



Funk-Dimmer für elektronische Vorschaltgeräte

Dimmer für Glühlampen sind seit langem fester Bestandteil für wirtschaftliche und komfortable Beleuchtung. Weniger bekannt ist dagegen die Möglichkeit, auch Leuchtstoffröhren zu dimmen. Hier wird neben einem elektronischen Vorschaltgerät für jede Leuchtstofflampe auch eine Steuerung benötigt.

Mit dem FS20 DI10 können Leuchtstoffröhren bequem per Funk über das FS20-Sendersystem gedimmt werden. Mit diesem Dimmer sind diverse Lichtszenarien, wie langsames Herauf- und Herabdimmern, sowie unterschiedliche Schaltzeiten realisierbar.

Vorteil Dimmen

In vielen Anwendungsgebieten spielen dimmbare Beleuchtungsanlagen eine immer wichtigere Rolle. Der Grund hierfür ist neben größerem Komfort, der vor allem

im Wohnbereich eine Rolle spielt, natürlich auch die Wirtschaftlichkeit. Gerade bei größeren Büroräumen oder Werkstätten wird sehr viel Energie für die Beleuchtung benötigt. Dimmer können hier den Energiebedarf ohne relevante Komforteinbußen erheblich reduzieren. Früher war es nur möglich, Glühlampen zu dimmen.

In den letzten Jahren hat der Einsatz von Leuchtstoffröhren, die mit elektronischen Vorschaltgeräten (EVGs) beliebig gedimmt werden können, jedoch zugenommen. Hierbei können bis zu 60 % der Energie eingespart

werden. Die höheren Anschaffungskosten der EVGs gegenüber den herkömmlichen Vorschaltgeräten (Drosseln) amortisieren sich innerhalb kurzer Zeit.

EVG?

Bevor wir uns unserem Projekt widmen, wollen wir zunächst einmal das elektronische Vorschaltgerät (EVG) näher betrachten. Elektrohandwerker kennen diese Technik schon recht lange, während sie im Privatbereich, auch sicher wegen des hohen Preises, noch weitgehend unbekannt ist. Hier lebt man überwiegend mit der altbekannten Konstruktion, die sich aus Leuchtstoffröhre, Glimmlampen-/Kondensator-Starter und Vorschaltgerät („Drossel“) zusammensetzt. Und man

Technische Daten: FS20 DI10

Spannungsversorgung:	230 V / 50 Hz
Leistung:	0,5 W
Ausgang:	230 V / 50 Hz / max. 16 A für EVGs, 1–10 V für EVGs
Empfangsfrequenz:	868,35 Mhz
Gehäuseabmessungen:	115 x 90 x 55 mm
Reichweite:	bis 100 m (Freifeld)

lebt mit den bekannten Nachteilen des Systems: flackernder Röhrenstart, je nach Temperatur dauert der Start auch länger, die Drossel brummt mitunter vernehmlich mit 50 Hz, und das Auge registriert unmerklich ein Flackern der Röhre, was je nach persönlichem Empfinden zu Unbehagen, verminderter Arbeitsleistung bis hin zu gesundheitlicher Beeinträchtigung führen kann – deshalb klagen viele Menschen über Kopfschmerzen etwa nach stundenlanger Arbeit im Büro.

Diese Nachteile und ihre Auswirkungen hat man im Industrie-, Büro- und gewerblichen Bereich bereits früh erkannt und das EVG entwickelt. Im industriellen Bereich kam dazu die Erkenntnis, dass bestimmte drehende Teile bei Beleuchtung mit 50-Hz-Licht für das menschliche Auge scheinbar stillstehen – Unfälle wären so programmiert.

Deshalb setzen die EVGs zunächst die 50-Hz-Netzfrequenz auf 40–100 KHz (und mehr) um. Dies ergibt für das menschliche Auge flimmerfreies Licht. Ein Flimmern wird, auch unbewusst, nicht mehr wahrgenommen. So kann man deutlich angenehmer und ermüdungsfreier arbeiten.

