

(19)



österreichisches
patentamt

(10)

AT 500 913 A1 2006-04-15

(12)

Österreichische Patentanmeldung

(21) Anmeldenummer: **A 1593/2004**(22) Anmeldetag: **23.09.2004**(43) Veröffentlicht am: **15.04.2006**(51) Int. Cl.⁸: **G05F 1/565** (2006.01),
H02M 3/07 (2006.01)

(73) Patentanmelder:

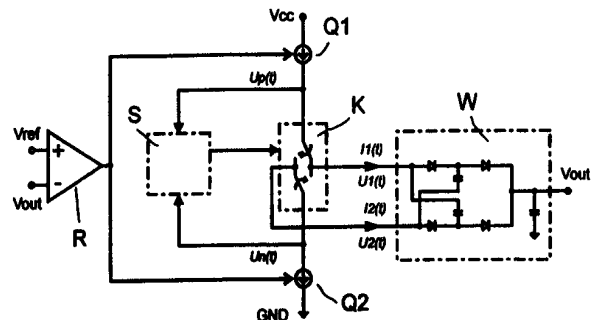
KNORR JOHANNES DIPL.ING.
A-1220 WIEN (AT)

(72) Erfinder:

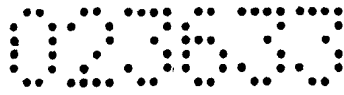
KNORR JOHANNES DIPL.ING.
WIEN (AT)

(54) VERFAHREN ZUR STROMANSTEUERUNG EINES SPANNUNGSWANDLERS

(57) Es ist ein Verfahren zur Stromansteuerung eines kapazitiven Spannungswandlers mit Hilfe zweier Stromquellen, eines Kreuzschalters mit Steuerung und eines Reglers beschrieben (siehe Fig. 1), wobei das Umschalten des Kreuzschalters (K) zur Polaritätsumkehr der Ansteuerströme (I1, I2) des Wandlers (W) mit Hilfe der Steuerung (S) durch Spannungsüberwachung der Stromquellen (Q1, Q2) so erfolgt, dass diese ihre Aussteuer Grenzen nicht überschreiten und nicht in den ohmschen Bereich geraten. Die beiden Stromquellen werden in ihrer Stärke mit Hilfe eines Regelverstärkers (R) durch Vergleich der Ausgangsspannung mit einem Sollwert nachgestellt, um eine stabile Ausgangsspannung zu erhalten.

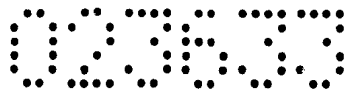


AT 500 913 A1 2006-04-15



Zusammenfassung

Es ist ein Verfahren zur Stromansteuerung eines kapazitiven Spannungswandlers mit Hilfe zweier Stromquellen, eines Kreuzschalters mit Steuerung und eines Reglers beschrieben (siehe Fig. 1), wobei das Umschalten des Kreuzschalters (K) zur Polaritätsumkehr der Ansteuerströme (I_1 , I_2) des Wandlers (W) mit Hilfe der Steuerung (S) durch Spannungsüberwachung der Stromquellen (Q1, Q2) so erfolgt, dass diese ihre Aussteuer Grenzen nicht überschreiten und nicht in den ohmschen Bereich geraten. Die beiden Stromquellen werden in ihrer Stärke mit Hilfe eines Regelverstärkers (R) durch Vergleich der Ausgangsspannung mit einem Sollwert nachgestellt, um eine stabile Ausgangsspannung zu erhalten.



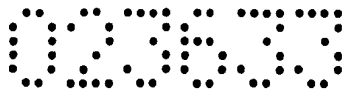
Verfahren zur Stromansteuerung eines Spannungswandlers

Die Erfindung betrifft ein Verfahren zur Stromansteuerung eines kapazitiven Spannungswandlers mit Hilfe zweier Stromquellen, eines damit verbundenen Kreuzschalters und einer Steuerung zum Umschalten des Kreuzschalters. Derartige kapazitive Spannungswandler (auch Ladungspumpen genannt) werden als sog. Cockroft-Walton oder, wie in der integrierten Schaltungstechnik häufiger, als "Dickson-Voltage-Multiplier" ausgeführt. Diese "Dickson-Voltage-Multiplier" werden verbreitet in EEPROM-Speicherbausteinen zur Erzeugung der Programmierspannung (um 12V) aus der niedrigeren Versorgungsspannung (3V3, 5V) eingesetzt. In einstufiger Ausführung degeneriert der Dickson-Wandler zum Spannungsverdoppler.

