenzeinheit LA verbundenen Anwendungs-Datenbank hinterlegt wird, um dieses bei zukünftigen Umwandlungen gleicher oder ähnlicher elektrischer Schaltpläne SP^{*} als originär zulässiges Layout zu berücksichtigen.

Bezugszeichenliste

A	Anwendungs-Datenbank
B	Einbaumodul-Bibliothek
LA	Layout-Assistenzeinheit
L1	Layout (aus Schaltplan)
L2	Layout (modifiziert)
SP	Elektrischer Schaltplan
Mod	Abwandlungsalgorithmus
P1...n	Layout-Optimierungsparameter
VZ	Vorzertifizierung

A n s p r ü c h e

1. Verfahren zur Konfiguration eines Schaltschranks, der eine modular aufgebaute Schaltschrankausstattung umfasst, die anwendungsspezifisch aus mehreren elektrischen und/oder elektronischen Einbaumodulen (2a – 2d) und weiteren optionalen Komponenten zusammengesetzt wird, gemäß folgender Schritte:

- Erstellung einer funktionellen Planung der Schaltschrankausstattung in Form eines elektrischen Schaltplans (SP),
- Umwandlung des elektrischen Schaltplans (SP) der Schaltschrankausstattung in ein dreidimensionales Layout (L1) zur Anordnung von zumindest mehreren elektrischen und/oder elektronischen Einbaumodulen (2a – 2d) in mindestens einem Schaltschrankgehäuse (1), wobei das dreidimensionale Layout (L1) der Schaltschrankausstattung durch eine softwaretechnische Layout-Assistenzeinheit (LA) in Zugriff auf eine hieran angeschlossene Einbaumodul-Bibliothek (B) erstellt wird, **gekennzeichnet durch eine**
- Modifikation des erstellten dreidimensionalen Layouts (L1) durch einen in der Layout-Assistenzeinheit (LA) implementierten Abwandlungsalgorithmus (Mod) zur Erzeugung mindestens eines alternativen dreidimensionalen Layouts (L2), wobei der Abwandlungsalgorithmus (Mod) zur Abwandlung des Layouts (L1) in das alternative Layout (L2) Werte einer Gütefunktion ermittelt und die Abwandlung derart optimiert, dass die Gütefunktion ein Extremum annimmt,
- Übergabe zur Montage des Schaltschranks gemäß des alternativen dreidimensionalen Layouts (L2).

2. Verfahren nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Umwandlung des elektrischen Schaltplans (SP) der Schaltschrankausstattung in ein dreidimensionales Layout (L1) ein Prüfen desselben auf Zulässigkeit bezüglich baulicher Randbedingungen und/oder technischen Normen beinhaltet, die in einer Anwendungs-Datenbank (A) hinterlegt sind.

3. Verfahren nach Anspruch 1 oder 2,

dadurch gekennzeichnet, dass das alternative dreidimensionale Layout (L2) in der mit der Layout-Assistenzeinheit (LA) verbundenen Anwendungs-Datenbank (A) hinterlegt wird, um dieses bei zukünftigen Umwandlungen gleicher oder ähnlicher elektrischer Schaltpläne (SP') als originär zulässiges Layout zu berücksichtigen.

4. Verfahren nach Anspruch 1,

dadurch gekennzeichnet, dass das alternative dreidimensionale Layout (L2) vor Übergabe an die Montage (M) des Schaltschranks eine Vorzertifizierung (VZ) durchläuft, bei welcher eine digitalisierte Prüfung auf normkonforme Umsetzung stattfindet.