Der nächste Vorteil gegenüber dem herkömmlichen Starter ist das flackerfreie Einschalten. Das flackernde und oft länger dauernde Zünden der Leuchtstoffröhre ist nicht nur lästig, es schädigt auch die Leuchtstoffröhre selbst, was zu einer verminderten Lebensdauer führt. Die elektronischen Starter, die es in großer Vielzahl gibt, waren bereits ein Fortschritt, da mit ihnen ein flackerfreies Zünden von Leuchtstoffröhren möglich ist.

Und das EVG bringt noch weitere Vorteile. Durch eine exakte Abstimmung auf bestimmte Lampentypen erzielt man eine optimale Lichtausbeute und eine bis zu 50 % höhere Lebensdauer der Lampe. Gleichzeitig werden die Verluste gesenkt, so dass allein durch den Einsatz eines normalen EVGs (ohne Dimmen) bis zu 30 % Energie gespart werden kann.

Aufgrund dieser Vorteile wird es auch im privaten Bereich bei neuen Leuchten in absehbarer Zeit nur noch elektronische Vorschaltgeräte geben. Hersteller wie z. B. OSRAM stellen ihre Produktion derzeit massiv darauf um.

Natürlich geht mit erhöhter Stückzahl auch eine Senkung des Herstellungspreises einher, so dass die ehemals sehr teuren EVGs in für den Privatanwender interessante Preisdimensionen geraten.

EVG privat

Wer für seine vorhandene Elektroinstallation EVGs einsetzen will, kann dies im privaten Bereich tun. Allerdings ist hierzu nur eine Elektrofachkraft berechtigt, da es



Bild 1: Passen in alle gängigen Lampengehäuse – elektronische Vorschaltgeräte

sich um Arbeiten an netzspannungsbetriebenen Einrichtungen handelt. Zu beachten ist, dass bei einer umgerüsteten Leuchte jegliche Prüfzeichen ungültig werden.

Vorhandene Leuchtstofflampen lassen sich sehr einfach umrüsten. Die EVGs, die man gebraucht bereits recht preiswert z. B. über Internet-Auktionshäuser beziehen kann, sind zwar recht groß, aber passen aufgrund ihrer schlanken und flachen Bauform meist ohne Probleme in die ohnehin voluminösen Leuchten, wie Abbildung 1 zeigt. Allerdings ist die Verklebung in der Leuchte komplett zu ändern. Ist ein von außen wechselbarer Starter vorhanden, muss dieser an seinem Platz bleiben, um den Berührungsschutz der Leuchte zu erhalten, lediglich sein Anschluss wird entfernt – wie gesagt, eine Arbeit für den Elektrofachmann! Lohn der Mühe ist eine schlagartig anspringende, flackerfreie und stromsparende Leuchte!

Beim Kauf des EVG ist auf die Anschlussleistung zu achten, die möglichst exakt der der anzuschließenden Lampe entsprechen sollte. So genannte intelligente EVGs erlauben auch den Anschluss von bis zu vier Lampen, eine einfache Fernschal-

tung der einzelnen Lampen und somit die Erstellung von einfachen Lichtszenarien. Weiterhin achte man auf die Zuordnung zu den einzelnen Lampentypen: T 8 bedeutet: für stabförmige Lampen mit 26 mm Durchmesser, T 5 entsprechend für 16 mm Durchmesser, T 2 für 7 mm Durchmesser und „Kompakt“ für Kompaktlampen.

EVG dimmen

Da im EVG schon einmal eine Technik verbaut ist, die in vielen Details der bekannten Schalttechnik ähnelt, liegt es nahe, den Ausgang steuerbar zu gestalten, um auch die Leuchtstoffröhre dimmen zu können, ohne dass der Zustand des gezündeten Gasgemisches instabil wird. Neben dem angenehmen Lichteffekt spielen hier auch Anreize zum stromsparenden Betrieb eine Rolle, denn nicht immer wird die volle Lichtleistung benötigt. Zu diesem Zweck gibt es EVGs mit einer Steuerschnittstelle. Hier wird zwischen der digitalen und der analogen Schnittstelle unterschieden. Während Erstere im kommerziellen Bereich vorwiegend zur Herstellung der verschiedensten Lichtszenarien durch eine Mikrorechnersteuerung und zur Statusüberwachung der einzelnen Leuchten genutzt wird, ist die analoge Schnittstelle, der wir uns hier widmen wollen, relativ einfach mit einer Steuerspannung von 1...10 V ansteuerbar. EVGs mit dieser Schnittstelle verfügen also über einen 2-poligen Steueranschluss (1...10 V, siehe Abbildung 2).

