

# Die grünen Seiten für die Aus- und Weiterbildung

# igig

Inhalt 20/2003

## Ende des Ausbildungs- verhältnisses

Christiane Decker

**Jedes Berufsausbildungsverhältnis wird befristet abgeschlossen. Spätestens am Ende der Lehre sollte sich also jeder Lehrling, aber auch jeder Unternehmer mit dem Ende des Ausbildungsverhältnisses beschäftigen. Darüber hinaus gibt es bei nicht bestandener Gesellen-/Abschlussprüfung einiges zu beachten.**

Von regulärer Beendigung des Ausbildungsverhältnisses spricht man, wenn es automatisch mit dem Ablauf der Ausbildungszeit endet (BBiG<sup>1)</sup> § 14 Abs. 1).

### Vorzeitig bestandene Gesellen-/Abschlussprüfung

Bestehen Auszubildende ihre Gesellen-/Abschlussprüfung vorzeitig, endet das Berufsausbildungsverhältnis mit deren Bestehen (BBiG § 14 Abs. 2). Die Gesellen-/Abschlussprüfung gilt als bestanden, sobald das Prüfungsverfahren abgeschlossen und das positive Ergebnis mitgeteilt worden ist. Sieht eine Prüfungsordnung nichts anderes vor, endet das Ausbildungsverhältnis auf die Minute genau zu diesem Zeitpunkt, d.h. nicht erst mit dem Ablauf des Tages der erfolgten Mitteilung. Beschäftigt man den Auszubildenden über den genauen Zeitpunkt der bestandenen Prüfung hinaus, begründet das ein unbefristetes Arbeitsverhältnis (BBiG § 17).

### Nicht bestandene Gesellen-/Abschlussprüfung

Besteht der Auszubildende die Gesellen-/Abschlussprüfung nicht, kann er (bei Minderjährigen der Erziehungsberechtigte) vom Ausbildungsbetrieb die Fortsetzung des Ausbildungsverhältnisses um maximal ein Kalenderjahr verlangen. D.h., das Ausbildungsverhältnis muss bis zur nächstmöglichen Wiederholungsprüfung fortgesetzt werden (BBiG § 14 Abs. 3), und zwar mit den gleichen Rechten und Pflichten wie bei dessen Begründung. Das Gleiche gilt, wenn der Auszubildende wegen krankheitsbedingter Arbeitsunfähigkeit nicht an der Prüfung teilnehmen konnte.

Der Auszubildende (der Erziehungsberechtigte) hat das Verlangen mündlich oder schriftlich an den Ausbildungsbe-

<sup>1)</sup> Der Gesetzestext des Berufsbildungsgesetzes (BBiG) befindet sich unter [www.bma.de](http://www.bma.de).

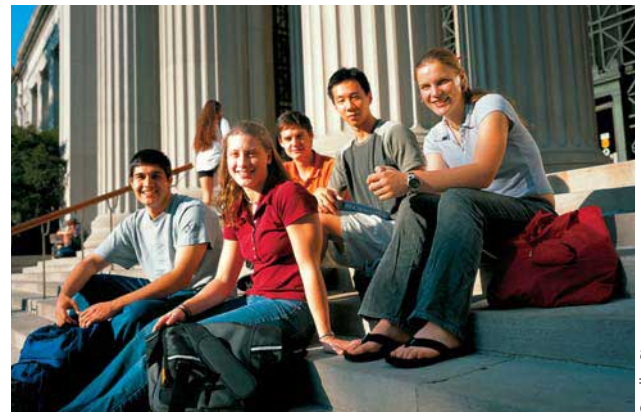
Dipl.-Ing. (FH) Christiane Decker, Redaktion »de«, nach Unterlagen der HWK Ulm

trieb zu richten, und zwar unverzüglich, spätestens aber zwei Wochen nach der nicht bestandenen Prüfung.

Es gilt zu unterscheiden, wann der Auszubildende die Verlängerung nach nicht bestandener Prüfung verlangt:

- vor Beendigung der regulären Ausbildungszeit: Die Ausbildungszeit setzt sich über den Endzeitpunkt hinaus fort
- nach Beendigung der regulären Ausbildungszeit (Prüfung erst nach diesem Zeitpunkt bzw. Mitteilung über das Nichtbestehen): Das Berufsausbildungsverhältnis verlängert sich vom Zeitpunkt des Verlangens ab.

- 1 Ende des Ausbildungsverhältnisses
- 2 Informationstechnik  
Kundenauftrag:  
Instandsetzen einer  
fehlerhaft installierten  
Tk-Anlage [ 4 ]
- 5 Grundlagen  
Wirk- und Blindleistungs-  
messung [ 1 ]
- 7 Elektroinstallation  
LED-Module für Leuchten  
und zum Signalisieren [ 1 ]



Quelle: Siemens

### Wiederholungsprüfung

Das Berufsausbildungsverhältnis endet nicht nur bei bestandener Wiederholungsprüfung, sondern auch bei nicht bestandener, wenn der Auszubildende keine Verlängerung verlangt hat.

Besteht der Auszubildende die 1. Wiederholungsprüfung nicht und verlangt er eine Verlängerung, setzt sich das Berufsausbildungsverhältnis bis zur 2. Wiederholungsprüfung fort – vorausgesetzt, diese 2. Wiederholungsprüfung wird innerhalb der Höchstfrist von einem Jahr, nach Ablauf der vertraglich vorgesehenen Ausbildungszeit, abgeschlossen. Das Berufsausbildungsverhältnis endet nach einem BAG-Urteil unabhängig vom Bestehen oder Nicht-Bestehen der 2. Wiederholungsprüfung.

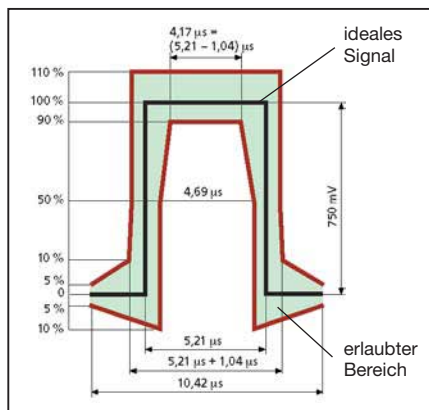
# Kundenauftrag: Instandsetzen einer fehlerhaft installierten Tk-Anlage

## Teil 4: Messungen, Notbetrieb, Euro-ISDN, Rückkopplung

Heinrich Kohschulze

Beim Eingrenzen einer Störungsursache setzten Servicetechniker bisher im Tk-Bereich Multimeter mit Durchgangsprüfer und ggf. das Oszilloskop ein. Das reicht bei der Fehlersuche im ISDN-Bereich meist nicht mehr. Hier sind sowohl ISDN-Tester gefragt als auch die Kenntnisse der Zusammenhänge bezüglich der vorhandenen Module und Schnittstellen, deren Funktion und deren Eigenschaften Fehlerursachen in sich bergen können.