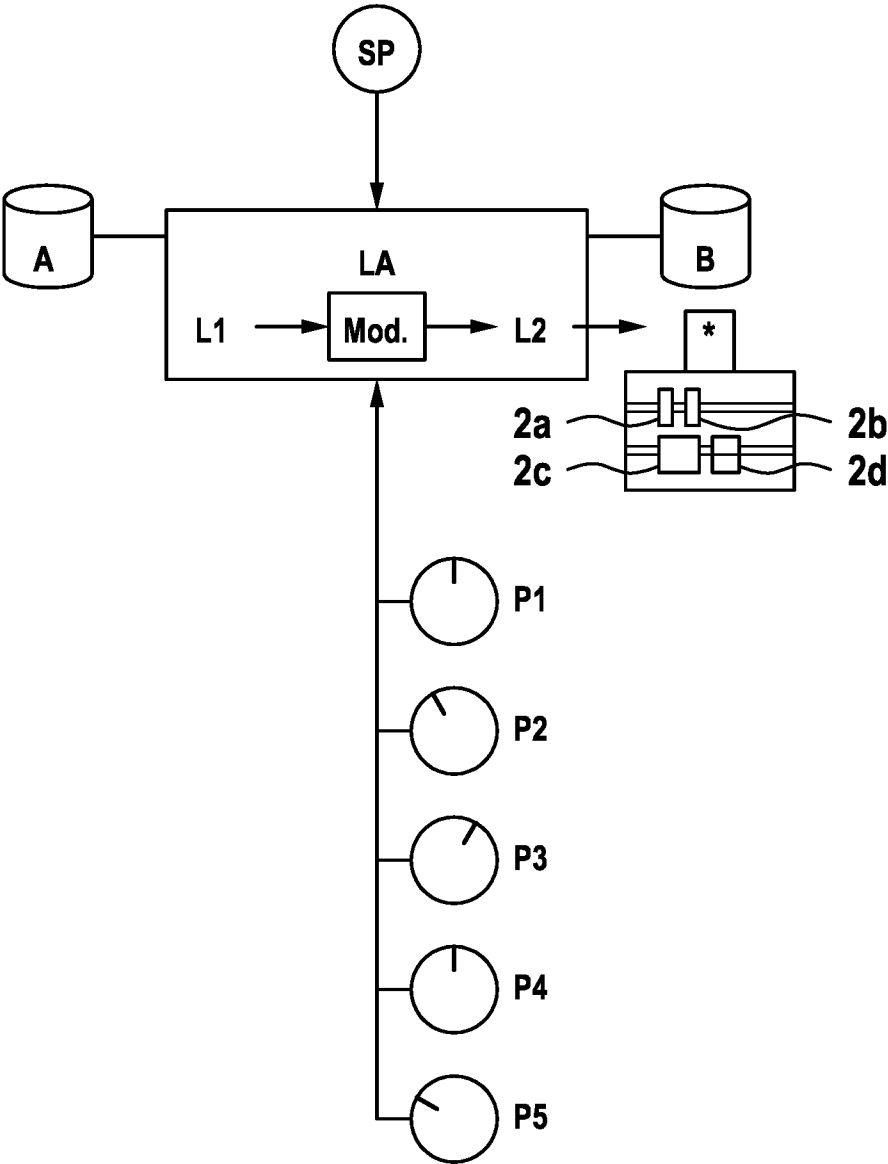
5. Computergestütztes System zur zumindest teilweisen Durchführung des Verfahren zur Konfiguration eines Schaltschranks nach einem der vorstehenden Ansprüche, umfassend eine softwaretechnische Layout-Assistenzeinheit (LA) zur Umwandlung eines vorgegebenen elektrischen Schaltplans (SP) einer Schaltschrankausstattung in ein dreidimensionales Layout (L1), das eine Anordnung von zumindest mehreren elektrischen und/oder elektronischen Einbaumodulen (2a – 2d) in Zugriff auf eine an die Layout-Assistenzeinheit (LA) angeschlossene Einbaumodul-Bibliothek (B) in mindestens einem Schaltschrankgehäuse (1) festlegt,

gekennzeichnet durch, einen in der Layout-Assistenzeinheit (LA) implementierten oder dieser zugeordneten Abwandlungsalgorithmus (Mod) zur Erzeugung mindestens eines alternativen dreidimensionalen Layouts (L2), wobei der Abwandlungsalgorithmus (Mod) zur Abwandlung des Layouts (L1) in das alternative Layout (L2) Werte einer Gütefunktion ermittelt und die Abwandlung derart optimiert, dass die Gütefunktion ein Extremum annimmt.