Das Steuergerät muss zwei wesentliche Forderungen erfüllen: Der Steuerausgang muss potentialfrei ausgeführt sein und als Stromsenke wirken können, da er den Steuerstrom des dimmbaren EVG aufnehmen muss.

Die Steuerspannung selbst wird vom EVG erzeugt. Der maximale Strom ist für die meisten EVGs mit 0,6 mA pro EVG angegeben. Das bedeutet, dass das EVG einer Spannungsquelle mit großem Innenwiderstand gleicht. Da die Spannung bei Belastung zusammenbricht, kann durch Veränderung des Lastwiderstandes die

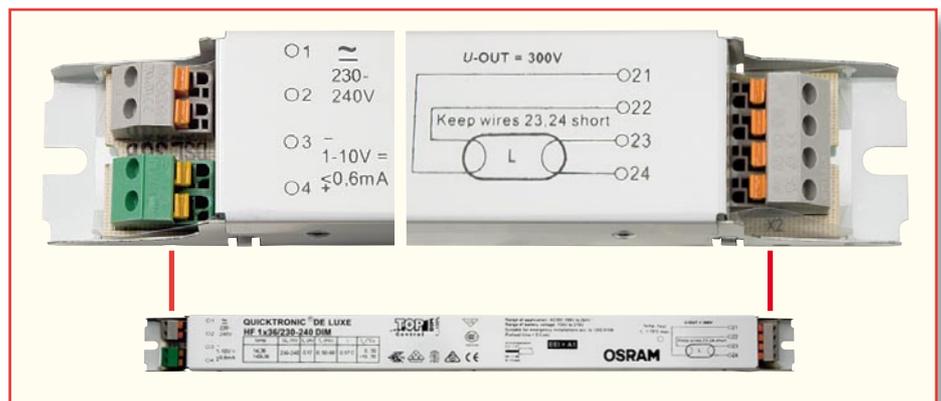


Bild 2: Kennzeichen des dimmbaren EVG ist die Steuerschnittstelle, hier 1–10 V

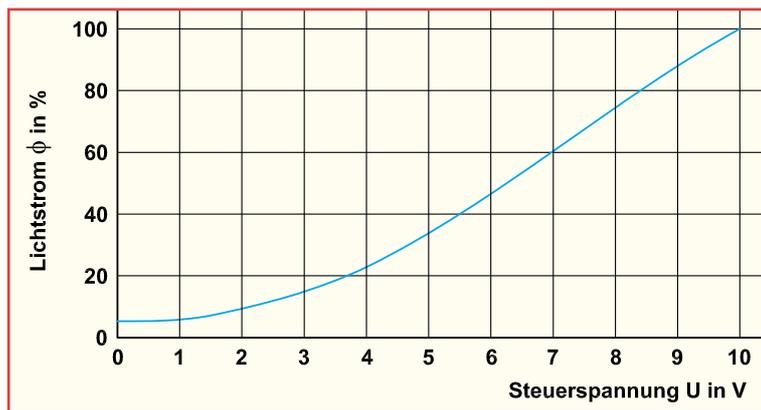


Bild 3: Die Kennlinie für die Abhängigkeit zwischen Steuerspannung und Lichtstrom

angeschlossene Leuchtstoffröhre gedimmt werden. Die Spannung am EVG ist in etwa proportional zur Helligkeit. Hierbei entspricht 1 V der minimalen und 10 V der maximalen Helligkeit (Abbildung 3). Da über die 1...10-V-Schnittstelle nur zwischen ca. 2 und 100 % gedimmt werden kann, muss das Ein-/Ausschalten über das Schalten der Netzspannung erfolgen.