Di., 13.00 Uhr. Lehrling Jakob geht durch Johann Gotthilfs Lichtstudio und notiert sich die Fabrikate der Telefone. Am Nachmittag will er in seiner Firma nachschauen, ob es sich um System- oder ISDN-Komforttelefone handelt.



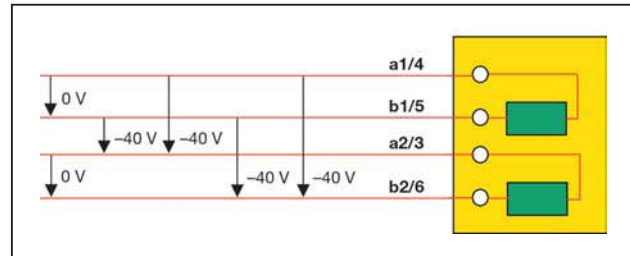
**Bild 11: Toleranzschema für Signale auf der S<sub>0</sub>-Schnittstelle mit Signal (schwarz)**

Diese Impulse schwanken innerhalb bestimmter Toleranzen (Bild 11). Allerdings lassen sich die nicht zyklischen Signale nur relativ schwer messen. Auf jeden Fall benötigt man dazu ein Speicheroszilloskop. Doch im Allgemeinen braucht man die Signale nicht darzustellen. Es genügt Folgendes:

- Messung der Impulshöhe als Signalspannung mit einem ISDN-Tester (z. B. »Argus 10«) und
- Messung der Speisespannung für die Telefone mit einem Multimeter (auch mit ISDN-Tester möglich).

### Die Energieversorgung der ISDN-Telefone

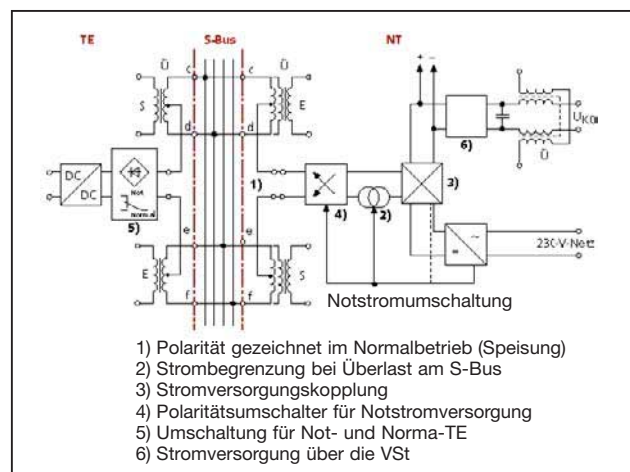
Die Speisespannung, eine von den Signalen auf der S<sub>0</sub>-Schnittstelle unabhängige Gleichspannung, versorgt die Elektronik der Telefone mit Energie. Generell stehen am S<sub>0</sub>-Bus ca. 4 W zur Verfügung. Da ein Telefon im Normalbetrieb rund 1 W



**Bild 12: Gleichspannungsverhältnisse am gespeisten S<sub>0</sub>-System ohne Notbetrieb**

benötigt, lassen sich am S<sub>0</sub>-Bus maximal vier schnurgebundene ISDN-Telefone anschließen und betreiben.

»Wegen der vier Adern können wir insgesamt sechs Messungen durchführen«, sagt Ralf zum Lehrling und skizziert die Verhältnisse (Bild 12). Jakob beginnt mit den Messungen und trägt die Messwerte in diese Skizze ein. Ralf sagt, dass die Werte der Vorgabe entsprechen.



**Bild 13: Speisung eines S<sub>0</sub>-Bussystems über den NTBA**

Der Geselle erklärt dem Lehrling,

- dass sowohl ein NTBA (Bild 13) der Erzeuger sein kann als auch – wie in ihrem Fall – das S<sub>0</sub>-Modul einer Tk-Anlage,
- dass hierbei ein 230-V-Netzteil die Energie für den S<sub>0</sub>-Bus liefert,
- dass man den 230-V-Stecker des NTBA nicht zu stecken braucht, wenn man statt Telefonen eine Tk-Anlage mit eigener Stromversorgung an die S<sub>0</sub>-Schnittstelle anschließt und
- dass bei angeschlossener Tk-Anlage eine vom Netzbetreiber zur Verfügung gestellte Gleichspannung auf der U<sub>K0</sub>-Schnittstelle die NTBA-Elektronik versorgt (Bild 13 Pkt. 6).

### Der Notbetrieb

Nach dem Telekommunikationsgesetz muss der Netzbetreiber an einem einfachen Tk-Anschluss (a/b- und Basisanschluss in der Betriebsart Mehrgeräteanschluss) in jedem Fall so viel Energie zur Verfügung stellen, dass das Telefonieren von einem

Dipl.-Ing. Heinrich Kohschulze arbeitet als Dozent am Bundes-technologiezentrum für Elektro- und Informationstechnik (bfe) in Oldenburg