Sollen derartige Wandler auch in der Umgebung stöempfindlicher analoger Schaltkreise betrieben werden, bieten sich statt der üblichen Ansteuerung mit Hilfe niederohmiger Treiberstufen Stromquellen an. Letztere haben den Vorteil, dass die Versorgungsstromspitzen der gesamten Anordnung wesentlich kleiner ausfallen.

Es ist eine derartige Spannungsverdopplerschaltung (Low Power BICMOS Op-Amp with Integrated Current-Mode Charge Pump, Robert St. Pierre, IEEE Journal of Solid-State Circuits, Vol. 35, No.7, July 2000, US-Patent US 6,208,196 B1) bekannt, bei welcher das wechselweise Aufladen der beiden Pumpkondensatoren ("fly capacitor") durch Umschalten einer an Masse angeschalteten Stromquelle mit Hilfe zweier emittergekoppelter Transistoren erfolgt. Das Entladen der Pumpkondensatoren zur Ableitung der Ladung an den Ausgang geschieht allerdings durch „hartes“ Anschalten an die Versorgungsspannung, wodurch Versorgungsstromspitzen zu erwarten sind. Die Ausgangsspannung kann durch Steuerung der Umschaltfrequenz und des Ladestroms in gewissen Grenzen den Lastbedingungen angepasst werden.

Ein Spannungsvervielfacher, der auf dem Prinzip der wechselweisen Parallel- und Serienschaltung von Kondensatoren beruht, ist in US-Patent US 5,132,895 beschrieben. Hierbei wird eine einzige Stromquelle als Energiequelle verwendet. Die Ausgangsspannung kann durch Steuerung des Stroms, An- und Abschalten der Quelle an die Kondensatoren sowie durch Aus- und Einschalten der Quelle selbst variiert werden. In jedem Fall ist aber wiederum externes Timing nötig, wobei das Verhältnis von Auflade- zu Entladezeit genau eingestellt werden muss. Nachteilig für das Störverhalten ist das Fehlen reiner Gegentaktansteuerung beim Umschalten der Kondensatoren zwischen Parallel- und Serienschaltung.

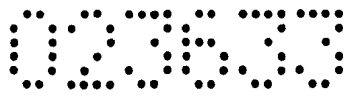


Patent EP 1 065 784 schützt eine Spannungsverdopplerschaltung, die zwei Betriebsmodi kennt: "Vorladen" und Normalbetrieb. Ist die Ausgangsspannung kleiner als ein Mindestwert, welcher unterhalb der Eingangsspannung liegt, so ist die Ladungspumpe außer Betrieb. In diesem Zustand werden sowohl Pumpkondensator als auch Ausgangskondensator durch eine Konstantstromquelle geladen. Erst bei Überschreiten des Mindestwertes wird die Pumpe aktiv. Durch dieses "Vorladen" der Kondensatoren nach dem Einschalten des Wandlers werden hohe Einschaltstromspitzen vermieden. Im Betrieb selbst werden keine Stromquellen zur Ansteuerung verwendet.

Patent DE 195 55 180 bzw. US 5 672 992 betrifft eine durch Konstantstrom gespeiste Ladungspumpe. Dadurch werden Versorgungsstromspitzen deutlich verringert. Zur Stabilisierung der Spannung an der Pumpe wird eine Spannungsklemmschaltung vorgeschlagen. Damit die Versorgungsspannung an der Ladungspumpe selbst infolge der pulsformigen Stromaufnahme nicht zusammenbricht, muss entweder ein genügend hoher Ruhestrom durch die Spannungsklemmschaltung fließen, oder ein ausreichend großer Speicherkondensator vorgesehen werden. Das vermindert im ersten Fall den Wirkungsgrad, im zweiten Fall steigt der Flächenbedarf durch den Speicherkondensator.