Viele Anwendungen möglich

Es gibt viele Möglichkeiten, gedimmte Leuchtstoffröhren einzusetzen, sei es, um ein bestimmtes Ambiente herzustellen, sei es, um Strom zu sparen (z. B. bei Außenbeleuchtungen, die nur dann voll eingeschaltet werden, wenn sie tatsächlich benötigt werden), sei es für die Lichteffekttechnik. Auf eine besondere Nutzung gedimmter Leuchtstoffröhren wollen wir etwas genauer eingehen – den Einsatz in der Hobbytierhaltung und in der Pflanzenzucht. Sowohl bei Aquarianern als auch bei Ziervogel- und Reptilienhaltern sind Leuchtstoffröhren als Beleuchtung Standard. Hier kommen, wie auch in der Pflanzenbeleuchtung, meist sehr spezielle Leuchtstoffröhren zum Einsatz, die ein speziell auf die Tier- und Pflanzenhaltung zugeschnittenes Licht abstrahlen. So gibt es z. B. für die Ziervogelhaltung Spezialröhren, deren Anteile an UV-B- und UV-A-Licht genau auf die Bedürfnisse von Zier- und Zuchtvögeln abgestimmt sind (Abbildung 4). Die Tiere fühlen sich, da sie ja meist in Zimmervoliere oder solchen im Freien, aber geschützt und damit beschattet, untergebracht sind und hier eigentlich (vor allem im Winter) zu wenig echtes Sonnenlicht bekommen, wohler, sind agiler, fressen besser, und auch das Balz- und Brutverhalten verbessert sich. Zudem verbessert das Licht die Farbwiedergabe des Gefieders. Gleiches gilt in abgewandelter Form für die anderen genannten Tierarten.

Crux der Spezialleuchtstoffröhren: Sie sind relativ teuer und sollen nach Herstellerangaben jedes Jahr gewechselt werden.

Und das schlagartige Ein- und vor allem das Abschalten des Lichts entspricht keineswegs dem natürlichen Tageslichtverlauf. Ein spezieller Dimmer macht also auch hier Sinn: Bei nur geringfügig verringerter Lichtleistung kann man durch

Herabdimmern viel Strom sparen. Bei der in Abbildung 4 in Aktion zu sehenden „Bird Lamp“, die eine nominelle Leistung von 58 W aufweist, hat sich herausgestellt, dass, unterstützt durch einen passenden Hochglanzreflektor an der Leuchte, eine Leistungsaufnahme von 28 bis 35 W völlig ausreichend für die Beleuchtung der betreffenden 6-m²-Voliere ist, zumal sich die Tiere automatisch im beleuchteten Bereich aufhalten und sich „sonnen“. Damit spart man viel Strom und verlängert gleichzeitig die Lebensdauer der Röhre erheblich. Messungen haben ergeben, dass unter diesen Bedingungen auch das Strahlungsspektrum länger erhalten bleibt. Hat man jetzt einen außenlichtgeführten, automatischen Dimmer zur Verfügung, kann man auch Sonnenauf- und -untergang für die Tiere simulieren. Durch den natürlichen Tagesablauf werden die Tiere ausgeglichener, halten feste Fresszeiten ein und finden ihre Schlafplätze pünktlich und ohne Streit.



Bild 4: Gesunde, farbenfrohe und ausgeglichene Vögel auch im Winter – dank Sonnenlicht-Imitation durch spezielle Leuchtstoffröhren mit Tageslichtspektrum. Die am Tage entstandene Aufnahme zeigt deutlich (auch dank des Reflektors) die hohe Lichtstärke der bereits auf halbe Leistung herabgedimmten „Bird Lamp“, die man in ihrer auffälligen Verpackung kaum im Zoogeschäft übersieht.