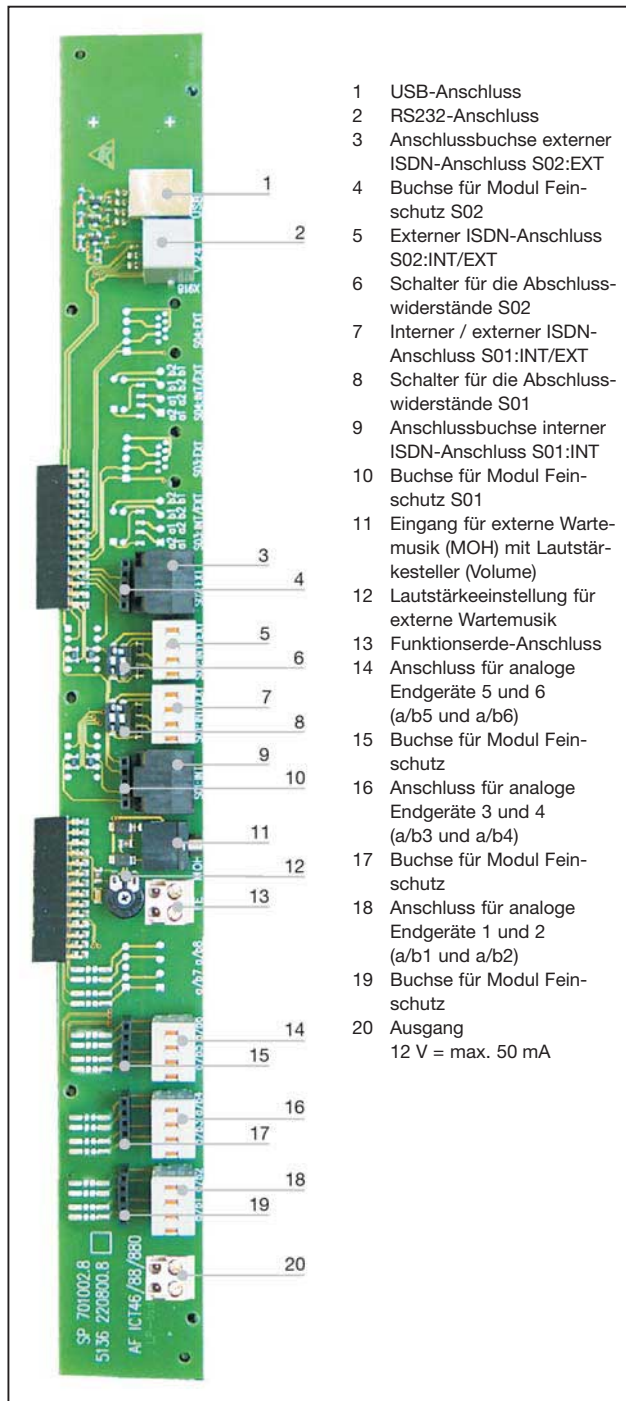


Bild 14: Anschlussmodul der Tk-Anlage

normalen ISDN-Telefon auch bei Ausfall der 230-V-Spannungsversorgung möglich ist. In diesem Fall sorgen eine Stromversorgungskopplung (Bild 13 Pkt. 3) und eine Strombegrenzung (Bild 13 Pkt. 2) für das Anliegen der Gleichspannung an der  $S_0$ -Schnittstelle, jedoch in umgekehrter Polarität. Allerdings reicht die Energie nur für den Notbetrieb eines Telefons. D.h., für diesen Fall muss man dafür sorgen, dass nur eins der maximal vier möglichen, nicht fremdgespeisten Telefone am Bus auf Notbetrieb gestellt ist. Nur mit diesem auf Notbetrieb gestellten Telefon lässt sich dann eine Verbindung aufbauen. Die anderen drei Telefone sind im Notbetrieb also »tot«. Die Einstellung (Bild 13 Pkt. 5) erfolgt am Telefon gewöhnlich an einer verborgenen Stelle, so dass nur ein Fachmann, der diesen Hintergrund kennt, die Umschaltung vornehmen sollte.

## Anschlussmodul der Tk-Anlage

Ralf und Jakob gehen in den Versorgungsraum und öffnen die Tk-Anlage. Sie sehen ein Anschlussmodul, welches auch in der Anleitung der Tk-Anlage dargestellt ist (Bild 14).

Darüber hinaus entdecken sie ein Modul für den Anschluss von vier a/b-Endgeräten (Bild 15). Davon wird derzeit kein Anschluss genutzt. Offenbar setzte die Errichterfirma hier ein Modul ein, ohne zu wissen, dass es in Gotthilfs Lichtstudio

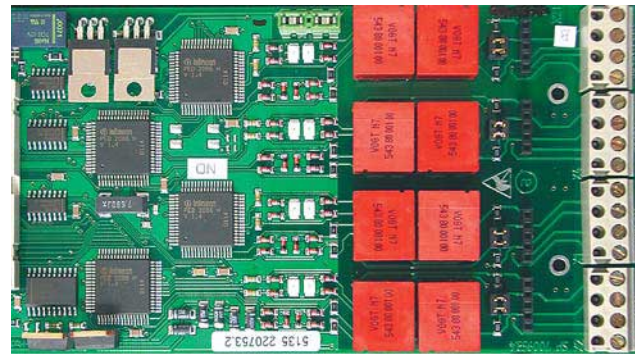


Bild 15: Tk-Anlagenmodul für vier a/b-Schnittstellen

überflüssig ist. Denn es lassen sich bis zu sechs analoge Geräte bereits mit der Grundplatine betreiben. Die analogen Endgeräte (auch das G3-Fax sowie das Modem) sind sternförmig an das Anschlussmodul angeschlossen (Bild 14 Nr. 14, 16 und 18), d.h. mit jeweils zwei Adern (siehe »gig« 19/2003, S. 3, Bild 9). Möglich wäre allerdings auch, das Modem und das Faxgerät als so genannte »Nicht-Fernsprengeräte« mit einem analogen Telefon zusammen an einer TAE zu stecken. Zu einer solchen TAE würden dann nur zwei Kupferadern a und b führen.

## Fehlersuche und -eingrenzung

Di., 14.00 Uhr. Ralf, Jakob und Meister Ring setzen sich in ihrer Firma zusammen. Der Lehrling erzählt dem Meister vom fehlenden Abschlusswiderstand am  $S_0$ -Bus. »Das ist typisch für eine Firma, die von Telekommunikation keine Ahnung hat«, entgegnet Meister Ring und ergänzt: »Dann sollten wir überlegen, welche Hardwarefehler noch zu Störungen geführt haben könnten.«

Ralf meint: »Möglicherweise hat der Netzbetreiber einen Fehler gemacht, und zwar am Anschluss.« Er erläutert:

- Der Basisanschluss kommt mit zwei Drähten ins Haus. Dabei handelt es sich um die im NTBA endende  $U_{K0}$ -Schnittstelle am Referenzpunkt U im Referenzmodell (siehe »gig« 18/ 2003, S. 3, Bild 5).
- Bei vertauschten Adern der  $U_{K0}$ -Schnittstelle kann das auch zu Fehlfunktionen führen.

Meister Ring widerspricht: »Vertauschte Adern spielen im  $U_{K0}$ -Bereich keine Rolle. Aber du bringst mich auf einen Gedanken. Wir müssen am  $S_0$ -Bus auf jeden Fall noch die Adern auf Durchgang und Vertauschung prüfen. Dadurch können nämlich sporadische Fehler auftreten.« Jakob soll das beim nächsten Besuch im Lichtstudio als Erstes untersuchen.

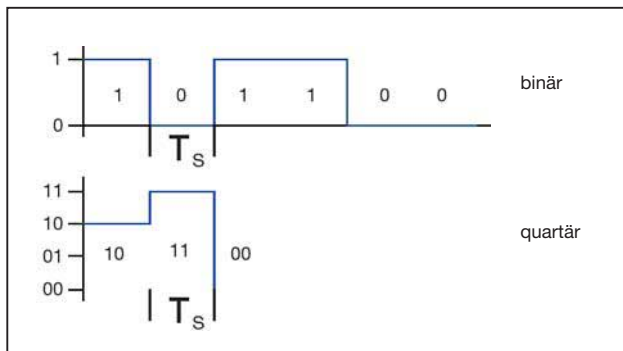
## ISDN und Euro-ISDN

Die Entwicklung vom ISDN zum Euro-ISDN:

- ISDN wurde in Deutschland bereits 1989 als nationale Variante mit der Bezeichnung 1TR6 eingeführt.

- Man wählte für den Zweidrahtbereich zwischen der Vermittlungstechnik und dem NTBA eine Vollduplextechnik mit einem Leitungscode, 4B3T<sup>8)</sup> genannt, die derzeit noch aktuell ist.
- Für eine Umsetzung von Zwei- auf Vierdrahttechnik (und umgekehrt) im NTBA und im Anschlussmodul in der Vermittlungstechnik beim Netzbetreiber müssen beide Seiten für diesen Leitungscode ausgelegt sein.

