



(12) **EUROPÄISCHE PATENTANMELDUNG**

(43) Veröffentlichungstag:  
**01.10.2003 Patentblatt 2003/40**

(51) Int Cl.7: **H05B 33/08**

(21) Anmeldenummer: **03100572.1**

(22) Anmeldetag: **07.03.2003**

(84) Benannte Vertragsstaaten:  
**AT BE BG CH CY CZ DE DK EE ES FI FR GB GR  
HU IE IT LI LU MC NL PT RO SE SI SK TR**  
Benannte Erstreckungsstaaten:  
**AL LT LV MK RO**

(72) Erfinder:  
• **Studniorz, Josef**  
**59329, Wadersloh (DE)**  
• **Schulte-Ewersum, Bernd**  
**59590, Geseke (DE)**  
• **Hinderlich, Andreas**  
**58739, Wickede (DE)**

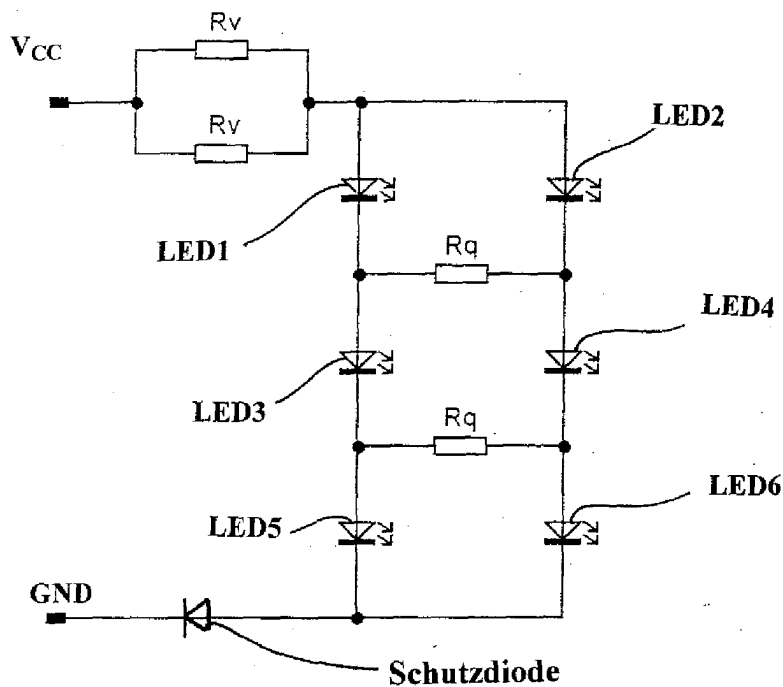
(30) Priorität: **30.03.2002 DE 10214423**

(71) Anmelder: **Hella KG Hueck & Co.**  
**59552 Lippstadt (DE)**

(54) **Beleuchtungsschaltkreis, insbesondere für Kraftfahrzeuge**

(57) Es wird ein Beleuchtungsschaltkreis, insbesondere für Kraftfahrzeuge beschrieben. Dieser besteht aus einer Leuchtdiodenmatrix in kombinierter Reihen-/Parallelschaltung, die durch einen Versorgungsstromkreis mit einer Gleichspannung und/oder einem Konstantstrom versorgt wird, wobei die Leuchtdiodenmatrix aus  $n$  parallelgeschalteten Reihen mit jeweils  $m$  hinter-

einandergeschalteten Strängen besteht, wobei in jedem Strang eine Leuchtdiode angeordnet ist und zwischen den Strängen jeweils einer Reihe eine elektrisch leitende Querverbindung zu den jeweils benachbarten Reihen verläuft. Dabei ist erfindungsgemäß in mindestens einer Querverbindung mindestens ein Querwiderstand angeordnet ist.



**Figur 3**

## Beschreibung

**[0001]** Die Erfindung bezieht sich auf einen Beleuchtungsschaltkreis, insbesondere für Kraftfahrzeuge. Solche Beleuchtungsschaltkreise werden zunehmend mit Leuchtdioden als Leuchtmitteln aufgebaut. Je nach Anwendung ist dabei eine unterschiedliche Anzahl von LEDs erforderlich. Dabei stellt sich die Frage nach der Schaltungsanordnung, in der die LEDs angeordnet werden. Eine Reihenschaltung aller LEDs hätte den Nachteil, daß beim Ausfall einer LED sämtliche LEDs ausfallen würden. Eine reine Parallelschaltung aller LEDs hätte, insbesondere bei Kraftfahrzeugen, den Nachteil einer hohen Verlustleistung, da die Bordnetzspannung, die typischerweise 12 Volt beträgt, wesentlich höher ist als die Flußspannung einer LED, die typischerweise zwischen 2 V und 3 V beträgt, und daher ein entsprechend hoher Spannungsabfall an einem Vorwiderstand zur Anpassung an die LED-Flußspannung notwendig ist, was wiederum eine hohe Verlustleistung an dem Vorwiderstand hervorruft. Ein Kompromiß zwischen diesen beiden Extremen ist eine kombinierte Reihen/Parallelschaltung, in der die parallelgeschalteten Reihen untereinander unter Ausbildung einer Leuchtdiodenmatrix vernetzt sind. Eine derartige Leuchtdiodenmatrix besteht aus  $n$  parallelgeschalteten Reihen mit jeweils  $m$  hintereinandergeschalteten Strängen, wobei in jedem Strang eine Leuchtdiode angeordnet ist und zwischen den Strängen jeweils einer Reihe eine elektrisch leitende Querverbindung zu den jeweils benachbarten Reihen verläuft. Durch die Querverbindungen wird sichergestellt, daß bei Ausfall einer LED die übrigen LEDs weiter mit Strom versorgt werden und weiterleuchten können. Eine solche Leuchtdiodenmatrix für Kraftfahrzeuge ist beispielsweise aus der EP 0 896 899 A2 bekannt. Die Querverbindungen zwischen den Reihen sind durch Kabel oder Leiterbahnen realisiert, deren ohmscher Widerstand vernachlässigbar klein ist.