Patent US 6 411 531 schützt eine Schaltung, bei welcher ein oder mehrere Pumpkondensatoren über stellbare Widerstände oder Stromspiegel an die Versorgungsspannung angeschaltet und geladen werden. Das Timing ist so ausgelegt, dass nur das Tastverhältnis bestimmt ist und zwischen den beiden Taktsignalen eine Totzeit eingehalten wird. Die Pumpfrequenz wird nicht geregelt. Die Regelung der Ausgangsspannung erfolgt durch Änderung des stellbaren Widerstands bzw. des Stromspiegelstroms. Auch hier fehlt die Gegentaktansteuerung in Verbindung mit dem symmetrischen Aufbau der Pumpe.

Der Erfindung liegt die Aufgabe zugrunde, den Spannungswandler mit Hilfe von Stromquellen derart anzusteuern, dass der Versorgungsstrom möglichst konstant ist (also keine Spitzen aufweist, die an den Bonddrahtinduktivitäten eines Halbleiterchips zu Spannungsabfällen und damit zu Störungen führen würden), die Schaltung mit Gegentaktsignalen ansteuern zu können (dies vermindert bei symmetrisch aufgebauten Wandlern die Entstehung sogenannter "substrate noise", also von Störungen, die vor allem durch die Pumpkondensatoren in das Substrat eingekoppelt und von diesem weitergeleitet werden), sowie der Eigenschaft, dass die entstehenden (Rest-)Störungen lastabhängig sind,



also mit kleiner werdenden Lastströmen abnehmen. Zudem sollte die Ausgangsspannung geregelt werden können.

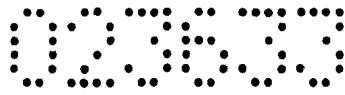
Die gestellte Aufgabe wird derart gelöst, dass das Umschalten des Kreuzschalters zur Polaritätsumkehr der Ansteuerströme des Wandlers mit Hilfe der Steuerung durch Spannungsüberwachung der Stromquellen so erfolgt, dass diese ihre Aussteuergrenzen nicht überschreiten und nicht in den ohmschen Bereich geraten, und die beiden Stromquellen mit Hilfe eines Regelverstärkers in ihrer Stärke durch Vergleich der Ausgangsspannung mit einem Sollwert nachgestellt werden. Dadurch wird sichergestellt, dass die Stromquellen nicht in Sättigung geraten und der Versorgungsstrom daher möglichst konstant bleibt. Die Pumpfrequenz ist laststromabhängig. Bei kleinen Lastströmen sind durch die kleineren Ansteuerströme geringere Störungen in Amplitude und Häufigkeit (Frequenz) zu erwarten.

Falls größere substrate-noise kein Hindernis darstellt, kann beispielsweise auf die untere Stromquelle verzichtet werden. Dadurch vergrößert sich der Aussteuerbereich der Ansteuerschaltung, was dem Wirkungsgrad zugute kommt. Bei nahezu konstanten Lasten sowie in Fällen, wo keine konstante Ausgangsspannung vonnöten ist, kann auch auf den Regelverstärker verzichtet werden, sodass die Stromquellen mit Strom konstanter Stärke arbeiten.

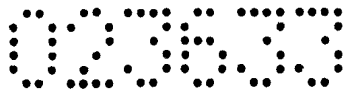
In der Zeichnung ist das Verfahren beispielhaft dargestellt. Fig. 1 zeigt den Spannungswandler mitsamt Stromansteuerung und Regelung, wobei die Ansteuerströme und Ansteuerspannungen eingezeichnet sind. Fig. 2 zeigt den zeitlichen Verlauf dieser Ströme bzw. Spannungen.