Der Lehrling unterbricht: »Aber das ist doch noch heute bei allen Basisanschlüssen so, oder?« Meister Ring erklärt ihm: »Nicht ganz. 1993 bei der Einführung des Euro-ISDN, auch DSS1 genannt, hatte sich die Übertragungstechnik weiterent-



**Bild 16: Übertragung der binären Bitkombination 101100 quartär im 2B1Q-Leitungscode**

wickelt. Seitdem steht ein anderer Leitungscode, der 2B1Q-Code, zur Verfügung. Er benötigt eine geringere Bandbreite.« Beim 2B1Q-Code werden zwei binäre Signale in ein quartäres Signal umgewandelt, welches vier verschiedene Zustände auf der Leitung annehmen kann, z.B. die Spannungen mit der Zuordnung 00, 01, 10, 11 (Bild 16). Jakob meint: »Dann mussten ja in den Vermittlungsstellen alle Module ausgetauscht werden und ebenfalls alle NTBAs bei den Kunden.« »Da hast du grundsätzlich Recht«, erwidert Meister Ring, »doch das hat man aus Kostengründen nicht gemacht«. Er meint damit, dass in Deutschland alles beim Alten blieb, während man in anderen Ländern mit DSS1 die neue Technologie einsetzte. Dazu Ralf: »Dann kann man ja in Deutschland keinen NTBA z.B. aus Frankreich einsetzen. Wir haben hier immer noch 1TR6?« »Jein« entgegnet Meister Ring und erklärt:

- Die Übertragungsverfahren auf der  $U_{K0}$ -Schnittstelle mit den unterschiedlichen Leitungscode sind völlig unabhängig von den Protokollen 1TR6 bzw. DSS1.
- Auch in Deutschland führte man ab 1993 das Euro-ISDN mit DSS1 ein.
- Der Leitungscode beim Übertragungsverfahren auf der  $U_{K0}$ -Schnittstelle ist aber weiterhin 4B3T.

Eine Anmerkung hat der Meister noch zu den neuen Netzbetreibern: »Sollten sie nicht die Anschlussleitungen von der Telekom mieten, sondern eigene Kabel verlegen, so ist es denkbar, dass auf deren  $U_{K0}$ -Schnittstelle das 2B1Q-Verfahren zum Einsatz kommt.« Der Meister wendet sich an Ralf: »Deshalb wird man an den meisten Basisanschlüssen in Deutschland keinen NTBA aus Frankreich einsetzen können, trotz Euro-ISDN-DSS1-Anschluss.«

8) Der 4B3T-Code fasst jeweils vier Bit eines binären Signals auf der  $S_0$ -Schnittstelle zu einem Block zusammen und codiert sie in drei ternäre Signalelemente für die Übertragung auf der  $U_{K0}$ -Schnittstelle

### Basisanschluss und NTBA

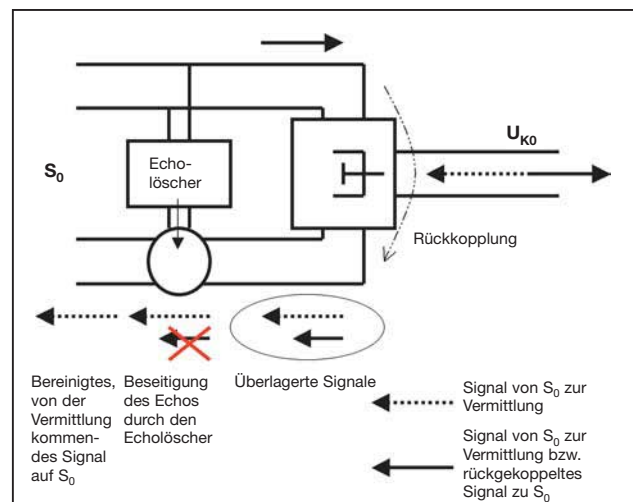
»Man darf ja gar nicht am NTBA arbeiten, weil der ja in den Verantwortungsbereich des Netzbetreibers fällt. Und wenn der NTBA defekt sein sollte, muss ihn der Netzbetreiber reparieren oder auswechseln«, wirft der Geselle ein. Dazu Jakob: »Aber die Netzbetreiber verschicken doch sogar den NTBA an die Kunden zum Selbstanbau.« »Du hast Recht, das ist aber lediglich ein Anstecken an die ehemals erste TAE vom analogen Anschluss, die der Kunde vornehmen muss, jedoch kein Eingriff in die Technik wie bei einer Reparatur«, sagt der Meister.

Ralf und Jakob erfahren auch von Meister Ring, warum die Umstellung auf ISDN relativ einfach vonstatten ging:

- In jede Wohnung mit einem bereits vorhandenen analogen Anschluss führen zwei Drähte.
- Es handelt sich lediglich beim Abschnitt zwischen Vermittlungstechnik und NTBA um eine Zweidrahtstrecke.
- Im NTBA geschieht neben der Umsetzung von einer Zweidrahtführung an  $U_{K0}$  auf eine Vierdrahtführung an  $S_0$  auch eine Umsetzung der Netzbetreiberschnittstelle  $U_{K0}$  auf die Teilnehmerschnittstelle  $S_0$ . Das Gleiche geschieht beim Netzbetreiber im Teilnehmermodul in der Vermittlungstechnik, wo auf Vierdraht zurück umgesetzt wird.
- Grundsätzlich werden auf der  $U_{K0}$ -Schnittstelle alle Signale vom Netz zum Teilnehmer und zurück gleichzeitig in beiden Richtungen übertragen.

### Die Rückkopplung

Bei der Umsetzung von  $S_0$  auf  $U_{K0}$  in der so genannten Gabelschaltung des NTBA wird auch eine Rückkopplung erzeugt.



**Bild 17: Echobildung und -kompensation im NTBA**

Die abgehenden Signale überlagern also die von der Vermittlung kommenden und bilden damit ein so genanntes Echo, auch bei analogen Anschlüssen. Hört man bei analogen Anschlüssen lediglich seine eigene Stimme, führt ein solches Echo bei ISDN zu Störungen, z.B. beim Verbindungsaufbau und bei Datenübertragungen. »Man musste Abhilfe schaffen«, ergänzt der Meister, fertigt eine Skizze an (Bild 17) und sagt: »Ein Modul, der Echolöcher, löscht noch im NTBA das rückgekoppelte Echo, so dass nur das richtige von der Vermittlung kommende Signal auf die  $S_0$ -Schnittstelle gelangt.« Übrigens kann ein defekter Echolöcher durchaus eine Fehlerquelle am Basisanschluss darstellen. (Fortsetzung folgt)