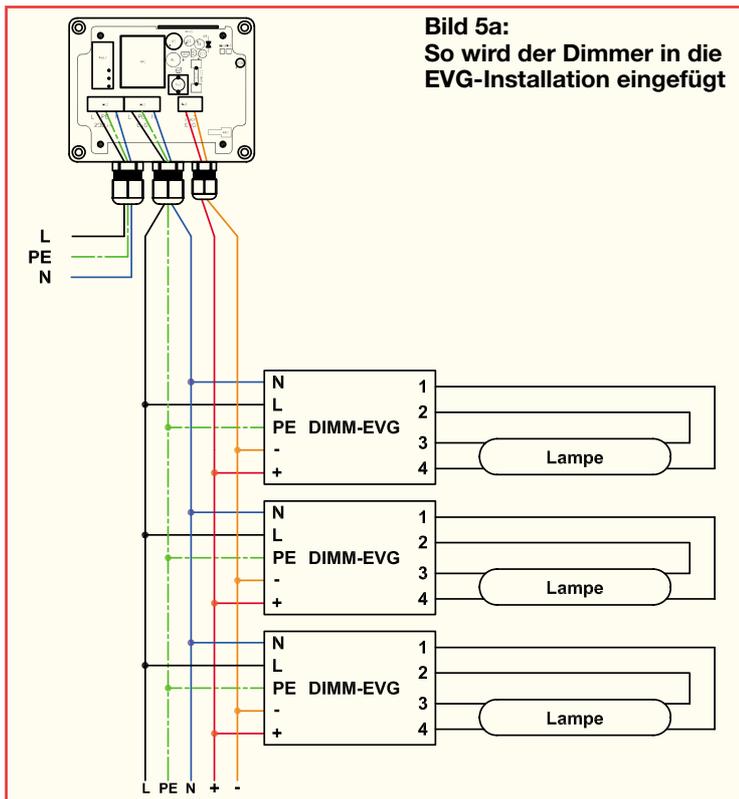


Bild 5a:
So wird der Dimmer in die EVG-Installation eingefügt

Derartige Szenarien wie das beschriebene sind in vielen Bereichen denkbar. Übrigens – eine alltägliche Anwendung gedimmter Leuchtstoffröhren kennen viele von uns seit langem – die Sonnenbank!

FS20 DI10 – der EVG-Komfort-Dimmer

Unser neuer FS20-Dimmer für die Ansteuerung der 1...10-V-Schnittstellen von EVGs erfüllt die in der bisherigen Diskussion genannten Aufgaben: Er steuert nicht nur die 1...10-V-Schnittstelle normgerecht an, er verfügt auch über all die Funktionen, die einen FS20-Dimmer so komfortabel machen: 3fach-Timer (Abschalt-Timer, Slow-on-/Slow-off-Timer), manuelles/automatisches Dimmen, und das Ganze bequem per Funk über einen beliebigen FS20-Sender. Das kann eine einfache Handfernbedienung genauso sein wie der Dämmerungsschalter des Systems oder gar eine der komfortablen Hauszentralen. Damit weiß der FS20-Kenner auch, dass der Dimmer sich natürlich nahtlos in das FS20-Adress- und Codiersystem einfügt.

Der Dimmer realisiert auch das diskutierte vollständige Abschalten bzw. das Einschalten des EVG per getrenntem Relaiskontakt, da, wie erwähnt, sich die Leistung nicht auf null herabregeln lässt.

Der Dimmer ist leistungsfähig genug, um bis zu 50 EVGs betreiben zu können. So sind auch sehr große Räume bedarfsgerecht beleuchtbar. Abbildung 5a zeigt die Anschlussbeschaltung des Dimmers beispielhaft.

Achtung!

Die Spannung der Steuerleitung ist zwar potentialgetrennt von der Netzspannung, jedoch keine Schutzkleinspannung. Sie ist daher wie eine Leitung mit 230 V Spannung zu behandeln.

An einem Dimmer FS20 DI10 können auch EVGs, die an unterschiedliche Phasen angeschlossen sind, gedimmt werden (Abbildung 5b). So kann man bei großen Leuchtengruppen die Last gleichmäßig auf die drei Phasen verteilen.

Wollen wir uns nun konkret den Funktionen und Möglichkeiten des Dimmers zuwenden.

Funktionen

Der Dimmer erhält seine Befehle über ein integriertes Empfangsmodul, das die Befehle der FS20-Sender empfängt.