**[0002]** In den meisten Anwendung besteht die Anforderung, daß die LEDs gleichmäßig hell leuchten, damit ein homogener Beleuchtungseindruck entsteht. Zu diesem Zweck werden in einer solchen Leuchtdiodenmatrix vorzugsweise nur LEDs verbaut, die in derselben Spannungs-kategorie liegen, wobei die Spannungs-kategorie sich auf den Wertebereich der zulässigen Flußspannungen bezieht. Allerdings unterscheiden sich auch die LEDs einer Spannungs-kategorie hinsichtlich ihrer Diodenkennlinie innerhalb eines Toleranzbereiches. Dies führt dazu, daß bei ungünstigen Konstellationen die Ströme durch die verschiedenen Stränge der Leuchtdiodenmatrix sehr unterschiedlich sein können; in Extremfällen können sie sich um den Faktor 2 und mehr unterscheiden. Dies bewirkt nun wiederum in unerwünschter Weise unterschiedliche Helligkeiten. Darüber hinaus kann dies dazu führen, daß die Nennströme bestimmter LEDs in der Leuchtdiodenmatrix deutlich überschritten werden, was sich negativ auf die Lebensdauer der LEDs auswirkt.

**[0003]** Um diesen Nachteilen zu begegnen wird in der EP 0 793 402 B1 vorgeschlagen, jeder LED eines Stranges einen Widerstand in Reihenschaltung zu zuordnen. Hierdurch wird eine gleichartige Linearisierung unterschiedlicher LED-Kennlinien erreicht und somit insgesamt eine gleichmäßige Stromaufteilung auf die verschiedenen Stränge/LEDs. Die große Anzahl von Widerständen, die benötigt wird, ist jedoch problematisch, da damit hohe Bauteile- und Bestückungskosten verbunden sind. Außerdem ist für die Vielzahl der Widerstände zusätzlicher Bauraum erforderlich. Ein weiteres Problem besteht darin, daß über den in Reihe geschalteten Widerständen jeweils eine Spannung abfällt, die eine thermische Verlustleistung erzeugt. Die thermische Verlustleistung reduziert zum einen den Wirkungsgrad der Lichterzeugung und zum anderen bewirken die durch die thermische Verlustleistung erzeugten hohen Temperaturen eine erhöhte Degradation der LEDs.

**[0004]** Aufgabe der Erfindung ist es, einen Beleuchtungsschaltkreis für eine LED-Matrix zu schaffen, der die vorstehend aufgeführten Nachteile überwindet.

**[0005]** Diese Aufgabe wird erfindungsgemäß dadurch gelöst, daß in mindestens einer der leitenden Querverbindungen ein ohmscher Widerstand angeordnet ist. Auf Widerstände in den Strängen, welche jeweils in Reihe zu einer LED geschaltet sind (vgl. EP 0 793 402 B1), kann dabei verzichtet werden. Die Querwiderstände erlauben eine Potentialtrennung zwischen Strängen benachbarter paralleler Reihen und gleichzeitig das Fließen eines Ausgleichstromes, falls die LED-Flußspannungen unterschiedlich sind. Hierdurch wird im Falle unterschiedlicher Flußspannungen eine gleichmäßigere Stromverteilung durch die verschiedenen LED-Stränge erreicht als beim Stand der Technik gemäß EP 0 896 899 A2. Im Unterschied zur EP 0 793 402 B1 fließt über die Querwiderstände nur dann ein thermische Verlustleistung erzeugender Ausgleichstrom, wenn die LED-Flußspannungen tatsächlich unterschiedlich sind, während gemäß EP 0 793 402 B1 über die Vorwiderstände in jedem LED-Strang immer, auch dann, wenn die Flußspannungen gleich sind, der LED-Strom fließt und dort Verlustleistung erzeugt. Außerdem wird durch die erfindungsgemäße Lösung die Zahl der Bauteile erheblich reduziert. Beispielsweise werden bei einer LED-Matrix bestehend aus 2 Reihen mit jeweils 3 Strängen erfindungsgemäß maximal 2 Querwiderstände im Unterschied zu 6 Vorwiderständen gemäß EP 0 793 402 A1 benötigt.