# Wirk- und Blindleistungsmessung [ 1 ]

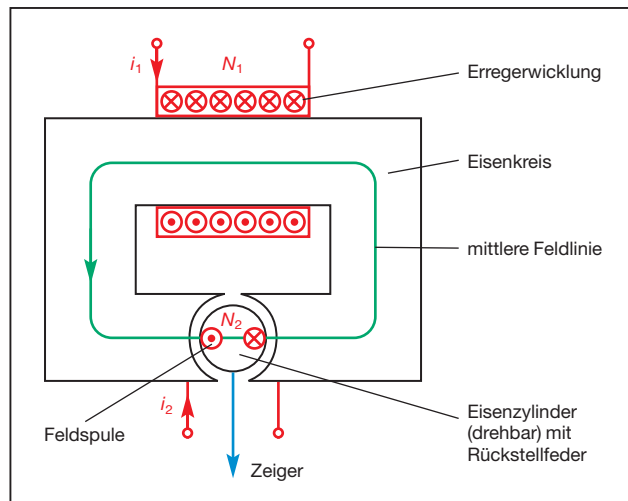
Helmuth Biechl

**Ein elektrodynamisches Messwerk dient zum Messen der Leistung. Dieser Beitrag erklärt ausführlich den prinzipiellen Aufbau eines derartigen Messwerks und weshalb es das Produkt aus zwei Strömen anzeigt.**

Für den Elektrofachmann ist nicht nur die Berechnung der Wirk- und Blindleistung wichtig, sondern auch deren messtechnische Erfassung. Zwar gibt es hochwertige digitale Messgeräte, welche die Spannung und den Strom abtasten und mit Hilfe eines Mikrocomputers verschiedene Größen ermitteln und anzeigen, doch für die Erklärung des Messprinzips eignet sich das elektrodynamische Leistungsmesswerk besser. Darüber hinaus handelt es sich bei der analogen Messung von Wirk- und Blindleistung keineswegs um ein veraltetes Verfahren. In jedem Prüffeld, wo derartige Messungen durchzuführen sind, setzt man noch elektrodynamische Messwerke ein.

## Das Funktionsprinzip des Messwerks

In Bild 1 sehen wir einen magnetischen Kreis aus Eisen. Dieser Eisenkreis führt das Magnetfeld, welches die Erregerwicklung (Windungszahl  $N_1$ , Strom  $i_1$ ) erzeugt. Wir erkennen weiterhin einen drehbaren Eisenzylinder, der über eine Rückstellfeder verfügt. Darüber hinaus befindet sich auf dem Eisenzylinder eine Wicklung, die so genannte Feldspule. Sie führt den Feldstrom  $i_2$ .



**Bild 1: Grundsätzlicher Aufbau des elektrodynamischen Leistungsmesswerks**

Wir wollen folgende Zusammenhänge zeigen, und zwar zwischen

- der Auslenkung der mit dem Eisenzylinder fest verbundenen Anzeigenadel und
  - dem Produkt aus Erregerstrom  $i_1$  und Feldstrom  $i_2$ .
- Das mechanische Rückstellmoment des Zylinders – hervorgerufen durch die Rückstellfeder – verhält sich direkt proportional zur Auslenkung, d. h.:

Dr. Helmuth Biechl, Professor an der FH Kempten

$$M_{\text{Rück}} = c \cdot \alpha \quad (1)$$

- $\alpha$  Auslenkwinkel
- $c$  Federkonstante (Einheit = Nm/°)

Weil sich die stromdurchflossenen Feldspulenleiter im durch die Erregerwicklung hervorgerufenen Magnetfeld befinden, entsteht folgende Tangentialkraft auf die einzelnen Feldspulenleiter (siehe »gig« 21/2001, S. 3):

$$F_{\text{Leiter}} = B \cdot l \cdot i_2 \quad (2)$$

- $B$  magnetische Flussdichte im Eisenkreis = magnetische Flussdichte im Luftspalt
- $l$  axiale Zylinderlänge = Länge der Feldspulenleiter
- $i_2$  Strom durch die Feldspule

Für das elektromagnetisch entwickelte Drehmoment  $M_D$  der gesamten Feldspule gilt:

$$M_D = r \cdot N_2 \cdot F_{\text{Leiter}} \cdot 2 \quad (3)$$

- $r$  Zylinderradius
- $N_2$  Windungszahl der Feldspule

Der Faktor 2 ist deshalb erforderlich, weil eine Windung immer aus zwei Leitern, nämlich Hin- und Rückleiter, besteht. Mit Gl. (2) und (3) erhalten wir:

$$M_D = 2 \cdot r \cdot N_2 \cdot B \cdot l \cdot i_2 \quad (4)$$

Das elektromagnetisch entwickelte Drehmoment  $M_D$  verhält sich also proportional zum Feldstrom  $i_2$ .

Nun kann man sich fragen, wie die Flussdichte  $B$  vom Erregerstrom  $i_1$  abhängt. Mit dem Durchflutungsgesetz (siehe »gig« 22/1999, S. 231g) und unter der Annahme, dass das magnetische Feld im gesamten Magnetkreis homogen verläuft, d. h., die Flussdichte  $B$  überall denselben Wert hat, ergibt sich:

$$H_E \cdot l_E + H_L \cdot 2 \cdot \delta = i_1 \cdot N_1 \quad (5)$$

- $H_E$  magnetische Feldstärke im Eisen
- $H_L$  magnetische Feldstärke im Luftspalt
- $\delta$  Luftspalt (der Faktor 2 in der Formel ist erforderlich, weil es »links« und »rechts« vom Zylinder einen Luftspalt gibt)
- $l_E$  gesamte Eisenlänge (beinhaltet auch den Weg im drehbar gelagerten Zylinder)

Weiterhin gilt (siehe »gig« 6/2001, S. 4):

$$B = \mu_0 \cdot \mu_r \cdot H \Rightarrow \quad (6)$$

$$H_E = \frac{B}{\mu_0 \cdot \mu_{r,E}} \quad (7)$$

$$H_L = \frac{B}{\mu_0} \quad (8)$$

- $\mu_{r,E}$  relative Permeabilität des Eisens (für Luft gilt bekanntermaßen:  $\mu_{r,L} = 1$ )
- $\mu_0$  Permeabilität des Vakuums, eine Naturkonstante mit dem Wert

$$\mu_0 = 4 \pi \cdot 10^{-7} \frac{\text{T} \cdot \text{m}}{\text{A}}$$

Nun können wir schließlich Gl. (7) und (8) in Gl. (5) einsetzen. Es ergibt sich:

$$\frac{B}{\mu_0 \cdot \mu_{r,E}} \cdot I_E + 2 \cdot \frac{B}{\mu_0} \cdot \delta = N_1 \cdot i_1 \Rightarrow$$

$$B \cdot \left( \frac{I_E}{\mu_0 \cdot \mu_{r,E}} + \frac{2\delta}{\mu_0} \right) = N_1 \cdot i_1 \Rightarrow$$

$$B = \frac{N_1 \cdot \mu_0}{\frac{I_E}{\mu_{r,E}} + 2 \cdot \delta} \cdot i_1 \quad (9)$$

Gl. (9) setzen wir nun in Gl. (4) ein:

$$M_D = 2 \cdot r \cdot N_2 \cdot I \cdot \frac{N_1 \cdot \mu_0}{\frac{I_E}{\mu_{r,E}} + 2 \cdot \delta} \cdot i_1 \cdot i_2$$

Der Term vor dem Produkt der beiden Ströme  $i_1$  und  $i_2$  stellt eine für das Messgerät charakteristische Konstante  $k$  dar. Es gilt deshalb:

$$M_D = k \cdot i_1 \cdot i_2 \quad (10)$$

Mit anderen Worten: Das elektrodynamische Messwerk multipliziert die beiden Ströme  $i_1$  und  $i_2$ . Das Drehmoment  $M_D$  ist proportional zum Produkt aus  $i_1$  und  $i_2$ .

