

(12) **Österreichische Patentanmeldung**

(21) Anmeldenummer: **A 1275/2003** (51) Int. Cl.⁸: **H02M 1/08** (2006.01)
(22) Anmeldetag: **13.08.2003** **H02M 7/48** (2006.01)
(43) Veröffentlicht am: **15.06.2006**

(73) Patentanmelder:

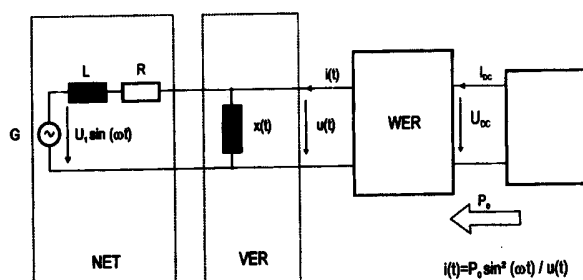
SIEMENS AG ÖSTERREICH
A-1210 WIEN (AT)

(72) Erfinder:

CESNAK LORAND DIPL.ING.
WIEN (AT)
ECKL GERALD DIPL.ING. DR.
SCHLEINBACH (AT)

(54) **VERFAHREN UND WECHSELRICHTER ZUM EINSPEISEN VON WECHSELSTROM IN EIN NETZ**

(57) Ein Verfahren zum Einspeisen von Wechselstrom in ein Netz (NET), bei welchem eine Gleichspannung mit Hilfe eines Wechselrichters (WER) in eine Wechselspannung mit Netzfrequenz gewandelt wird und der Ausgang des Wechselrichters an dem Netz liegt, wobei die Klemmenspannung ($u(t)$) gemessen wird und der Ausgangsstrom ($i(t)$) des Wechselrichters (WER) so geregelt wird, dass er im wesentlichen dem Quotienten aus sinusquadratförmiger Augenblickleistung $P_o \cdot \sin^2(\omega t)$ und der Klemmenspannung ($u(t)$) entspricht, somit $i(t) = P_o \cdot \sin^2(\omega t) / u(t)$.



ZUSAMMENFASSUNG

Ein Verfahren zum Einspeisen von Wechselstrom in ein Netz (NET), bei welchem eine Gleichspannung mit Hilfe eines Wechselrichters (WER) in eine Wechselspannung mit Netzfrequenz gewandelt wird und der Ausgang des Wechselrichters an dem Netz liegt, wobei die Klemmenspannung ($u(t)$) gemessen wird und der Ausgangsstrom ($i(t)$) des Wechselrichters (WER) so geregelt wird, dass er im wesentlichen dem Quotienten aus sinusquadratförmiger Augenblickleistung $P_o \cdot \sin^2(\omega t)$ und der Klemmenspannung ($u(t)$) entspricht, somit $i(t) = P_o \cdot \sin^2(\omega t) / u(t)$.

Fig. 1

VERFAHREN UND WECHSELRICHTER ZUM EINSPEISEN VON WECHSELSTROM IN EIN NETZ

Die Erfindung bezieht sich auf ein Verfahren zum Einspeisen von Wechselstrom in ein Netz, bei welchem eine Gleichspannung mit Hilfe eines Wechselrichters in eine Wechselspannung mit Netzfrequenz gewandelt wird und der Ausgang des Wechselrichters an dem Netz liegt.

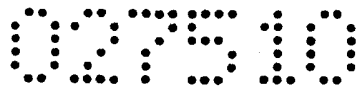
Ebenso bezieht sich die Erfindung auf einen Wechselrichter zur Umwandlung einer Eingangsgleichspannung einer Gleichspannungsquelle in eine Ausgangswechselspannung mit Netzfrequenz, dessen Ausgang an Klemmen eines Wechselstromnetzes liegt, um Energie von der Gleichspannungsquelle in das Netz zu speisen.

Insbesondere bei sogenannten Alternativenergiequellen, wie Solar- oder Brennstoffzellen mit verhältnismäßig geringer Leistung im Kilowattbereich und darunter, werden elektronische Wechselrichter mit hohem Wirkungsgrad verwendet. Wegen der geringen Spitzenstromleistung zeigen solche Wechselrichter ein Stromquellenverhalten, d.h. es wird so geregelt, dass ein sinusförmiger Strom in das Netz gespeist wird.