**[0006]** Anhand der beigefügten Zeichnungen soll die Erfindung nachfolgend näher erläutert werden. Es zeigt:

- Figur 1 eine LED-Matrix gemäß dem Stand der Technik nach EP 0 896 899 A2,
- Figur 2 eine LED-Matrix gemäß dem Stand der Technik nach EP 0 793 402 B1,
- Figur 3 eine erfindungsgemäße LED-Matrix gemäß einer ersten Ausführungsform,
- Figur 4 eine erfindungsgemäße LED-Matrix gemäß

- Figur 5 einer zweiten Ausführungsform,  
eine erfindungsgemäße LED-Matrix gemäß  
einer dritten Ausführungsform,  
Figur 6 eine Widerstandssternschaltung, wie sie ge-  
mäß Ausführungsform von Figur 5 verwen-  
det wird,  
Figur 7 den Kennlinienverlauf zweier LEDs mit unter-  
schiedlichen Flußspannungen,  
Figur 8 den Einfluß des Querwiderstands auf eine  
gleichmäßige Stromverteilung.

**[0007]** In Figur 1 ist eine LED-Matrix nach dem Stand der Technik gemäß EP 0896 899A2 dargestellt. Sie besteht aus einer kombinierten Reihen-/Parallelschaltung mit 2 Reihen, die jeweils 3 Stränge aufweisen. In jedem Strang ist eine LED angeordnet. Zwischen den Strängen jeweils einer Reihe ist eine elektrisch leitende Verbindung angeordnet, deren ohmscher Widerstand praktisch gleich Null ist. Die LED-Matrix ist über einen Vorwiderstand ( $R_v$ ) mit der Versorgungsspannung verbunden. Eine Schutzdiode dient als Verpolungsschutz.

**[0008]** In Figur 2 ist eine LED-Matrix nach dem Stand der Technik gemäß EP 0793 402 B1 dargestellt. Dort ist in jedem Strang ein Vorwiderstand einer LED in Reihe zugeschaltet.

**[0009]** Figur 3 zeigt einen Beleuchtungsschaltkreis mit einer 6er LED-Matrix, wie in Figur 1, jedoch ist erfindungsgemäß in den Querverbindungen zwischen den Strängen ein Querwiderstand eingebaut. Die erfindungsgemäß erzielte Wirkung, die mit den Querwiderständen erreicht wird, wird anhand der Figuren 7 und 8 erläutert. In Figur 7 sind die Kennlinien für die LED mit der Nr. 4 und die LED mit der Nr. 3 dargestellt. Dabei soll die LED mit der Nr. 4 eine Flußspannung aufweisen, die am unteren Rand des Toleranzbereiches einer Spannungs-klasse liegt, während die Flußspannung der LED mit der Nr. 3 am oberen Rand liegt. Die Flußspannungen der übrigen LEDs (1, 2, 5, 6) seien gleich und liegen in der Mitte des Toleranzbandes. Der Nennstrom der LEDs betrage 50 mA. Ohne den erfindungsgemäßen Querwiderstand, d.h. bei einer kurzgeschlossenen Querverbindung ( $R_q = 0$ ) gemäß Stand der Technik (vgl. Figur 1) sind die LED-Ströme durch die LEDs 3 und 4 sehr unterschiedlich. Bei  $R_q = 0$  beträgt der Strom durch die LED mit der Nr. 3 nur 39 mA, während der Strom durch die LED mit der Nr. 4 mit 61 mA über dem Nennstrom liegt. Dieser Stromunterschied verursacht eine unterschiedliche Helligkeit der LEDs und bewirkt dauerhaft eine Degradation der LEDs. Mit zunehmendem Querwiderstand nimmt dann der Stromunterschied ab, wobei die Ströme sich dem Nennstrom annähern. Ab ca. 80  $\Omega$  haben die Ströme sich dann maximal dem Nennstrom angenähert. Falls die Flußspannungen der LEDs identisch sind, fließt über die Querwiderstände kein Strom, somit wird dann auch keine Verlustleistung erzeugt. Die LED-Matrix wird über Vorwiderstände mit der Versorgungsspannung ( $V_{cc}$ ) verbunden. Dabei kann die Anzahl der in einer Reihe

hintereinander geschalteten LEDs entsprechend der Flußspannung (ca. 2 bis 3V) so gewählt werden, daß der Spannungsabfall an allen in Reihe geschalteten LEDs (Funktionsspannungsgrenze) möglichst nah an die schwankungsbedingt untere Grenze der Versorgungsspannung herankommt. In einem Kraftfahrzeug kann die Versorgungsspannung durchaus kurzfristig von normalerweise 14 Volt auf 9 Volt sinken. Dabei dient der Vorwiderstand dazu, den Strom, der in die LED-Matrix fließt, einzustellen. Um die Verlustleistung gleichmäßig zu verteilen, sind vorzugsweise zwei oder mehr parallel geschaltete Vorwiderstände ( $R_v$ ) vorgesehen.

