

Widerstand von HL und damit die Spannung am Punkt D. A ist jetzt gegen D negativ, daher wird der untere Transistor angesteuert. Im umgekehrten Fall (Abkühlung von HL) steigt die Spannung an D über den Wert der Spannung bei A, womit der obere Transistor leitend wird. Die Temperatur, bei der die Spannungen an A und D gleich sind, kann mit P1 eingestellt werden; mit P1 wird die Anlage also auf Solltemperatur abgeglichen. Bei geringen Temperaturabweichungen wird entweder T1 oder T2 leitend. Da ihre Kollektoren jedoch parallelgeschaltet sind, sinkt in beiden Fällen durch Spannungsabfall am  $10\text{-k}\Omega$ -Widerstand das Kollektorpotential. Dieses aber steuert über die Zenerdiode ZD T3 an. Rel ist daher normalerweise gezogen. Wird T1 oder T2 infolge Temperaturabweichung leitend, dann sinkt das Kollektorpotential unter den Wert der Zenerspannung, ZD sperrt, Rel fällt ab und löst dabei das gewünschte Signal aus. Wird gefordert, daß die Anlage innerhalb eines geringen Temperaturintervalls noch nicht, sondern erst bei größerer Abweichung ansprechen soll, so kann man mit P2 und P3 die entsprechenden „Vergleichspotentiale“ für T1 und T2 gegenüber Punkt D verschieben. T1 und T2 werden dann (entsprechende Regler in Richtung auf B) erst mit größerer Spannungsabweichung bei D leitend. Solange sich die Temperatur und damit die Spannung an D zwischen den bei P2 und P3 eingestellten Werten bewegt, löst das Gerät nicht aus.

### 2.2.2. Lichthelligkeits-Sollwertkontrolle

Mit der gleichen Schaltung läßt sich auch eine Sollwertkontrolle bestimmter Lichtelligkeiten erreichen, wenn an Stelle des Heißleiters in Bild 64a ein Fotowiderstand mit zusätzlichem Verstärkertransistor T4 bei

den Punkten C und D angeschlossen wird. P1 hat jetzt  $10\text{ k}\Omega$  und dient wie vorher als Sollwertinsteller, P2 und P3 legen wiederum die maximal zulässige Abweichung der Lichtstärke vom Sollwert fest. Im übrigen ist die Schaltungsfunktion die gleiche wie bei der Temperatur-Sollwertkontrolle. Anwendung beispielsweise in der medizinischen Elektronik zur Überwachung der Sollstärke von Bestrahlungslampen (Lichtbäder). Dabei kann eventuell FW sogar am Patienten befestigt werden; so daß auch Abstandsänderungen zur Bestrahlungsquelle, die die Bestrahlungsintensität ändern, erfaßt werden.

Eine andere Anwendung ist die als Sicherungs-Lichtschranke. Ein Außerbetriebsetzen der Lichtschranke mit künstlicher Lichtquelle gelingt dann nicht bzw. ergibt ebenfalls Alarm, da es mit Behelfen wie Taschenlampe o.ä. nicht gelingt, die genau gleiche Lichtstärke einzuhalten.

Weitere Anwendungen sind in der chemischen Industrie denkbar. Die Konzentration einer farbigen oder trüben Flüssigkeit kann während der laufenden Fertigung überwacht werden, indem diese ein durchleuchtetes Glasrohr durchströmt. Bei konstantgehaltener Lichtquelle hängt der die Flüssigkeit durchdringende Lichtanteil nur von deren Konzentration ab. Je nachdem, ob diese stärker oder schwächer wird, löst sie das Kontrollgerät aus, dessen Fotowiderstand in der Schaltung nach Bild 64b den Lichtanteil kontrolliert.

### 2.3. Hochfrequenz-Annäherungsschalter

Zum Betrieb solcher Geräte, soweit sie mit ausgedehnter Antenne arbeiten – praktisch also für fast alle Ausführungen –, sind die gesetzlichen Vorschriften über Störstrahlungsbedingungen zu beachten. Betrieb ist im allgemeinen nur mit erteilter Li-

zenz der zuständigen Dienststelle des Ministeriums für Post- und Fernmeldewesen zulässig. Im Zweifelsfall empfiehlt sich Rückfrage bei der zuständigen Bezirksdirektion. Eine vorhandene Modellfunk- oder Amateurfunkgenehmigung genügt im allgemeinen nicht.