Demgegenüber zeigen die Drehstromgeneratoren der Kraftwerke, die meist die Hauptenergielieferanten eines Netzes sind, das Verhalten von Spannungsquellen, die eine Sinusspannung mit Netzfrequenz in das Netz speisen.

Ein Netz samt seinen Verbrauchern zeigt - gesehen von den Einspeisungsquellen - kein rein ohm'sches Verhalten, vielmehr liegen kapazitive und induktive Komponenten vor. Darüber hinaus - und dies war Anlass für die vorliegende Erfindung - ist das Netz mit seinen Verbrauchern keine lineare Impedanz. Die Nichtlinearitäten bringen verzerrte Spannungen und Ströme und dementsprechend Harmonische der Netzfrequenz. Dies bedeutet, dass Generatoren, welche das Netz speisen, und ebenso Transformatoren auch Ströme mit mehrfacher Netzfrequenz, z.B. 150 Hz, liefern müssen. Dies ist z.B. bei Drehstromgeneratoren mit ihrem niedrigen Innenwiderstand möglich, doch führt dies zu zusätzlichen Verlusten in den Generatoren und Transformatoren, die für die Netzfrequenz, z.B. 50 Hz, dimensioniert sind. Es ist daher wünschenswert, diese zusätzlichen Verluste, die sich aus Kupferverlusten und aus Eisenverlusten in den Generatoren bei höheren Frequenzen ergeben, so gering wie möglich zu halten.

Die zusätzliche Energieeinspeisung aus einer großen Anzahl kleiner Wechselrichter von Solaranlagen oder Brennstoffzellen verstärkt jedoch das angesprochene Problem. Wie bereits erwähnt, speisen die Wechselrichter solcher Klein- oder Kleinst-Lieferanten einen sinusför-



migen Strom mit Netzfrequenz in das Netz, sie decken daher den Bedarf des Netzes an Stromanteilen mit mehrfacher Netzfrequenz nicht ab. Dadurch werden aber die eigentlichen Kraftwerke mit ihren Drehstromgeneratoren im Bereich der Harmonischen noch mehr belastet, was den Wirkungsgrad der Generatoren weiter herabsetzt.

Es ist eine Aufgabe der Erfindung, den oben beschriebenen Problemen entgegenzuwirken, d.h. beim Einsatz kleiner Stromlieferanten mit Wechselspannungswandlern die Belastung der eigentlichen Kraftwerke mit Harmonischen zu verringern.

Diese Aufgabe wird mit einem Verfahren der eingangs genannten Art gelöst, bei welchem erfindungsgemäß die Klemmenspannung $u(t)$ gemessen wird und der Ausgangsstrom des Wechselrichters so geregelt wird, dass er im wesentlichen dem Quotienten aus sinusquadratformiger Augenblickleistung $P_0 \cdot \sin^2(\omega t)$ und der Klemmenspannung $u(t)$ entspricht, somit $i(t) = P_0 \cdot \sin^2(\omega t) / u(t)$.

Dank der Erfindung werden dem Netz Oberwellen des Speisestroms zugeführt, sodass die Kraftwerke weniger mit Oberwellen belastet werden.

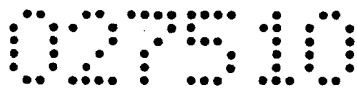
Die Aufgabe wird in gleicher Weise mit einem Wechselrichter der gegenständlichen Art gelöst, bei welchem erfindungsgemäß der Ausgangsstrom $i(t)$ an den Klemmen in Abhängigkeit von der gemessenen Klemmenspannung $u(t)$ so geregelt wird, dass er im wesentlichen dem Quotienten aus sinusquadratformiger Augenblickleistung $P_0 \cdot \sin^2(\omega t)$ und der Klemmenspannung $u(t)$ entspricht, somit $i(t) = P_0 \cdot \sin^2(\omega t) / u(t)$.