**[0010]** Im Unterschied zum Beleuchtungsschaltkreis gemäß EP 0 793 402 B1, wo die Vorwiderstände auch in der LED-Matrix in Reihenschaltung zu den LEDs angeordnet sind, kann beim erfindungsgemäßen Beleuchtungsschaltkreis die LED-Matrix mit den thermisch gering belasteten Querwiderständen in dem Gehäuse eines Leuchtkörpers (z.B. Scheinwerfer oder Heckleuchte) untergebracht sein, während der oder die Vorwiderstände außerhalb des Gehäuse angeordnet sein können. Damit wird die störende Verlustwärme von dem Inneren des Gehäuse ferngehalten. Beim Stand der Technik gemäß EP 0 793 402 B1 sind die Vorwiderstände als Bestandteil der LED-Matrix in dem Gehäuse mitgehalten. Darüber hinaus können erfindungsgemäß im Unterschied zur EP 0 793 402 B1 die Ausgleichsströme unabhängig vom Laststrom durch die LEDs eingestellt werden.

**[0011]** In einer nicht dargestellten Ausführungsform wird die LED-Matrix von einer Konstantstromquelle gespeist, die unabhängig von Spannungsschwankungen einen konstanten Strom bereitstellt. In diesem Fall kann eine niedrige, optimal an die Funktionsspannungsgrenze angepasste Versorgungsspannung gewählt werden, da der Spannungsabfall an den Vorwiderständen in den Strängen gemäß EP 0 793 402 B1 entfällt.

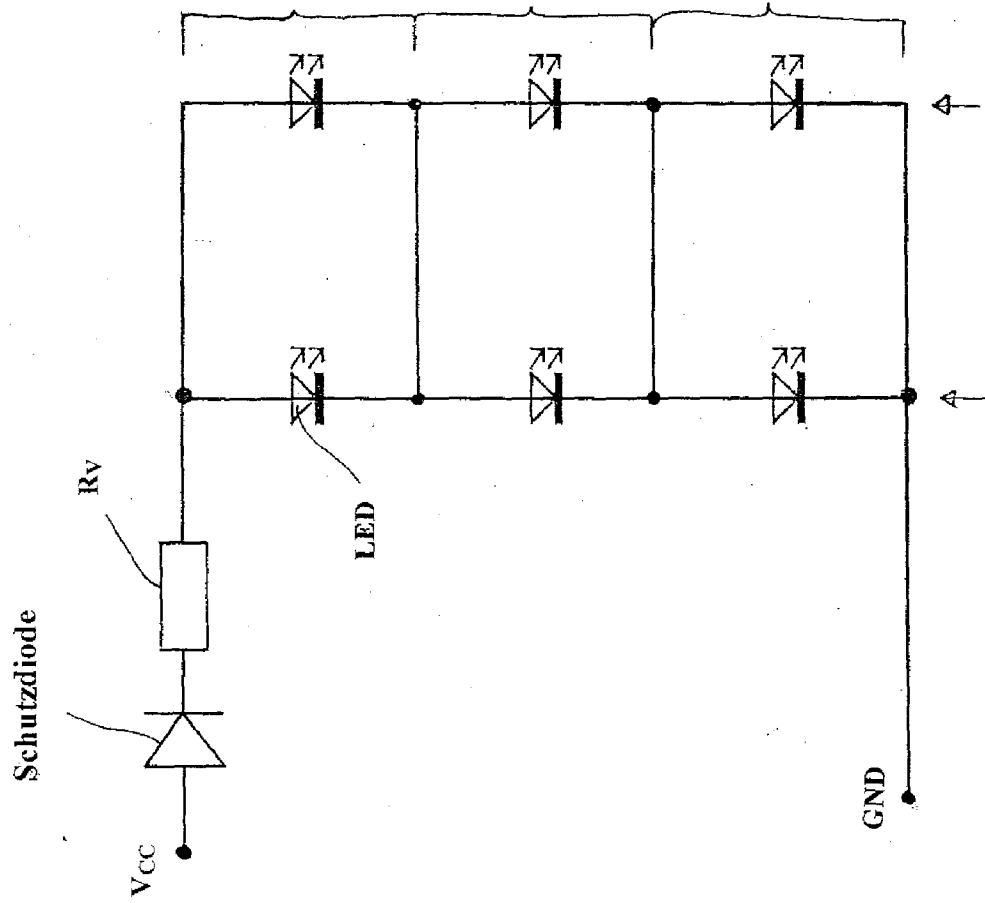
**[0012]** In Figur 4 ist die Ausführungsform eines Beleuchtungsschaltkreises mit einer 9er LED-Matrix bestehend aus 3 parallel geschalteten Reihen mit jeweils drei Strängen dargestellt. Dabei ist zwischen dem ersten und dem zweiten Strang der ersten Reihe und zwischen dem ersten und dem zweiten Strang der zweiten Reihe ein Querwiderstand angeordnet. Ebenso ist zwischen dem ersten und dem zweiten Strang der zweiten Reihe und zwischen dem ersten und dem zweiten Strang der dritten Reihe ein Querwiderstand angeordnet. Entsprechende Querwiderstände finden sich auch zwischen den zweiten und dritten Strängen der jeweils benachbarten Reihen. Insofern ist der Beleuchtungsschaltkreis gemäß Figur 4 analog zum Beleuchtungsschaltkreis gemäß Figur 3. Im Unterschied zu Figur 3 kommt jedoch ergänzend hinzu, daß auch zwischen dem ersten und dem zweiten Strang der ersten Reihe und zwischen dem ersten und dem zweiten Strang der dritten Reihe sowie zwischen dem zweiten und dem dritten Strang der ersten Reihe und zwischen dem zweiten und dem dritten Strang der dritten Reihe ein Querwider-