6. Computergestütztes System nach Anspruch 5,
dadurch gekennzeichnet, dass der Abwandlungsalgorithmus (Mod) eine parametrierbare Gütefunktion enthält, die mindestens einen vorgegebenen Layout-Optimierungsparameters (P1 ... Pn) aufweist.
7. Computergestütztes System nach Anspruch 6,
dadurch gekennzeichnet, dass der Layout-Optimierungsparameter (P1) als Raumnutzungsgrad des zur Verfügung stehenden Schaltschrankvolumens im Verhältnis zu geometrischen Abmessungen der hierin zu verbauenden elektrischen und/oder elektronischen Einbaumodule (2a – 2d) ausgebildet ist.
8. Computergestütztes System nach Anspruch 6,
dadurch gekennzeichnet, dass der Layout-Optimierungsparameter (P2) als thermischer Belastungsgrad unter Berücksichtigung der von den Einbaumodulen (2a – 2d) erzeugten Abwärme, der Umgebungswärme des Schaltschrankgehäuses (1) und der Wärmeabfuhrleistung einer optionalen Lüfter-/Klimaeinheit (3) ausgebildet ist.
9. Computergestütztes System nach Anspruch 6,
dadurch gekennzeichnet, dass der Layout-Optimierungsparameter (P3) als elektrischer Energieverbrauchsgrad unter Berücksichtigung zumindest der elektrischen Leistungsaufnahme der Einbaumodule (2a – 2d) ausgebildet ist.
10. Computergestütztes System nach Anspruch 6,
dadurch gekennzeichnet, dass der Layout-Optimierungsparameter (P4) als EMV-Grad ausgebildet ist, welcher die elektromagnetische Emission der Einbaumodule (2a – 2d) berücksichtigt.

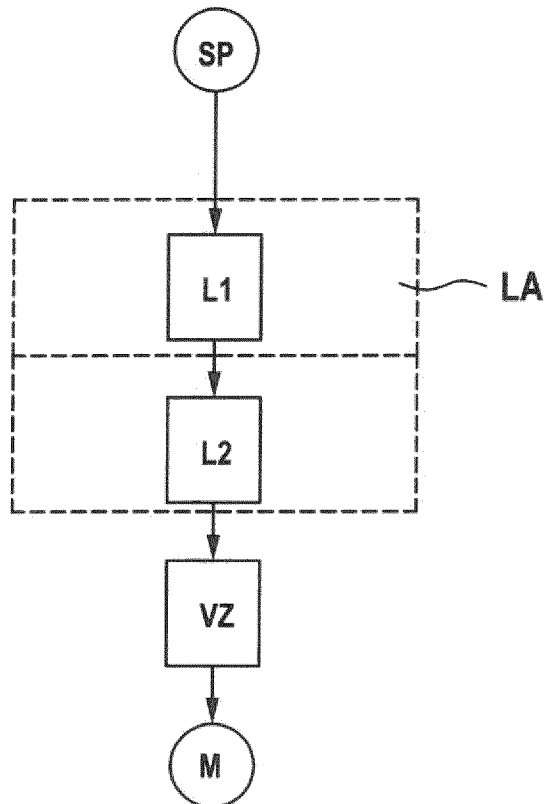
11. Computergestütztes System nach Anspruch 6, **dadurch gekennzeichnet**, dass der Layout-Optimierungsparameter (P5) als Verdrahtungslängen-Grad ausgebildet ist, um Vorgaben hinsichtlich minimaler oder maximaler Kabellängen bei der Anordnung der Einbaumodule (2a – 2d) im Schaltschrankgehäuse (1) zu berücksichtigen.
12. Computerprogrammprodukt mit Programmcodemitteln zur Durchführung des Verfahrens nach einem der Ansprüche 1 bis 4, wenn das Computerprogrammprodukt auf einer Layout-Assistenzeinheit (LA) eines computergestützten Systems nach einem der Ansprüche 5 bis 11 abläuft oder auf einem computerlesbaren Datenträger oder in einem Cloud-Speicher abgespeichert ist.