Ein solcher Wechselrichter eignet sich in besonderem Maß zur Netzeinspeisung von Alternativenenergiequellen, wie Solar- oder Brennstoffzellen.

Die Erfindung samt weiteren Vorteilen ist im Folgenden anhand von Ausführungsbeispielen näher erläutert, die auch in der Zeichnung veranschaulicht sind. In dieser zeigen

- ▶ Fig. 1 schematisch ein Ersatzschaltbild eines Netzes, seiner Verbraucher und zweier Stromlieferanten und
- ▶ Fig. 2 eine Realisierungsmöglichkeit des erfindungsgemäßen Verfahrens anhand einer möglichen Ansteuerungsschaltung eines Wechselrichters.

Gemäß Fig.1 sollen Verbraucher mit elektrischer Energie versorgt werden, wobei diese Verbraucher insgesamt eine nicht lineare Impedanz $X(t)$ darstellen, bei welchen der Zusammenhang zwischen Spannung und Strom wie beispielsweise bei Halbleiterbandelementen nicht linear ist. Die Verbraucher werden von einem Versorgungsnetz NET gespeist, das hier



durch ein Ersatzschaltbild, bestehend aus einer Wechselspannungsquelle G in Serie mit einer Induktivität L und einem ohmschen Widerstand R dargestellt ist. Die Wechselspannungsquelle G kann wie üblich ein Drehstromgenerator oder Generatorenblock eines kalorischen Kraftwerkes oder eines Wasserkraftwerkes sein. Ein typischer Wert für den Leitungswiderstand R könnte im Bereich von Zehntel-Ohm liegen, jener für die Leitungsinduktivität L im Bereich von einem mH. Nicht eingezeichnet, da von geringerer Bedeutung, sind Leitungskapazitäten.

Die Verbraucher VER sollen weiters von Alternativenergiequellen oder Klein- bzw. Kleinstkraftwerken versorgt werden, welche Energie in Watt- bis Kilowattbereich in das Netz NET einspeisen. Dabei kann es sich z.B. um voltaische Solaranlagen oder Brennstoffzellen handeln, deren Gleichspannung U_{DC} über einen Wechselrichter WER in das Netz zu den Verbrauchern VER gespeist wird.

Die Erfindung sieht nun eine besondere Art der Einspeisung durch die Wechselrichter vor, welche auch hier in bekannter Weise eine netzfrequente Wechselspannung $u(t)$ und einen zugehörigen Wechselstrom $i(t)$ liefern. Genauer gesagt wird der Ausgangsstrom $i(t)$ des Wechselrichters WER so geregelt, dass er im wesentlichen dem Quotienten aus der Augenblicksleistung $P_0 \cdot \sin^2(\omega t)$ und der Klemmenspannung $u(t)$ entspricht. Es soll somit gelten $i(t) = P_0 \cdot \sin^2(\omega t) / u(t)$.

Wenn der Ausgangsstrom $i(t)$ des Wechselrichters auf diese Weise geregelt wird, können derartige Stromlieferanten dem Netz bzw. den Verbrauchern auch Oberwellen der Netzfrequenz zuführen, was zu einer geringeren Belastung der Drehstromgeneratoren mit unerwünschten Oberwellen führt. Dazu ist anzumerken, dass übliche Wechselrichter von in fragestehenden Klein/Kleinst-Stromversorgern de facto einen konstanten Strom $i_0 \cdot \sin^2(\omega t)$ in das Netz einspeisen.

Ausgehend von der erfindungsgemäß vorgesehenen Stromregelung stehen dem Fachmann viele Realisierungsmöglichkeiten zur Verfügung. Eine beispielsweise Ausführung hierzu soll an Hand der Fig.2 erläutert werden.

Wie Fig.2 zeigt, wird ein Wechselrichter WER vorausgesetzt, bei welchem der Ausgangsstrom getrennt werden kann, was bei elektrischen Wechselrichtern bekannter Bauart problemlos möglich ist.

Die Klemmenspannung $u(t)$ des Wechselrichters WER wird mit Hilfe eines Spannungssensors SPS erfasst, welcher ein Signal $k_2 \cdot u(t)$ liefert.