Wir kennen nun das elektromagnetische Drehmoment  $M_D$ , das den Zylinder mit der Feldspule entgegen der Federkraft verdreht (auslenkt). Die Zylinderauslenkung erfolgt so weit, bis das Rückstellmoment  $M_{Rück}$  genauso groß ist wie das elektromagnetische Moment  $M_D$ . Es stellt sich also folgendes Gleichgewicht ein:

$$M_D = M_{Rück}$$

Man kann also Gl. (10) und Gl. (1) gleichsetzen:

$$k \cdot i_1 \cdot i_2 = c \cdot \alpha \Rightarrow$$

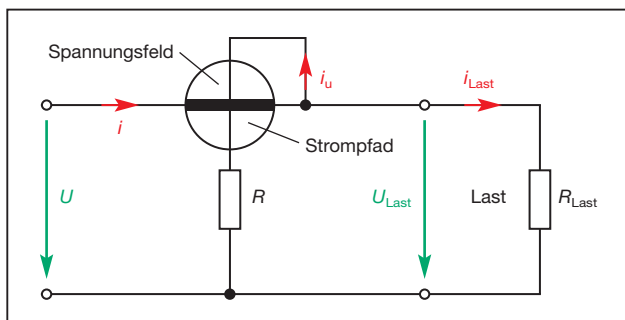
$$\alpha = \frac{k}{c} \cdot i_1 \cdot i_2 = k_{ges} \cdot i_1 \cdot i_2$$

$$\text{mit } k_{ges} = \frac{k}{c} \quad (11)$$

Wir sehen anhand Gl. (11): *Der Zeigerausschlag  $\alpha$  verhält sich proportional zum Produkt von  $i_1$  und  $i_2$ . Damit handelt es sich beim elektrodynamischen Messwerk um ein multiplizierendes Messgerät. Das eignet sich hervorragend zur Leistungsmessung.*

### Die Leistungsmessung bei Gleichstrom

In Bild 2 sehen wir das Schaltsymbol für das elektrodynamische Messwerk. Betrachten wir als Erstes die Leistungsmessung



**Bild 2: Verschaltung des elektrodynamischen Messwerks als Wattmeter bei spannungsrichtiger Messung**

bei Gleichstrom. Der Strom  $I$ , der durch die Erregerwicklung des Messgerätes fließt, entspricht damit dem Strom  $i_1$  (aus Bild 1). Der Strom  $i_2$ , d.h. der Feldstrom, wird durch die Spannung  $U_{Last}$  und den Messgerätewiderstand  $R$  festgelegt, d.h.:

$$i_2 = \frac{U_{Last}}{R}$$

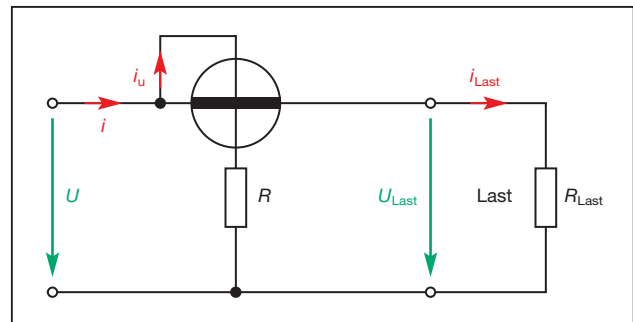
Weil der Messgerätewiderstand  $R$  im  $k\Omega$ -Bereich liegt, fällt der Strom  $i_2$  gegenüber  $i_1$  kaum ins Gewicht, d.h., er ist vernachlässigbar. Damit messen wir jetzt das Produkt aus  $U_{Last}$  und  $I$ , d.h.:

$$\alpha \sim U_{Last} \cdot I$$

Dieses Produkt entspricht der elektrischen Leistung  $P$ . Somit können wir mit einem elektrodynamischen Messwerk die Gleichstromleistung  $P$  messen. Allerdings ist es hierzu erforderlich, das Zifferblatt entsprechend zu beschriften. Man nennt diesen Vorgang »Kalibrieren«. Handelt es sich um einen amtlichen Vorgang, spricht man von »Eichen«, das nur staatlich anerkannte Eichämter durchführen.

### Spannungs- und stromrichtige Messung

Ein kleines Problem bei dem beschriebenen Messverfahren müssen wir allerdings noch erwähnen.



**Bild 3: Wattmeter bei stromrichtiger Messung**

Misst man die Spannung so wie im Abschnitt »Die Leistungsmessung bei Gleichstrom« beschrieben, sind zwar die Spannung an der Last und die gemessene Spannung identisch, aber der gemessene Strom weicht geringfügig vom tatsächlichen Laststrom  $i_{Last}$  ab. Schließlich messen wir die Summe aus  $i_{Last}$  und  $i_u$  (Bild 2), d.h., man misst den geringen Strom durch den Spannungspfad mit. Man nennt dieses Messverfahren »spannungsrichtiges Messen«, da die Spannung der Last richtig erfasst wird, der gemessene Strom aber nicht exakt dem Laststrom  $i_{Last}$  entspricht.

Im Gegensatz dazu gibt es noch die »stromrichtige Messung« (Bild 3). Hier fließt nur der Laststrom durch den Strompfad des Messgerätes. Bei der erfassten Spannung handelt es sich jedoch um die vor dem Messgerät anliegende. Sie stimmt somit nicht exakt mit der Spannung an der Last überein.

Beide Messverfahren sind also nicht ganz richtig. Der jedoch im Allgemeinen sehr kleine Fehler lässt sich meist vernachlässigen. Insbesondere nimmt der Strom durch den Spannungspfad bei der spannungsrichtigen Messung einen außerordentlich kleinen Wert an, so dass man meist diese Methode verwendet.