Alternativ zur Funk-Fernsteuerung ist der Dimmer auch über einen Taster direkt bedienbar. Zusätzlich zur Schalt- und Dimmfunktion sind drei getrennt programmierbare Timer verfügbar, die jeweils im Bereich von 1 Sekunde bis 4,5 Stunden einstellbar sind.

Der erste Timer ermöglicht ein automatisches Ausschalten der Beleuchtung nach der eingestellten Zeit. Hierdurch lässt sich der Dimmer beispielsweise als Treppenlichtsteuerung einsetzen.

Der zweite Timer dient dem langsamen automatischen Heraufdimmen innerhalb der eingestellten Zeit beim Einschalten der Beleuchtung (Slow-on-Timer). Hierdurch wird ein besonders lampenschonendes Einschalten oder auch ein künstlicher Sonnenaufgang möglich.

Der dritte Timer dient schließlich dem langsamen automatischen Herabdimmen innerhalb der eingestellten Zeit beim

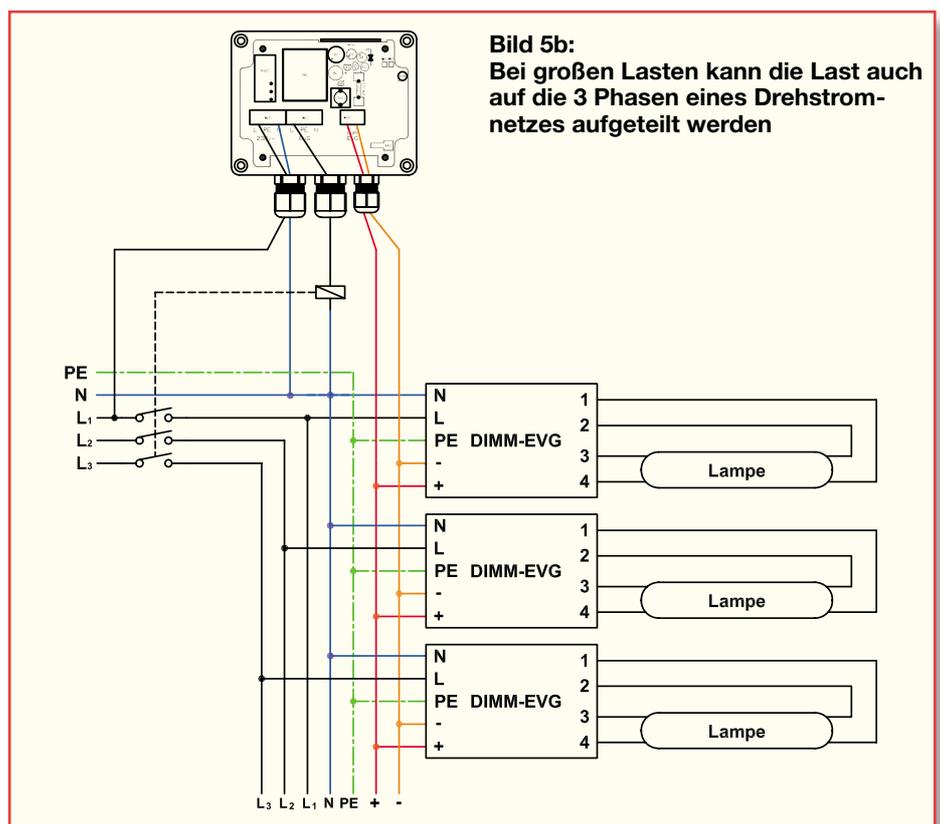


Bild 5b:
Bei großen Lasten kann die Last auch auf die 3 Phasen eines Drehstromnetzes aufgeteilt werden

Ausschalten der Beleuchtung (Slow-off-Timer). So lässt sich mit diesen drei Timern z. B. ein Treppenhauslicht mit folgenden Funktionen realisieren: lampenschonendes Heraufdimmen innerhalb von 3 Sek. und nach 4 Minuten automatisch ein langsames Herunterdimmen innerhalb von 25 Sek., um nicht plötzlich im Dunkeln zu stehen.