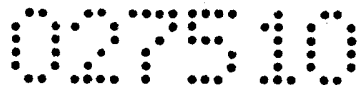
In der Ansteuerschaltung wird das Ausgangssignal $\sin(\omega t)$ einer Wechselspannungsquelle Q mit Hilfe eines Multiplizierers $M1$ multipliziert, welcher ein Signal der Form $\sin^2(\omega t)$ liefert. Dieses Signal wird in einem zweiten Multiplizierer $M2$ mit einem Leistungswert

P_{soll} multipliziert und das erhaltene Signal gelangt an einen Eingang eines Addier- bzw. Subtrahiergleicher DIF, dessen Ausgangssignal $\Delta P(t)$ einem Regelverstärker REV zugeführt ist.

Der Ausgang $I(t)$ des Regelverstärkers REV gelangt an einen Eingang eines dritten Multiplizierers M3, dessen anderer Eingang das Ausgangssignal der Wechselspannungsquelle Q zugeführt ist. Das Signal $I(t) \sin(\omega t) = k_1 i(t)$ als Ausgangssignal des Multiplizierers M3 wird dem Stromeingang des Wechselrichters WER zugeführt. Außerdem gelangt dieses Signal und das bereits erwähnte Spannungssignal $k_2 u(t)$ an die beiden Eingänge eines vierten Multiplizierers M4, welcher die Istleistung $P_{\text{Ist}}(t)$ ermittelt und einem Eingang des Addier- bzw. Subtrahiergleichers DIF zugeführt.

Das oben beschriebene Beispiel soll nun eine Realisierungsmöglichkeit beschreiben. Tatsächlich sind viele andere Lösungen möglich. Insbesondere kann die Regelung auch digital unter Verwendung eines Mikroprozessors erfolgen.

13. Aug. 2003

**PATENTANSPRÜCHE**

1. Verfahren zum Einspeisen von Wechselstrom in ein Netz (NET), bei welchem eine Gleichspannung mit Hilfe eines Wechselrichters (WER) in eine Wechselspannung mit Netzfrequenz gewandelt wird und der Ausgang des Wechselrichters an dem Netz liegt,

dadurch gekennzeichnet, dass

die Klemmenspannung ($u(t)$) gemessen wird und der Ausgangsstrom ($i(t)$) des Wechselrichters (WER) so geregelt wird, dass er im wesentlichen dem Quotienten aus sinusquadratförmiger Augenblickleistung $P_o \cdot \sin^2(\omega t)$ und der Klemmenspannung ($u(t)$) entspricht, somit $i(t) = P_o \cdot \sin^2(\omega t) / u(t)$.

2. Wechselrichter (WER) zur Umwandlung einer Eingangsgleichspannung (U_{DC}) einer Gleichspannungsquelle in eine Ausgangswechselspannung ($u(t)$) mit Netzfrequenz, dessen Ausgang an Klemmen eines Wechselstromnetzes (NET) liegt, um Energie von der Gleichspannungsquelle in das Netz zu speisen,