stand angeordnet ist. Damit sind nicht nur die benachbarten Reihen über Querwiderstände miteinander verbunden, sondern auch die äußeren Reihen. Durch die quasi ringförmige Vernetzung auch der äußeren Reihen durch Querwiderstände wird eine bessere Symmetrie der LED-Matrix erreicht, die sicherstellt, daß auch beim Ausfall einer LED in einer "äußeren" Reihe eine möglichst gleichmäßige Stromverteilung erfolgt. Durch die ringförmige Vernetzung macht es keinen Unterschied, ob in einer inneren oder einer äußeren Reihe eine LED ausfällt oder eine unterschiedliche Kennlinie aufweist. Eine Unterscheidung von inneren Reihen und äußeren Reihen ist somit eigentlich gar nicht mehr vorhanden.

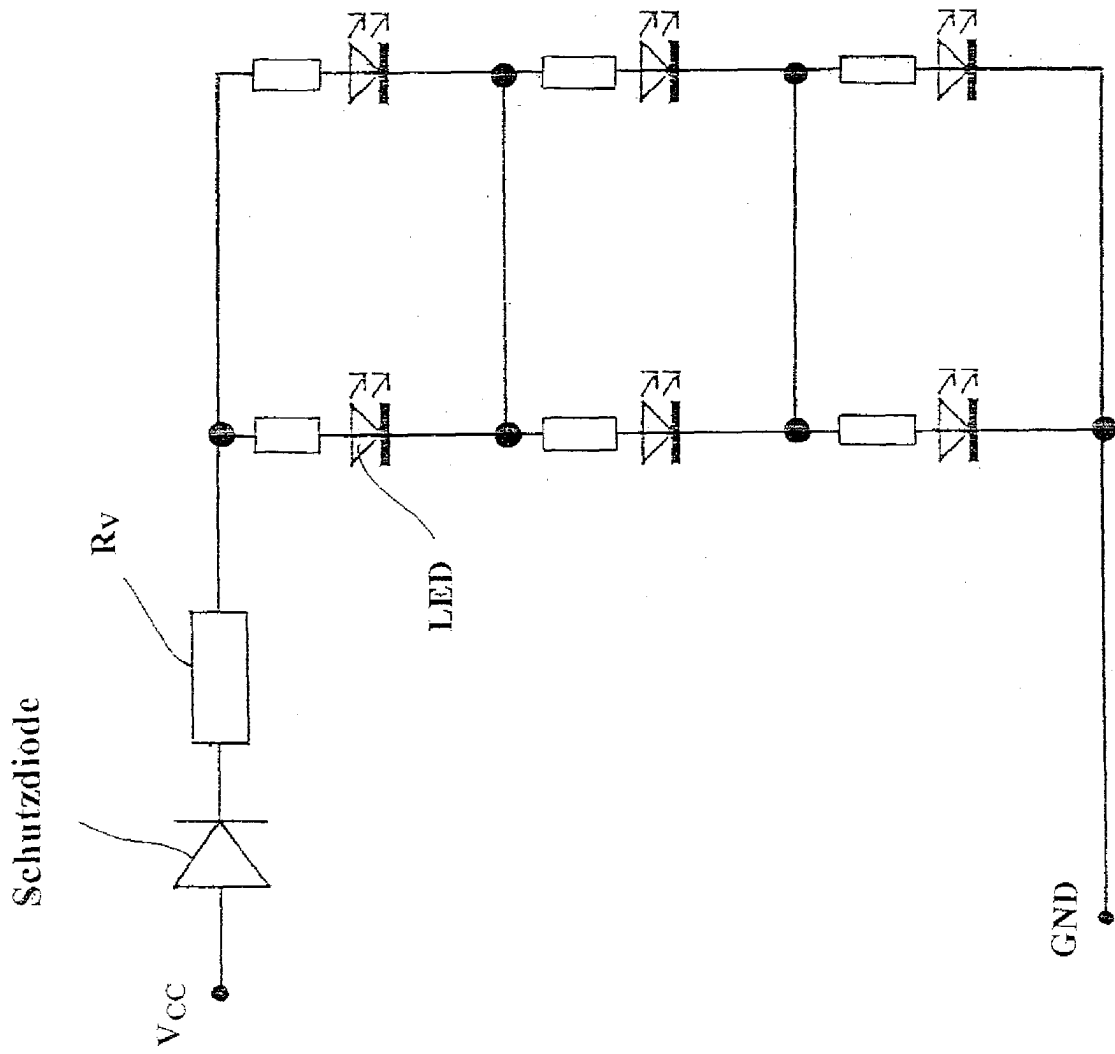
**[0013]** Bei der Ausführungsform gemäß Figur 5 sind die Querwiderstände jeweils in einer Sternschaltung aus  $m$  (= Reihenzahl der LED-Matrix) Querwiderständen angeordnet. Dabei sind die Querwiderstände mit ihrem einen Ende jeweils mit einem gemeinsamen Sternkontenpunkt verbunden und mit ihrem jeweils anderen Ende jeweils mit einer Reihe im Bereich zwischen zwei Strängen verbunden. In Figur 6 ist diese Sternschaltung für sich allein zur Verdeutlichung noch einmal dargestellt. Die Verwendung einer solchen Sternschaltung ermöglicht beim Layout der Leiterplatte, auf der die LED-Matrix angeordnet wird, größere Gestaltungsfreiheit.