Gemäß dem dargestellten Beispiel aus Fig. 1 besteht die Ansteuerung des Spannungswandlers W aus den beiden Stromquellen Q1 und Q2, deren Ströme je nach Stellung des Kreuzschalters K mit wechselnder Polarität den Wandler ansteuern. Der Kreuzschalter K wird durch die Steuerung S umgeschaltet. Das Umschalten erfolgt jedes Mal, wenn die Spannungen $U_p(t)$ bzw. $U_n(t)$ an den Stromquellen einen Wert erreichen, sodass noch eine kleine Restspannung an den Stromquellen Q1, Q2 verbleibt. Diese Restspannung muss für den Betrieb als Stromquelle ausreichend sein. Um bei Belastungsänderungen und Schwankungen der Betriebsspannung die Ausgangsspannung zu stabilisieren, regelt ein optionaler Regelverstärker R die Stärke der Stromquellen bis zu einer Obergrenze nach.

Fig. 2 zeigt den Fall konstanter Last. Es sind die Gegentakt-Ansteuerströme $I_1(t)$ und $I_2(t)$ dargestellt, deren Polarität mit jedem Umschalten des Kreuzschalters K wechselt. Die zugehörigen Ansteuerspannungen $U_1(t)$ und $U_2(t)$, die sich infolge des Auf- und Umladens



der Pump- und Streukapazitäten des Wandlers W ausbilden, sind ebenso dargestellt. $U_p(t)$ und $U_n(t)$ sind schließlich die Spannungen am Anschluss der positiv (Q1) bzw. negativ (Q2) speisenden Stromquelle, welche in der Steuerung S mit einem Sollwert verglichen werden und gegebenenfalls zur Umschaltung des Kreuzschalters K Anlass geben. Wird nun der Laststrom erhöht, so steigt die Stromstärke der Quellen. Dadurch erhöht sich die Pumpfrequenz entsprechend.



Patentansprüche

1. Verfahren zur Stromsteuerung eines kapazitiven Spannungswandlers mit Hilfe zweier Stromquellen, eines damit verbundenen Kreuzschalters mit Steuerung und eines Reglers, **dadurch gekennzeichnet**, dass das Umschalten des Kreuzschalters (K) zur Polaritätsumkehr der Ansteuerströme (I_1 , I_2) des Wandlers (W) mit Hilfe der Steuerung (S) durch Spannungsüberwachung der Stromquellen (Q1, Q2) so erfolgt, dass diese ihre Aussteuergrenzen nicht überschreiten und nicht in den ohmschen Bereich geraten, und die beiden Stromquellen in ihrer Stärke mit Hilfe eines Regelverstärkers (R) durch Vergleich der Ausgangsspannung mit einem Sollwert nachgestellt werden.
2. Verfahren gemäß Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet**, dass eine der beiden Stromquellen (Q1, Q2) durch einen Kurzschluss ersetzt ist.
3. Verfahren gemäß Anspruch 1 oder 2, **dadurch gekennzeichnet**, dass der bzw. die Stromquelle(n) in ihrer Stärke konstant ist (sind).