### 2.3.1. HF-Annäherungsschalter mit Röhre

Bild 65 zeigt einen HF-Annäherungsschalter auf kapazitiver Grundlage. Beim Annähern einer Person oder eines Gegenstands an eine kleine Fühlerantenne reagiert das Gerät durch kapazitive Verstimmung mit Ansprechen des Relais Rel. Anwendungen: Schaufensterreklame-Einschalter (bei Vorübergehen eines Passanten flammt die Beleuchtung auf), Diebstahlsicherungen, Registrier- oder Zählgerät für beliebige Stückgüter, vorbeifahrende Kraftfahrzeuge u. ä. Bei Anwendung als Zählgerät kann Rel ein kleines Zählwerk (Postgesprächszähler o. ä.) schalten. Die Schaltung ist ein Huth-Kühn-Oszillator mit einer EC 92, einer datenähnlichen

Triode oder auch Pentode. Es eignen sich auch ältere Röhren aus der „Bastelkiste“ (ein Versuchsmuster wurde z. B. mit einer RV12P2000 betrieben!). Der Oszillator schwingt ständig auf einer Frequenz, deren Wert prinzipiell nebensächlich ist (günstiger Wert: etwa 1 MHz; dafür gelten die Werte in Bild 65). L1/C1 bestimmen die Frequenz und sind in einer eigenen Abschirmkammer untergebracht, in die auch der Gitteranschluß der Röhre hineinragt. Für L1 eignet sich eine normale Mittelwellen-Schwingkreisspule. Der Rückkopplungstrimmer C3 wird nur so weit eingedreht, daß die Schwingungen gerade einsetzen, wenn dem Fühler kein Objekt angenähert ist. Die Empfindlichkeit des Geräts hängt von dem – deshalb groß gewählten – L/C-Verhältnis des Anodenschwingkreises ab. Für L2 kann evtl. eine Langwellen-Schwingkreisspule benutzt werden. Der Gitterwiderstand differenziert je nach Röhrentyp und Exemplar und wird daher nach Versuch bemessen. Der Abgleich geschieht mit C2 und C3 wechselseitig und wird mit C2 beendet. C2 soll dabei möglichst geringen Wert haben. Der Anodenstrom im Schwingzustand liegt bei etwa 1,5 mA (abhängig vom Wert des Gitterwiderstands!) und geht bei Abreißen der Schwingungen – nämlich sobald durch Annähern eines Gegenstands an den Fühler der Anodenkreis verstimmt wird – auf etwa 12 mA herauf, wobei Rel anzieht. Bei Entfernen des Objekts aus Fühlernähe müssen die Schwingungen wieder einsetzen. Die Empfindlichkeit hängt ab von Fühlerart und sorgfältigem Abgleich. Das Mustergerät ergab mit einer etwa 50 cm langen Stabantenne als Fühler bereits bei Annäherung einer Person auf etwa 2 m Auslösung. Zweckmäßiger sind etwas größere Fühlerantennen, z. B. im Zickzack auf Holzwand verspannter Draht bzw. Zimmerantennenlitze. Auf diese Art sind noch beträchtlich größere Reichweiten erzielbar, jedoch wird

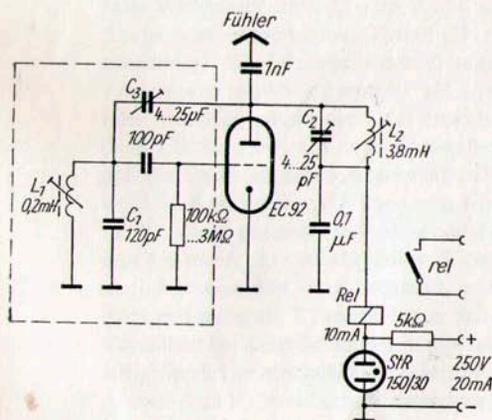


Bild 65  
HF-Annäherungsschalter mit Röhre

dann der Abgleich umständlich, da sich die abgleichende Person unvermeidlich schon im Auslösebereich befindet. Einbau muß in ein geschlossenes Metallgehäuse erfolgen (allseitige Abschirmung). Die Anodenspannung (bei extremen Empfindlichkeiten auch die Heizspannung) soll gut stabilisiert sein. Das kann erreicht werden, indem das komplette Gerät (dessen Netzteil in Bild 65 nicht gezeichnet ist, da es dem Üblichen entspricht) über einen kleinen magnetischen Spannungskonstanthalter betrieben wird. Sonst kommt es bei Netzschwankungen zu Fehlauflösung oder Versagen. Für die Netzzuleitung sollte man eine HF-Verdrosselung vorsehen. Näheres zum Prinzip des Huth-Kühn-Oszillators vgl. [24].

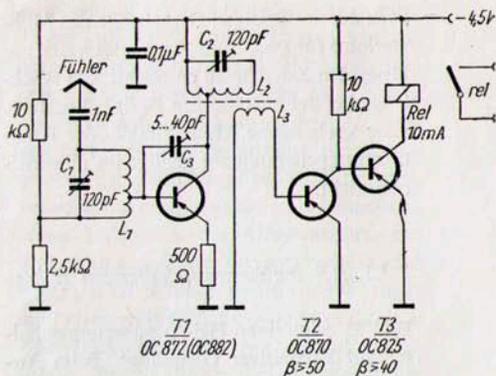


Bild 66  
HF-Annäherungsschalter mit Transistoren

### 2.3.2. HF-Annäherungsschalter mit Transistoren

Für sehr viele Anwendungen wird keine allzu große Reichweite gefordert. Vorteilhafter als die Röhrenschtaltung nach Bild 65 ist dann eine ähnliche Schaltung mit Transistoren, die Bild 66 zeigt. In der Wirkungsweise gleicht sie der im vorigen Abschnitt beschriebenen; das dort zum Abgleich Gesagte gilt sinngemäß auch hier. Die Schwingungen des Oszillators setzen aus, sobald der Kreis  $C_1/L_1$  verstimmt wird. Dies kann entweder durch kapazitive Verstimmung mit dem angedeuteten Fühler bewirkt werden (Anwendungen neben den obengenannten z.B. als Endabschalter für mechanische Vorschubeinrichtungen an Maschinen aller Art) oder durch induktive Verstimmung von  $L_1$ . In dieser Form eignet sich das Gerät gut als Metallnachweisgerät, etwa an Fließbändern mit nichtmetallischen Stückgütern (Getreidekontrolle auf Metall-Fremdkörper in Mühlenbetrieben!), oder als Stückgut-Zählgerät für