## Patentansprüche

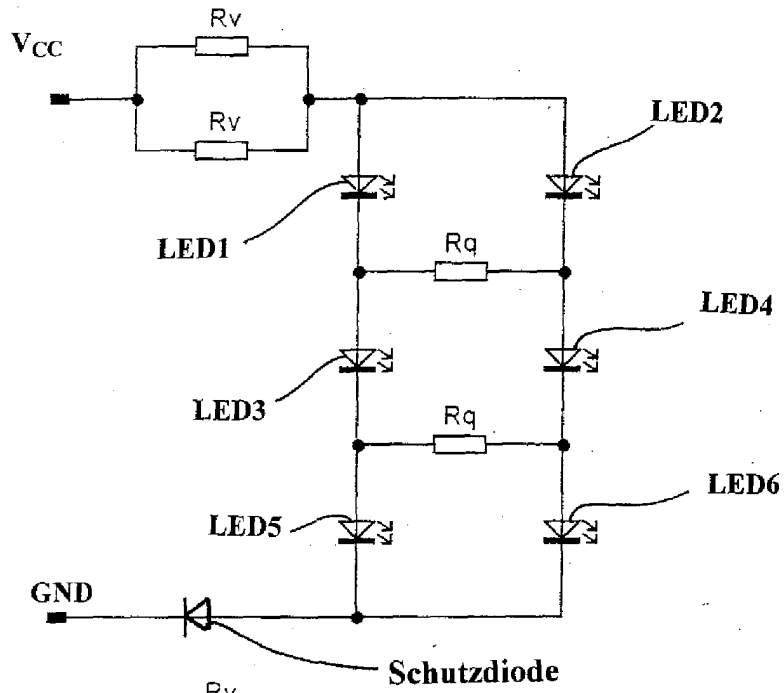
1. Beleuchtungsschaltkreis, insbesondere für Kraftfahrzeuge, mit einer Leuchtdiodenmatrix in kombinierter Reihen-/Parallelschaltung, die durch einen Versorgungsstromkreis mit einer Gleichspannung und/oder einem Konstantstrom versorgt wird, wobei die Leuchtdiodenmatrix aus  $n$  parallelgeschalteten Reihen mit jeweils  $m$  hintereinandergeschalteten Strängen besteht, wobei in jedem Strang eine Leuchtdiode angeordnet ist, wobei zwischen den Strängen jeweils einer Reihe eine elektrisch leitende Querverbindung zu den jeweils benachbarten Reihen verläuft,  
**dadurch gekennzeichnet, daß**  
in mindestens einer Querverbindung mindestens ein Querwiderstand angeordnet ist.
2. Beleuchtungsschaltkreis nach Anspruch 1,  
**dadurch gekennzeichnet, daß**  
im Fall von drei oder mehr parallel geschalteten Reihen zwischen mindestens einem ersten Strang und einem zweiten Strang der ersten Reihe und zwischen dem zugehörigen ersten und zweiten Strang der letzten Reihe eine Querverbindung mit mindestens einem Widerstand angeordnet ist.
3. Beleuchtungsschaltkreis nach Anspruch 2,  
**dadurch gekennzeichnet, daß**  
mindestens eine Sternschaltung aus  $m$  Querwiderständen vorgesehen ist, wobei die Querwiderstände mit ihrem einen Ende jeweils mit einem gemeinsamen Sternkontenpunkt verbunden sind und mit ihrem jeweils anderen Ende jeweils mit einer Reihe im Bereich zwischen zwei Strängen verbunden sind.
4. Beleuchtungsschaltkreis nach einem der vorstehenden Ansprüche,  
**dadurch gekennzeichnet, daß**  
in Reihe zur Leuchtdiodenmatrix mindestens ein Vorwiderstand geschaltet ist.
5. Beleuchtungsschaltkreis nach Anspruch 4,  
**dadurch gekennzeichnet, daß**  
die Leuchtdiodenmatrix mit den Querwiderständen in dem Gehäuse eines Leuchtkörpers untergebracht ist, während der mindestens eine Vorwiderstand außerhalb des Gehäuses untergebracht ist.