Direktbedienung

Bereits ohne Fernbedienung ist der Dimmer sofort nach der Installation durch den integrierten Bedien- und Programmier-taster direkt bedienbar:

- Taste kurz drücken: Lampe ein
- nochmals kurz drücken: Lampe aus
- lang drücken: Heraufdimmen der Lampe bis zur vollen Helligkeit
- loslassen, nochmals lang drücken: Herabdimmen der Lampe

Durch das Loslassen des Tasters kehrt sich jedes Mal die Dimmrichtung für die darauf folgende Tasterbedienung um. Nach dem Loslassen hält der Dimmer die eingestellte Helligkeit der Lampe. Diese wird gespeichert, und beim nächsten Einschalten wird die Lampe mit dieser Helligkeit eingeschaltet – sehr praktisch, wenn man immer dieselbe Lichtsituation zur Verfügung haben will.

Programmierung

Da auch der FS20 DI10 in das Code- und Adresssystem des FS20-Systems eingeordnet ist, muss zur Inbetriebnahme eine Programmierung des Dimmers auf einen Kanal der gewünschten Fernbedienung erfolgen. Dies kann innerhalb des FS20-Adresssystems für bis zu vier Adressen und Adresstypen, sprich Kanäle (darunter fallen je nach Aufgabe natürlich alle FS20-Sender, wie wir noch sehen werden), erfolgen. Die programmierten Daten werden in einem EEPROM abgelegt, das sie auch bei Netz-ausfall dauerhaft speichert.

Dieser Programmiervorgang ist mit wenigen Tastenbetätigungen erledigt.

Dazu ist lediglich die Bedientaste am Dimmer für ca. 15 Sek. zu drücken, bis dessen Kontrollleuchte blinkt, dann betätigt man die gewünschte Taste der Funk-Fernbedienung. Die Kontrollleuchte erlischt, und nun kann man den Dimmer bereits mit dem entsprechenden Tastenpaar der Fernbedienung ein- und ausschalten bzw. dimmen. Der Einschaltzustand wird durch das Aufleuchten der Kontrollleuchte am Dimmer signalisiert.

Bei Bedarf kann man auch dem Dimmer weitere Fernbediensender zuordnen. Dies erfolgt unter Beachtung der Adressierungsregeln in gleicher Weise wie beim ersten Sender. Will man eine der gespeicherten Adressen aus der Liste im FS20 DI10 löschen, versetzt man diesen wieder in den Programmiermodus und drückt eine der

zugeordneten Tasten an der Fernbedienung länger als 0,4 Sek.

Timer-Betrieb

Wie erwähnt, ist die Programmierung von drei Timer-Funktionen möglich:

- Abschalt-Timer
- Slow-on-Timer
- Slow-off-Timer

Durch geschickte Kombination dieser drei Timer lassen sich die verschiedensten Lichtszenarien realisieren.

Abschalt-Timer

Die Programmierung beginnt durch gleichzeitiges Drücken beider dem Dimmer zugeordneten Tasten an der Fernbedienung für 1 bis 5 Sek. Nach dem Loslassen der Tasten blinkt jetzt die Kontrollleuchte am Dimmer, und es wird die Zeitmessung für die gewünschte Einschaltzeit gestartet.

Ist diese abgelaufen, sind wiederum beide Tasten an der Fernbedienung für 1 bis 5 Sek. gleichzeitig zu drücken. Die Kontrolllampe am Dimmer blinkt jetzt nicht mehr. Damit ist die Timer-Zeit für die Betriebsart Abschalt-Timer programmiert.

Slow-on-/Slow-off-Timer

Die Programmierung dieser Betriebsarten wird ebenfalls wie beim Abschalt-Timer gestartet und beendet, jedoch ist während der Zeitmessung kurz (<0,4 Sek.) die Ein- bzw. Aus-Taste des Tastenpaares der Fernbedienung zu drücken, um die programmierte Zeit der Auf- bzw. Abblendzeit zuzuordnen.

Timer-Anwendung

So vielfältig wie die Programmierungsmöglichkeiten sind auch die möglichen Betriebsarten des Dimmers.