Fig. 1



2 / 2

Fig. 2



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/EP2019/059981**A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER****G06F 17/50**(2006.01)i; **H02B 3/00**(2006.01)i

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; H02B; G05B

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.
Y	DE 102011117679 A1 (DESIGN READY CONTROLS INC [US]) 14 February 2013 (2013-02-14) paragraph [0058] - paragraph [0191]; figures 5A-20	1-12
Y	WO 2017191059 A1 (WÖHNER GMBH & CO KG ELEKTROTECHNISCHE SYSTEME [DE]) 09 November 2017 (2017-11-09) page 14, line 1 - page 20, line 17; figures 5A-7A	1-12

☐ 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

07 May 2019

Date of mailing of the international search report

16 May 2019

Name and mailing address of the ISA/EP

European Patent Office
p.b. 5818, Patentlaan 2, 2280 HV Rijswijk
Netherlands

Telephone No. (+31-70)340-2040

Facsimile No. (+31-70)340-3016

Authorized officer

Nettesheim, Johannes

Telephone No.

INTERNATIONAL SEARCH REPORT
Information on patent family members

International application No.

PCT/EP2019/059981

Patent document cited in search report			Publication date (day/month/year)	Patent family member(s)			Publication date (day/month/year)
DE	102011117679	A1	14 February 2013	NONE			
WO	2017191059	A1	09 November 2017	CN	109074414	A	21 December 2018
				EP	3452928	A1	13 March 2019
				US	2019123524	A1	25 April 2019
				WO	2017191059	A1	09 November 2017

A. KLASSIFIZIERUNG DES ANMELDUNGSGEGENSTANDES
 INV. G06F17/50 H02B3/00
 ADD.

Nach der Internationalen Patentklassifikation (IPC) oder nach der nationalen Klassifikation und der IPC

B. RECHERCHIERTE GEBIETE

Recherchierter Mindestprüfstoff (Klassifikationssystem und Klassifikationssymbole)
 G06F H02B G05B

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.
Y	DE 10 2011 117679 A1 (DESIGN READY CONTROLS INC [US]) 14. Februar 2013 (2013-02-14) Absatz [0058] - Absatz [0191]; Abbildungen 5A-20	1-12
Y	----- WO 2017/191059 A1 (WÖHNER GMBH & CO KG ELEKTROTECHNISCHE SYSTEME [DE]) 9. November 2017 (2017-11-09) Seite 14, Zeile 1 - Seite 20, Zeile 17; Abbildungen 5A-7A -----	1-12



Weitere Veröffentlichungen sind der Fortsetzung von Feld C zu entnehmen



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

7. Mai 2019

Absendedatum des internationalen Recherchenberichts

16/05/2019

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

Nettesheim, Johannes

INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT

Angaben zu Veröffentlichungen, die zur selben Patentfamilie gehören

Internationales Aktenzeichen

PCT/EP2019/059981

Im Recherchenbericht angeführtes Patentdokument	Datum der Veröffentlichung	Mitglied(er) der Patentfamilie	Datum der Veröffentlichung
DE 102011117679 A1	14-02-2013	KEINE	

WO 2017191059 A1	09-11-2017	CN 109074414 A	21-12-2018
		EP 3452928 A1	13-03-2019
		US 2019123524 A1	25-04-2019
		WO 2017191059 A1	09-11-2017