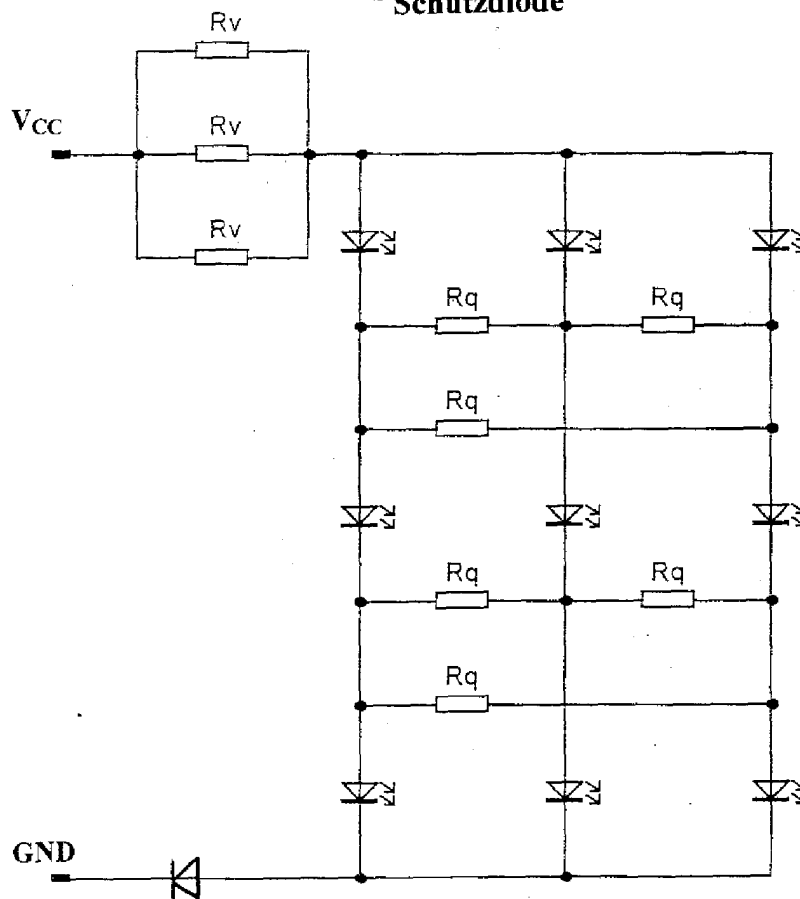
Figur 1  
Stand der Technik



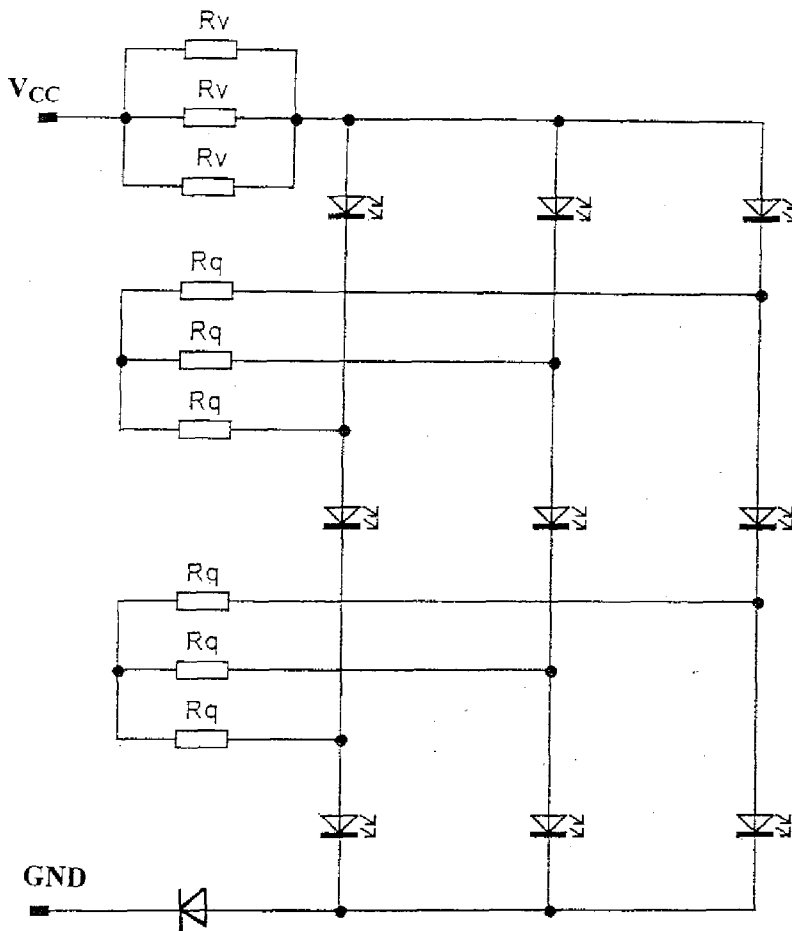
Figur 2  
Stand der Technik