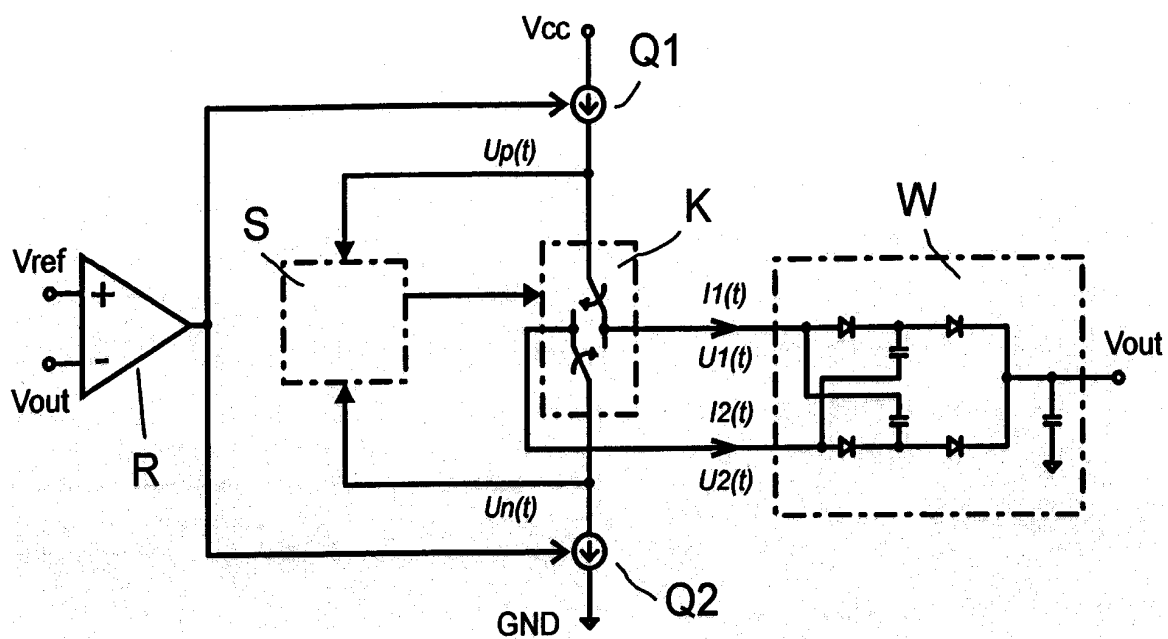


FIG. 1

003633

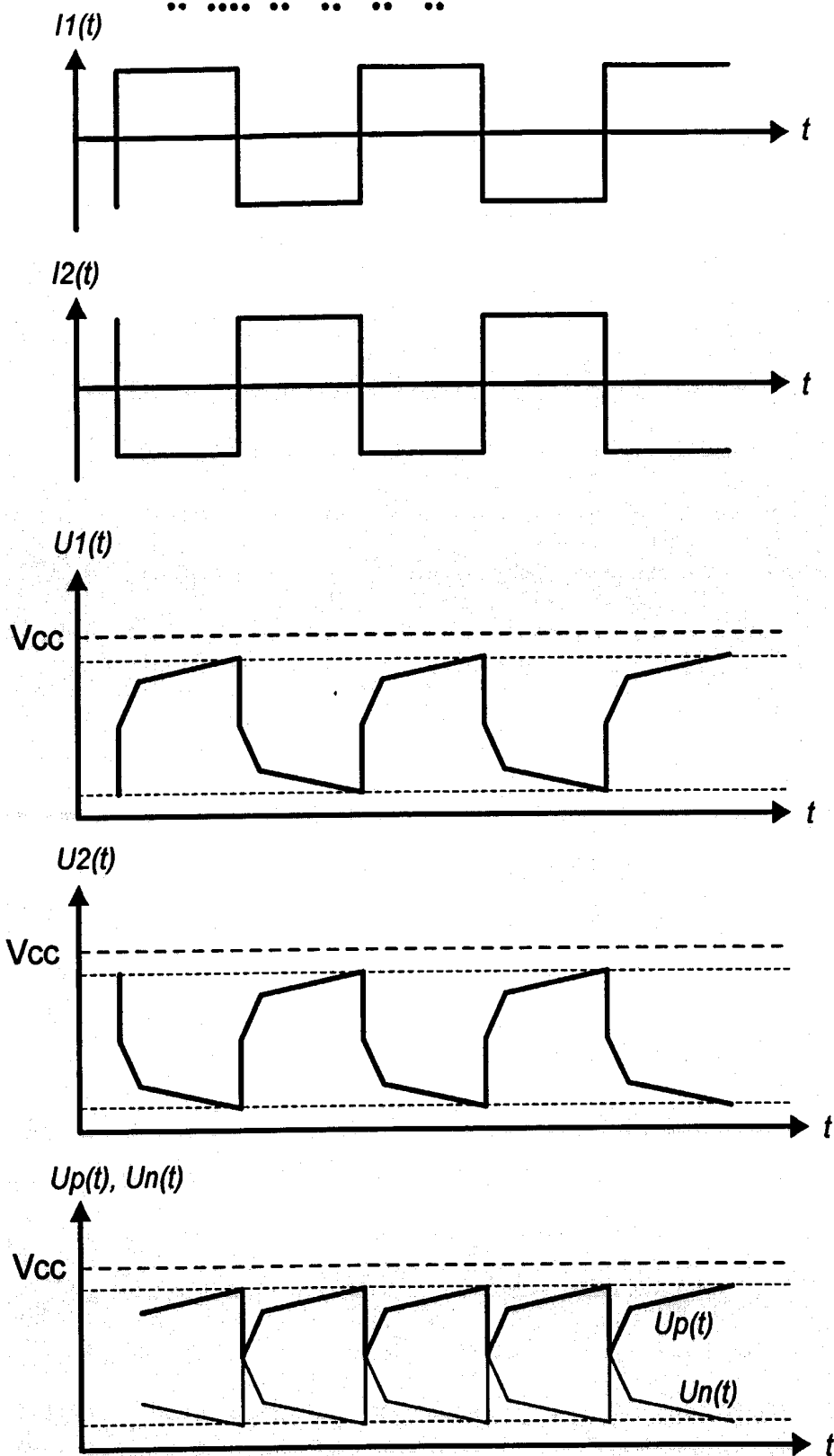


FIG. 2

Patentansprüche

1. Verfahren zur Stromansteuerung eines kapazitiven Spannungswandlers mit Hilfe von einer oder zwei Stromquellen, eines zwischengeschalteten Schalters mit Steuerung und eines Reglers oder auch ohne eines solchen, **dadurch gekennzeichnet**, dass bei zwei Stromquellen das Umschalten mit einem Kreuzschalter zur Polaritätsumkehr der Ansteuerströme des Wandlers mit Hilfe der Steuerung durch Spannungsüberwachung der Stromquellen jeweils dann erfolgt, wenn die Spannung an den Stromquellen einen vorgegebenen Grenzwert überschreitet.
2. Verfahren gemäß Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet**, dass bei Verwendung von nur einer Stromquelle das Umschalten durch eine Wechselschaltung bewerkstelligt wird.
3. Verfahren gemäß Anspruch 1 oder 2, **dadurch gekennzeichnet**, dass bei Vorhandensein eines Reglers die Stromstärke der Stromquelle(n) durch Vergleich der Ausgangsspannung mit einem Sollwert nachgestellt wird.



Klassifikation des Anmeldungsgegenstands gemäß IPC ⁷ : G05F 1/565, H02M 3/07
Recherchierter Prüfstoff (Klassifikation): G05F, H02J, H02M
Konsultierte Online-Datenbank: WPI, PAJ, IEEE
Dieser Recherchenbericht wurde zu den am 23. September 2004 eingereichten Ansprüchen 1-3 erstellt.