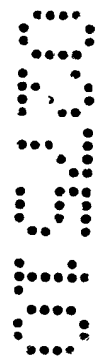
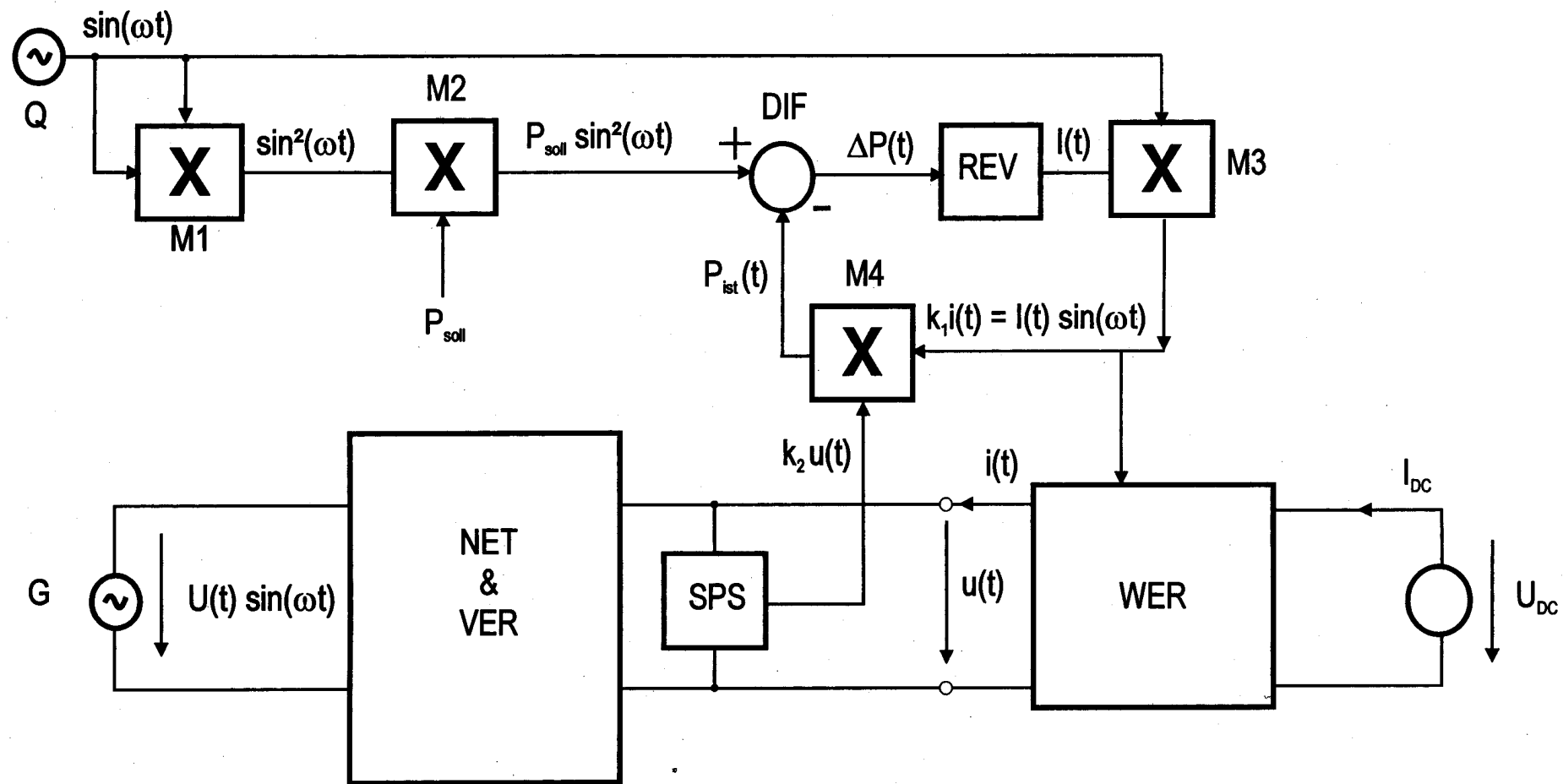
dadurch gekennzeichnet, dass

der Ausgangsstrom ($i(t)$) an den Klemmen in Abhängigkeit von der gemessenen Klemmenspannung ($u(t)$) so geregelt wird, dass er im wesentlichen dem Quotienten aus sinusquadratförmiger Augenblickleistung $P_o \cdot \sin^2(\omega t)$ und der Klemmenspannung ($u(t)$) entspricht, somit $i(t) = P_o \cdot \sin^2(\omega t) / u(t)$.

3. Wechselrichter (WER) nach Anspruch 2 zur Netzeinspeisung von Alternativenergiequellen, wie Solar- oder Brennstoffzellen.