(Fortsetzung folgt)

# LED-Module für Leuchten und zum Signalisieren [ 1 ]

Enno Folkerts

**Licht emittierende Dioden<sup>1)</sup> (LED) setzt man seit etwa Mitte der 60er Jahre als Anzeigelampen in elektronischen Schaltungen ein, z. B. im Armaturenbrett von Kraftfahrzeugen, bei Haushaltsgeräten, Geräten der Unterhaltungselektronik, in Leuchtbändern und in Displays. Mit der Steigerung ihrer Lichtausbeute und der Entwicklung einer effizienten blau leuchtenden LED erobern LED seit Mitte der 90er Jahre zunehmend auch Bereiche der allgemeinen Lichttechnik.**

LED verdrängen zurzeit herkömmliche Lichtquellen – insbesondere dort, wo man farbiges Licht benötigt. Mit ihnen lassen sich fast monochrom (einfarbig) die Lichtfarben Blau, Grün, Gelb, Orange und Rot erzeugen. Auf Licht schluckende, d. h. die Systemlichtausbeute verringernde Farbfilter lässt sich also mit LED verzichten. Werden die mittlerweile auch weiß strahlenden LED voraussichtlich gegen Ende dieses Jahrzehnts in LED-bestückten Autoscheinwerfern eingesetzt, gibt es heute schon zahlreiche andere Anwendungsgebiete, u. a.:

- Hinterleuchten von LC-Displays, z. B. in Handys,
- große Displaywände in Bahnhofs- und Messehallen, Sportstadien sowie auf öffentlichen Plätzen und
- Fahrradrück- sowie Pkw-Heckleuchten.



**Bild 1: Mit LED (li.) und mit Glühlampen (re.) bestückte Verkehrsampel**

Als zeitgemäß gilt der Einsatz farbiger LED bei Verkehrsampeln (Bild 1). In den USA werden schon heute keine neuen Verkehrsampeln mehr mit Glühlampen bestückt. Entsprechende LED-Module und deren Zubehör ersetzen Glühlampe, Fassung, Reflektor und Streuscheibe. Doch vorhandene Symbolmasken (»Fußgänger«, »Fahrradfahrer« usw.) lassen sich weiterhin verwenden. Diese Module verfügen für den Betrieb an Netzspannung über ein Netzteil, das neben dem Transformator auch einen Gleichrichter und ein Modul zur Strombegrenzung enthält.

## Die LED-Technologie

Leuchtdioden bestehen – ähnlich wie Gleichrichterioden – aus mehreren Schichten unterschiedlichen Halbleitermaterials

<sup>1)</sup> LED, auch Leuchtdioden bzw. Lumineszenzdioden genannt

Ing. Enno Folkerts, Fachjournalist, Oldenburg

(LED-Chips). Eine in Durchlassrichtung an den p/n-Übergang<sup>2)</sup> angelegte Spannung regt die LED zum Emittieren (Aussenden) von Licht einer bestimmten Farbe an. Die Strahlung entsteht vorwiegend im Diodenübergangsbereich zwischen der Sperrschicht und der sehr dünn gehaltenen p-Schicht (nur ca. 1,5 µm dick und deshalb lichtdurchlässig).

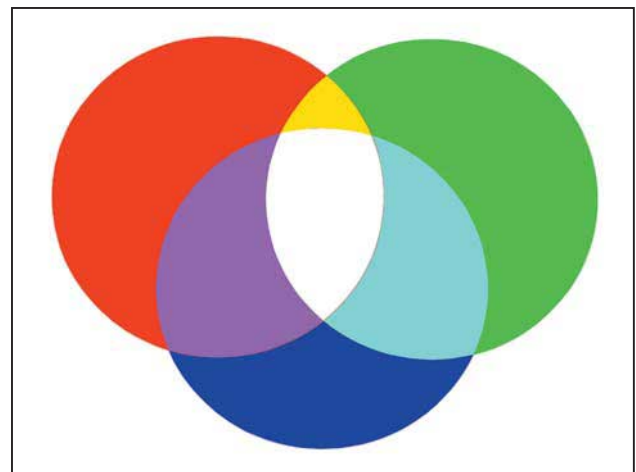
Die Lichtfarbe hängt vor allem vom Halbleitermaterial ab, aber auch in geringerem Maße von der Halbleiterdotierung.

Die Strahlung ist nicht völlig monochrom. Eine LED erzeugt vielmehr ein Wellenlängenband – vorwiegend um den Bereich der jeweiligen Lichtfarbe. In Datenblättern findet man deshalb neben einer allgemeinen Farbbeschreibung (Violett, Blau, Grün usw.) häufig auch die so genannte »dominante« Wellenlänge<sup>3)</sup> λ in nm. Diese Angabe bezieht sich auf das Farbmempfinden des menschlichen Auges.

Auch der Durchlassstrom beeinflusst die Lichtfarbe und die Strahlungsleistung (Lichtstrom) einer LED. Mit steigendem Strom (bei konstanter Halbleitertemperatur) verändert sich die Wellenlänge der LED-Strahlung um einige nm hin zu kürzeren Wellenlängen, gleichzeitig nimmt die Intensität der abgegebenen Strahlung zu.

## Weiß leuchtende LED

Weiß ist keine eigenständige Lichtfarbe, sondern enthält im Idealfall alle Farben des sichtbaren Spektrums (additive Farbmischung). Weißes Licht lässt sich aber auch durch Mischen von weniger Lichtfarben erzeugen. In der LED-Technologie bevorzugt man zurzeit zwei Varianten:



**Bild 2: Lichtflecken je einer rot, grün und blau leuchtenden Lampe auf weißem Untergrund; im Überdeckungsbereich der drei Farben reflektiert die angestrahlte Fläche weißes Licht**

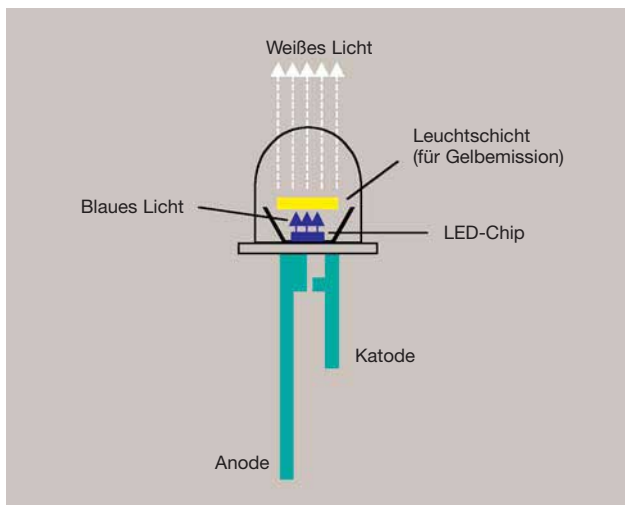
<sup>2)</sup> p/n-Übergang: Sperrschicht einer Diode; Berührungsstelle zwischen einer p-dotierten und einer n-dotierten Halbleiterschicht. Bei der Dotierung handelt es sich um eine gezielte Verunreinigung des Halbleiterwerkstoffs. Bei p-Dotierung entstehen Stellen mit Elektronenmangel (»Löcher« mit beweglicher positiver Ladung), bei n-Dotierung können nicht alle Elektronen im Kristallgitter des Halbleiters gebunden werden (Orte mit beweglicher negativer Ladung)

<sup>3)</sup> Licht ist elektromagnetische Strahlung mit Wellenlängen zwischen 380 nm (violett) und 780 nm (rot). Zwischen diesen Grenzwerten liegen alle übrigen Farben des sichtbaren Spektrums.