Kategorie ¹⁾	Bezeichnung der Veröffentlichung: Ländercode, Veröffentlichungsnummer, Dokumentart (Anmelder), Veröffentlichungsdatum, Textstelle oder Figur soweit erforderlich	Betreffend Anspruch
A	WO 1986/001653 A1 (ALLEVI) 13. März 1986 (13.03.1986) <i>Seite 7, Zeile 23 - Seite 9, Zeile 4; Figuren 2, 4.</i>	1-3
	--	
A	EP 0204636 A1 (EATON CORPORATION) 30. Dezember 1986 (30.12.1986) <i>Seite 5, Zeile 29 - Seite 6, Zeile 28; Figur 1.</i>	1-3
	--	
A	US 6208196 B1 (ST. PIERRE) 27. März 2001 (27.03.2001) <i>Zusammenfassung; Figur 2.</i>	1
	--	
A	US 5132895 A (KASE) 21. Juli 1992 (21.07.1992) <i>Zusammenfassung; Figur 1.</i>	1
	--	
A	US 6411531 B1 (NORK et al.) 25. Juni 2002 (25.06.2002) <i>Zusammenfassung; Figur 3A.</i>	1
	--	
A	US 5672992 A (NADD) 30. September 1997 (30.09.1997) <i>Zusammenfassung; Figur 4.</i>	1

Datum der Beendigung der Recherche: 23. August 2005	☐ Fortsetzung siehe Folgeblatt	Prüfer(in): Dipl.-Ing. MEHLMAUER
--	---	-------------------------------------

¹⁾ Kategorien der angeführten Dokumente: X Veröffentlichung von besonderer Bedeutung : der Anmeldungsgegenstand kann allein aufgrund dieser Druckschrift nicht als neu bzw. auf erfinderischer Tätigkeit beruhend betrachtet werden. Y Veröffentlichung von Bedeutung : der Anmeldungsgegenstand 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.
---	--