13. Aug. 2003

FIG 2





PATENTANSPRÜCHE

1. Verfahren zum Einspeisen von Wechselstrom in ein Netz (NET), bei welchem eine Gleichspannung mit Hilfe eines Wechselrichters (WER) in eine Wechselspannung mit Netzfrequenz gewandelt wird und der Ausgang des Wechselrichters an dem Netz liegt,

dadurch gekennzeichnet, dass

die Klemmenspannung ($u(t)$) am Eingang des Wechselrichters gemessen wird und der Ausgangsstrom ($i(t)$) des Wechselrichters (WER) so geregelt wird, dass er im wesentlichen dem Quotienten aus sinusquadratförmiger Augenblickleistung $P_o \cdot \sin^2(\omega t)$ und der Klemmenspannung ($u(t)$) entspricht, somit $i(t) = P_o \cdot \sin^2(\omega t) / u(t)$.

2. Wechselrichter (WER) zur Umwandlung einer Eingangsgleichspannung (U_{DC}) einer Gleichspannungsquelle in eine Ausgangswechselspannung ($u(t)$) mit Netzfrequenz, dessen Ausgang an Klemmen eines Wechselstromnetzes (NET) liegt, um Energie von der Gleichspannungsquelle in das Netz zu speisen, und welcher einen Eingang zur Stromregelung besitzt,

dadurch gekennzeichnet, dass

dem Eingang zur Stromregelung das Ausgangssignal einer Rechenschaltung (M1, M2, M3, M4) zugeführt wird, welche aus der gemessenen Klemmenspannung $u(t)$ und einer vorgebbaren Sollleistung (P_{soll}) ein Wechselstrom-Steuersignal ($I(t) \cdot \sin \omega t$) berechnet, sodass der Ausgangsstrom ($i(t)$) im wesentlichen dem Quotienten aus sinusquadratförmiger Augenblickleistung $P_o \cdot \sin^2(\omega t)$ und der Klemmenspannung ($u(t)$) entspricht, somit $i(t) = P_o \cdot \sin^2(\omega t) / u(t)$.

NACHGEREICHT



Klassifikation des Anmeldungsgegenstands gemäß IPC ⁸ : H02M 1/08 (2006.01); H02M 7/48 (2006.01)		
Recherchierter Prüfstoff (Klassifikation): H02M, G05F		
Konsultierte Online-Datenbank: WPI, PAJ, IEEE		
Dieser Recherchenbericht wurde zu den am 13. August 2003 eingereichten Ansprüchen 1-3 erstellt.		
Kategorie ⁷⁾	Bezeichnung der Veröffentlichung: Ländercode, Veröffentlichungsnummer, Dokumentart (Anmelder), Veröffentlichungsdatum, Textstelle oder Figur soweit erforderlich	Betreffend Anspruch
A	US 2003/123268 A1 (PAI et al.) 3. Juli 2003 (03.07.2003) <i>Absatz [0024]; Fig. 2.</i>	1, 2
	--	
A	WO 1995/016302 A1 (RELIANCE ELECTRIC COMPANY) 15. Juni 1995 (15.06.1995) <i>Anspruch 1.</i>	1, 2

Datum der Beendigung der Recherche: 14. März 2006		<input type="checkbox"/> Fortsetzung siehe Folgeblatt Prüfer(in): Dipl.-Ing. MEHLMAUER
⁷⁾ Kategorien der angeführten Dokumente: X Veröffentlichung von besonderer Bedeutung : der Anmeldegegenstand kann allein aufgrund dieser Druckschrift nicht als neu bzw. auf erfinderischer Tätigkeit beruhend betrachtet werden. Y Veröffentlichung von Bedeutung : der Anmeldegegenstand kann nicht als auf erfinderischer Tätigkeit beruhend betrachtet werden, wenn die Veröffentlichung mit einer oder mehreren weiteren Veröffentlichungen dieser Kategorie in Verbindung gebracht wird und diese Verbindung für einen Fachmann naheliegend ist. A Veröffentlichung, die den allgemeinen Stand der Technik definiert. P Dokument, das von Bedeutung ist (Kategorien X oder Y), jedoch nach dem Prioritätstag der Anmeldung veröffentlicht wurde. E Dokument, das von besonderer Bedeutung ist (Kategorie X), aus dem ein älteres Recht hervorgehen könnte (früheres Anmeldedatum, jedoch nachveröffentlicht, Schutz ist in Österreich möglich, würde Neuheit in Frage stellen). & Veröffentlichung, die Mitglied der selben Patentfamilie ist.		