**Die Multi- bzw. Mixed-LED**

Bei der so genannten Multi- bzw. Mixed-LED sind drei LED-Chips mit den Lichtfarben Blau, Grün und Rot innerhalb eines gemeinsamen Gehäuses zusammengefasst. Die Mischung dieser Lichtfarben ergibt die gewünschte weiße Strahlung (Bild 2). Durch unterschiedliches Dimmen jeder einzelnen LED könnte man mit Hilfe dieses Systems jede Farbtemperatur zwischen Warmweiß (um 3000 K) und Tageslichtweiß (5500 K und höher) einstellen oder eine der drei LED-Lichtfarben bzw. eine entsprechend bunte Mischfarbe erzeugen. Um einen wärmeren Weißton zu erzielen, ist die Strahlungsintensität der roten LED zu verstärken (Rot = »warme« Lichtfarbe) und/oder die der blauen LED (Blau = »kalte« Lichtfarbe) zu verringern. Doch i. d. R. stellen die Hersteller auch bei der weißen Multi-LED die Farbtemperatur (die Tönung des weißen Lichts) fest ein.

Dasselbe Prinzip liegt übrigens auch der TV-Farbbildröhre und dem PC-Farbmonitor zugrunde. Auf der Frontseite der Bildröhre sind winzige Kristalle jeweils im Dreierpack (Triplet) angeordnet. Der Elektronenstrahl regt diese Triplet mit wahlweise unterschiedlicher Intensität zum Leuchten an. Dadurch kann jedes Triplet blau, grün oder rot leuchten, fast jede beliebige Mischfarbe annehmen oder weiß leuchten. Auch bei den so genannten Dreiband-Leuchtstofflampen (Handelsbezeichnung je nach Hersteller: Lumilux, TL-D, ES 180, Spectralux u. a.) wendet man dieses Verfahren an. Die Leuchtschicht auf der Innenseite des Glasrohrs enthält Partikel, welche die im Stromkanal des Lampenrohres entstehende UV-Strahlung vor allem in die Lichtfarben Blau, Grün und Rot umwandeln.

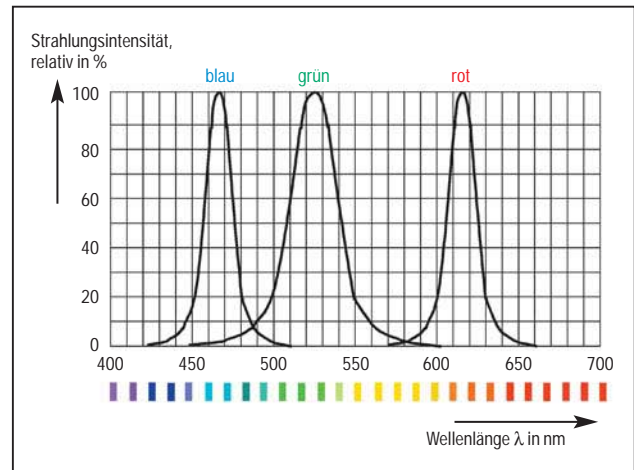


**Bild 3: Prinzipieller Aufbau der weiß leuchtenden Mono-LED**

**Blaue Mono-LED**

Die zweite Variante basiert auf einer blau leuchtenden Mono-LED mit interner Leuchtschicht (Bild 3). Die Leuchtschicht wandelt einen Teil der blauen Strahlung in gelbes Licht um. Auch diese Mischung aus Blau und Gelb ergibt weißes Licht. Es ist nämlich auch möglich, nur mit den zwei Lichtfarben Blau und Gelb (anstatt mit Blau, Grün und Rot) weißes Licht zu erzeugen. Anhand Bild 2 kann man Folgendes erkennen: Im Überdeckungsbereich der Lichtkegel von Rot und Grün entsteht Gelb. Gelbes Licht enthält also die optische Wirkung der Lichtfarben Rot und Grün. Folglich muss aus gelbem und blauem Licht auch weißes Licht resultieren.

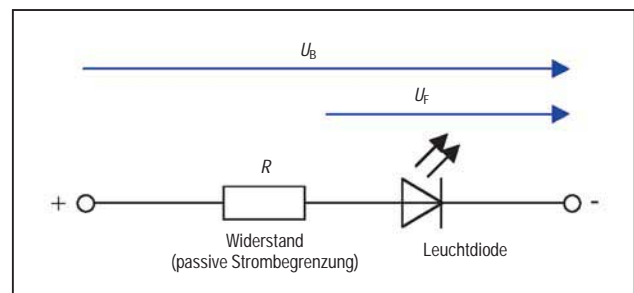
Durch Dosierung des Leuchtstoffes lässt sich die Tönung der weißen Mischstrahlung variieren. Die Farbtemperatur handelsüblicher weiß leuchtender Mono-LED liegt gewöhnlich bei



**Bild 4: Einzel-Lichtspektren (relative Strahlungsintensität in Abhängigkeit von der Wellenlänge) der drei Chips einer weiß leuchtenden Multi-LED**

$T \approx 7000 \dots 8000 \text{ K}$ , was einem auffällig kaltweißen (blauweißen) Farbton entspricht. Tridonic-Acto, Jennersdorf (Österreich), bietet allerdings auch warmweiß leuchtende LED an (3000 K).

Die Herstellungskosten der Multi-LED liegen zurzeit noch deutlich über denen der weißen Mono-LED. Auch die Farbwiedergabeeigenschaften der Multi-LED bleiben deutlich hinter den Werten der Mono-LED zurück, und zwar wegen der sehr begrenzten Einzelspektrenbreite der drei farbigen LED. Dadurch bestehen größere Farblücken im Gesamtspektrum (Bild 4). Aber gerade die Multi-LED übertrifft mit 21 lm/W heute schon die Lichtausbeute von Standard-Glühlampen (9 ... 15 lm/W). Allerdings ist die Leistung einer einzelnen Multi-LED noch recht gering. Während herkömmliche Lampen (Glüh- oder Entladungslampen) mit Leistungen im W- bis kW-Bereich verfügbar sind, beträgt die Leistung der Multi-LED derzeit ca. 100 mW. Doch LED mit großflächigerem p/n-Über-



**Bild 5: Schaltung einer Leuchtdiode mit passiver Strombegrenzung**

gang und entsprechend höherer Leistungsfähigkeit befinden sich im Entwicklungsstadium.

**Der LED-Betrieb**

Zum Betrieb benötigen Leuchtdioden – wie jede Diode – eine Strombegrenzung. Im einfachsten Fall begrenzt ein ohmscher Widerstand in Reihenschaltung mit der LED den Strom (»passive« Strombegrenzung, Bild 5). Mit Hilfe eines entsprechend dimensionierten Widerstandes lässt sich eine LED praktisch an jede gewünschte Betriebsspannung  $U_B$  anpassen.

(Fortsetzung folgt)