kleinere Metallteile (Kugellagerfertigung, Schraubenfertigung, Stanzbetriebe usw.). L1 wird dann als Luftspule mit etwa 20 mm Durchmesser, 10 mm Höhe ausgebildet, Betriebsfrequenz etwa 100 kHz, mit etwa 1000 Wdg. 0,12-CuL, Basisanzapfung bei 25% der Windungszahl vom unteren Ende von L1 (in Bild 66). Für kapazitive Auslösung von L1 benutzt man einen Manifer-Topfkern, dessen Windungszahl (Anzapfung wieder bei 25%) vom  $A_L$ -Wert des Kernes und von der gewählten Frequenz abhängt. Für kapazitive Auslösung eignet sich neben der Frequenz 100 kHz eine Frequenz um 1 MHz. Für etwa 100 kHz genügt bei T1 ein OC872, für 1 MHz ist die Verwendung eines OC882 o.ä. Typs mit einer Grenzfrequenz von mindestens 10 bis 12 MHz erforderlich, um ausreichend stabiles Verhalten und gute Empfindlichkeit zu erreichen.

Für L2/L3 benutzt man einen Manifer-Topfkern, Windungszahl entsprechend Frequenz und  $A_L$ -Wert des Kernes. Anzapfung für L2 bei etwa 15% vom mit Minus verbundenen Spulenende (abhängig von den Transistorexemplardaten). L3 bekommt 10 bis 12% der Windungszahl von L2, sämtliche Wicklungen mit 0,1- bis 0,12-CuL, Abgleich wechselseitig mit C2 und C3, zu beenden mit C2. Für sehr schwingfreudige Transistoren wird C3 eventuell auf 1 pF oder weniger verkleinert (Trimmertyp dann z.B. KO 3383). C3 ist so einzustellen, daß der Oszillator gerade anschwingt. Die von L3 abgenommene HF-Spannung wird in T2 gleichgerichtet und dieser dabei durchgesteuert, Rel ist abgefallen. Sobald man L1 verstimmt oder bedämpft, reißt die Schwingung ab, T2 sperrt, Rel zieht an. Vorteilhaft bei dieser Schaltung ist ihre sehr weitgehende Unempfindlichkeit gegen Temperatur- und Betriebs Spannungsschwankungen, weshalb im allgemeinen auf Speisenspannungsstabilisierung auch bei Netz-

betrieb (über Trafo, Gleichrichter und übliche RC-Siebung) verzichtet werden kann. Einbau aus Abschirmgründen in ein Metallgehäuse. Bei Verwendung einer Luftspule für L1 entfällt der Fühler. Grundsätzlich ist es bei Frequenzen bis 100 kHz ohne weiteres möglich, den Durchmesser der Spule L1 bei auszuprobierender Windungszahl entsprechend zu vergrößern (auf 10 cm bis 20 cm). Zu zählende kleine Stückgüter läßt man dann – bei industriellem Einsatz z.B. über eine geeignete Fallrinne – durch L1 hindurchfallen. Bei Getreidemühlen kann der Körnerstrom durch L1 geleitet werden, wobei Registrierung von Fremdkörpern metallischer Art und evtl. Abschaltung des Mahlwerks über Rel erfolgt. Für eine entsprechend vergrößerte Ausführung von L1 sind hier keine genaueren Angaben gemacht, da diese Variante beim Mustergerät nicht erprobt wurde. In der Industrie trifft man solche Geräte bereits sehr häufig. Ähnliche Anwendungen zeigen u.a. [20] und [21].

#### 2.4. Selbsthaltende Lichtschranke mit Thyatron

Die grundsätzliche Wirkungsweise des benutzten Kaltkathoden-Thyatron wurde in Teil I, 2.1.3., beschrieben. Bild 67 zeigt eine für stationären Dauerbetrieb am Netz besonders gut geeignete Auslöse-Lichtschranke, die recht einfach aufzubauen ist. Bei Unterbrechung des Lichtstrahls, der auf die Fotozelle FZ (Vakuumzelle oder vorteilhafter, weil empfindlicher, gasgefüllte Zelle, vgl. Teil I, 2.4.) fällt, zündet das Thyatron, wobei Relais Rel anzieht. Da das gezündete Thyatron nicht wieder von selbst verlöscht, weist diese Anordnung ohne besondere Vorkehrungen eine Selbsthaltung auf. Sie hat also vorzugsweise für Signal- und Warnanlagen Bedeutung und wur-