Die einfachste Möglichkeit ist der alleinige Betrieb als Abschalt-Timer. Dazu wird der Dimmer entweder am Gerät selbst oder über die Ein-Taste der Funk-Fernbedienung eingeschaltet. Das erfolgt mit dem davor zuletzt eingestellten Helligkeitwert. Nach Ablauf der programmierten Zeit schaltet der Dimmer die angeschlossene Lampe aus.

Hat man dagegen allein den Slow-on- oder Slow-off-Timer programmiert, reicht ebenfalls ein kurzer Tastendruck, um die Lampe innerhalb der programmierten Zeit langsam auf den vor dem Start des Timers zuletzt eingestellten Helligkeitwert herauf- oder von diesem aus herabzudimmen.

Hier kann man im Übrigen bei Bedarf beliebig per Hand eingreifen. Wiederholt man z. B. während des Timer-Laufs den gleichen Ein- oder Ausschaltbefehl nochmals, so wird unter Umgehen des Timers sofort auf die eingestellte Helligkeit herauf- bzw. auf null herabgedimmt. Auch ein manuelles Dimmen per Taster ist hier möglich. Nach dem nächsten kurzen Tastendruck steht die

Timer-Funktion wieder zur Verfügung.

Mit einem langen statt des kurzen Tastendrucks kann man auch gleich manuell unter Umgehung der Timer-Funktionen schalten oder dimmen. Jetzt bleibt die Lampe bis zum nächsten manuellen Abschalten dauerhaft eingeschaltet. Die Timer bleiben jedoch im Hintergrund programmiert. Sie werden wieder mit dem nächsten kurzen Schaltbefehl aktiv.

Ganz und gar deaktiviert werden die Timer, wenn zunächst wieder beide Tasten an der Fernbedienung 1 bis 5 Sek. gedrückt werden. Nach deren Loslassen blinkt die Kontrollleuchte am Dimmer. Ein kurzer Druck auf dessen Bedientaste deaktiviert die Timer und der Dimmer ist wieder ausschließlich manuell steuerbar.

Vielfältig nutzbar

Alle drei Timer-Arten lassen sich, wie am Beispiel des Treppenlichts bereits gezeigt, kombinieren, wobei natürlich die Reihenfolge Slow-on, Abschalt-Timer, Slow-off abgearbeitet wird.

Derartige Szenarien sind im Übrigen auch mit den programmierbaren Sendern des FS20-Systems, etwa dem Bewegungssensor FS20 PIRI/PIRA, dem Dämmerungssensor FS20 SD oder dem Sendezusatz zum Mini-Bewegungsmelder PIR 13, dem FS20 SPIR, realisierbar. Hier können neben dem einfachen Einschaltbefehl auch Sendebefehle ausgesandt werden, die z. B. direkt eine Helligkeitsstufe einstellen.

Damit ist der Dimmer natürlich äußerst flexibel steuerbar, etwa so:

Bei anbrechender Dunkelheit wird die Außenbeleuchtung, ausgelöst vom Funk-Dämmerungsschalter, langsam heraufgedimmt, bleibt dann eingeschaltet, bis sie entweder nach einer bestimmten Zeit oder bei anbrechender Helligkeit wieder abgeschaltet oder herabgedimmt wird.

Oder man schaltet die Flurbeleuchtung, selbsttätig ausgelöst durch den Funk-Bewegungssensor, automatisch ein bzw. dimmt sie relativ schnell hoch, lässt sie für einige Minuten eingeschaltet, um sie dann wieder langsam herabzudimmen oder abzuschalten.

Interessant für die gewerbliche Nutzung, z. B. in Läden oder Empfangsbereichen: In der Nacht wird die reguläre Beleuchtung auf einen definierten Wert heruntergedimmt und dient so als automatische Nachtbeleuchtung.

Und natürlich löst der Dimmer, besonders im Zusammenspiel mit dem Funk-Dämmerungsschalter FS20 SD, all die erwähnten Aufgaben, die der Tierliebhaber ihm stellt.

Im zweiten Teil dieses Artikels wenden wir uns der Schaltung, dem Nachbau und der Inbetriebnahme des Dimmers zu. **ELV**