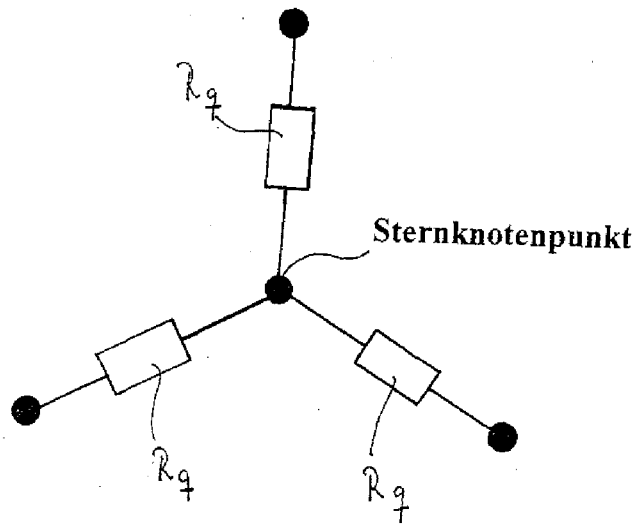
Figur 3



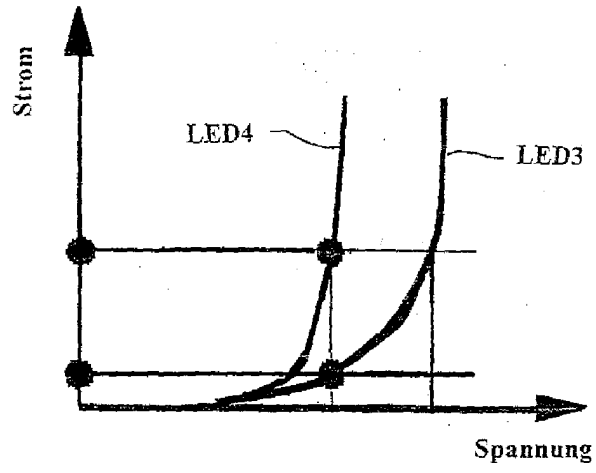
Figur 4



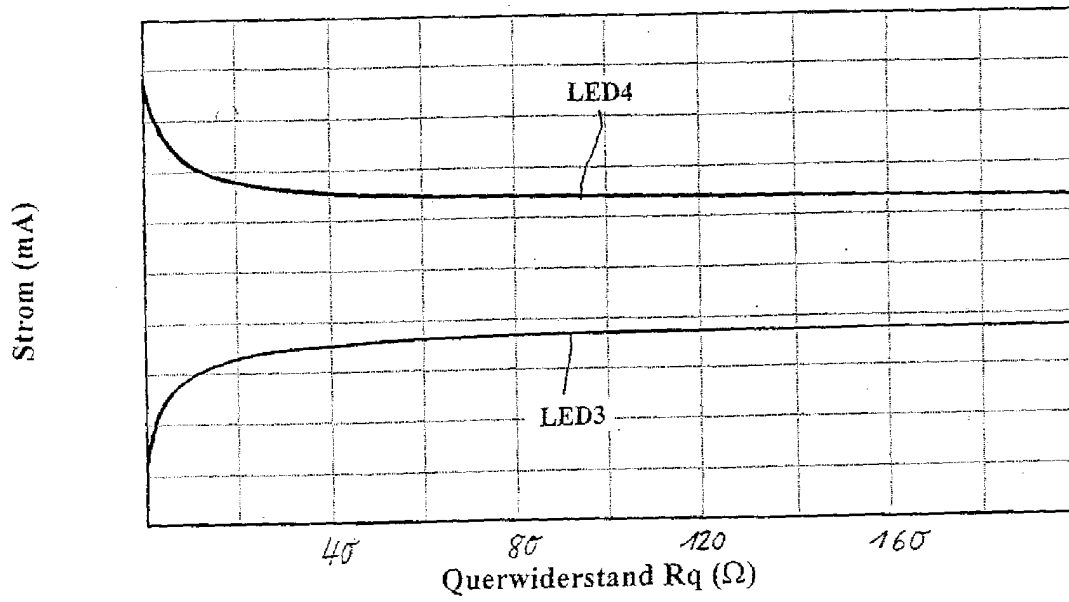
Figur 5



Figur 6



Figur 7



Figur 8