

ELV *journal*

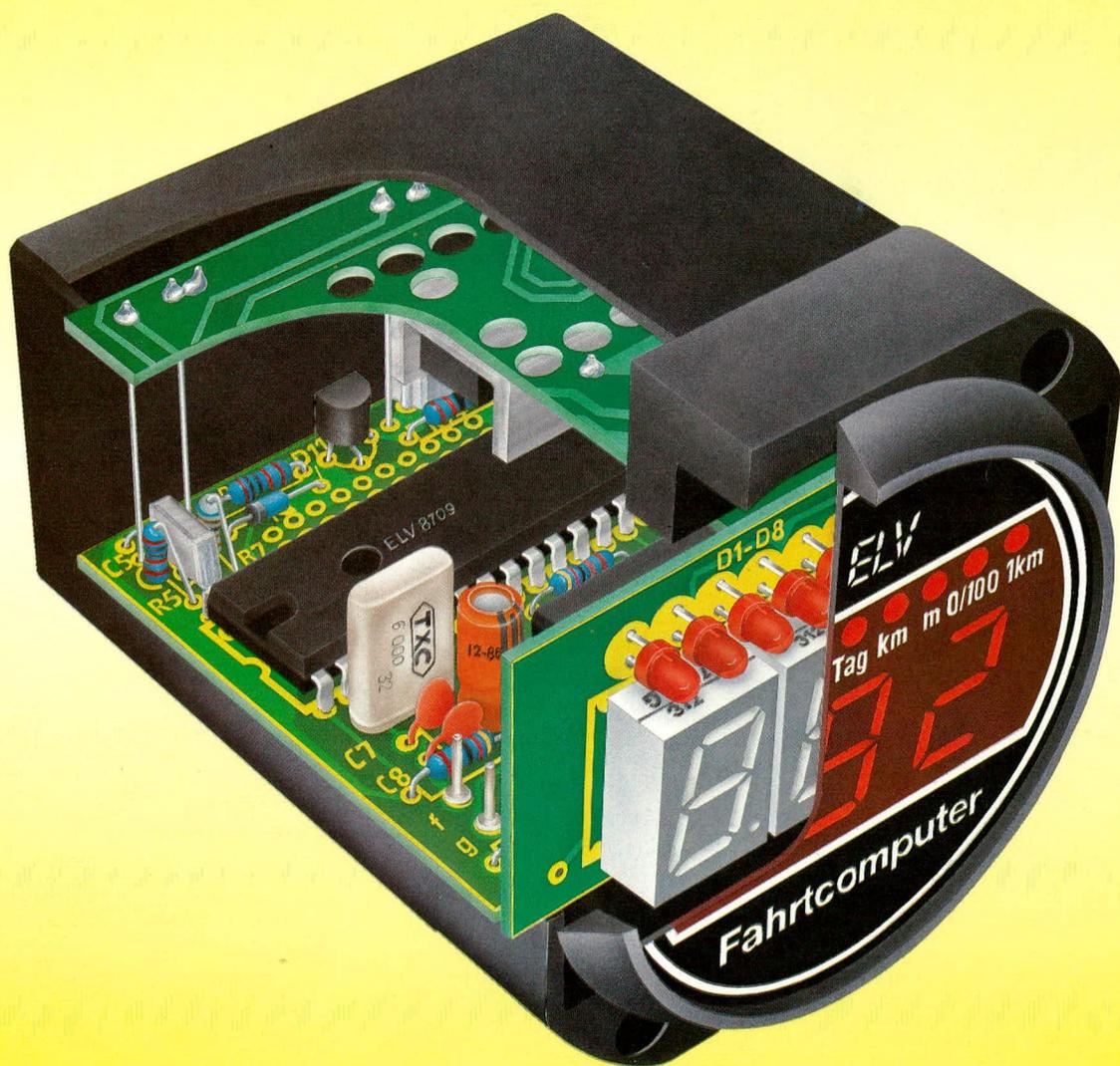
Nr. 52

Mit
Platinenfolien

Fachmagazin der Amateure und Profis für angewandte Elektronik

DM 4,80

ELV-Fahrtcomputer



Schweiz sfr 4,80, Niederlande hfl 6,40, Luxemburg lfr 100,-, Finnland 17 Fmk

Mit
Platinenfolien

In dieser Ausgabe:

ELV-Serie Kfz-Elektronik:
ELV-Fahrtcomputer
ELV-Serie micro-line:
Elektronik-Wetterstation
WS 1000, Teil 5

Komfort-Elektronik-
Türsprechanlage

ELV-Serie 7000:
V 24-Schnittstellentester
Funkuhrenschaltssystem
DCF 7000

LASER:
ELV-Low-Cost-
Show-Laser-Anlage

LASER-Grundlagen

Grundlagen der
Empfangstechnik, Teil 2

LASER – ein vielseitiges Hilfsmittel in Forschung und Technik

Die Lasertechnik ist eine noch relativ junge Disziplin, die sich aber rapide fortentwickelt. Die Anwendungs- und Einsatzbereiche für LASER reichen von der Physik, der Chemie, der Biologie und der Medizin bis hin zur Technik. Gerade die Anwendung der LASER in den verschiedensten Bereichen der Technik befindet sich z. Z. in einer stürmischen Entwicklung. Der nachfolgende Beitrag vermittelt einen ersten Eindruck über die Geschichte und das Verständnis des LASERs sowie dessen Einsatzmöglichkeiten.

von
Prof. Dr. rer. nat. Siegfried Fellmann
Fachbereich Naturwissenschaftliche Technik
Fachhochschule Ostfriesland
2970 Emden

1. Kurzer historischer Überblick

Das Wort LASER ist ein Kunstwort und setzt sich aus den unterstrichenen Anfangsbuchstaben des englischen Ausdrucks „light amplification by stimulated emission of radiation“ zusammen. Mit einem LASER wird daher eine „Lichtverstärkung durch stimulierte (erzwungene, induzierte) Emission (Aussendung) von Strahlung“ erreicht. Daher wird der LASER gelegentlich auch als Lichtgenerator oder Quantengenerator bezeichnet. Ähnliche Erscheinungen, wie sie bei dem im optischen Bereich (10^{11} bis 10^{16} Hz) arbeitenden LASER auftreten, gibt es auch im Bereich der Mikrowellen (10^8 bis 10^{10} Hz). Hier spricht man dann vom MASER. Der erste Buchstabe dieser Abkürzung steht für „microwave“ (Mikrowelle).

Die Grundvoraussetzung für das Funktionsprinzip eines LASERs ist die induzierte Emission. Obwohl das Prinzip der induzierten Emission von Einstein bereits im Jahr 1917 formuliert wurde, vergingen noch einmal mehr als 40 Jahre, bis der erste funktionsfähige LASER realisiert wurde. Im Jahre 1960 entwickelte der amerikanische Physiker T. H. Maiman den Rubin-LASER, der zur Gruppe der Festkörper-LASER gehört. Während der folgenden Jahre entstanden in schneller Folge der Helium-Neon-LASER (1961), der Dioden-LASER (1962), der CO₂-LASER (1963) und der Farbstoff-LASER (1966). Im Jahr 1975 wurde schließlich nach einer längeren Entwicklungsphase der Excimer-LASER realisiert. Bei dieser Aufzählung wird kein Anspruch auf Vollständigkeit erhoben. Vielmehr wurden nur die wichtigsten Beispiele genannt.

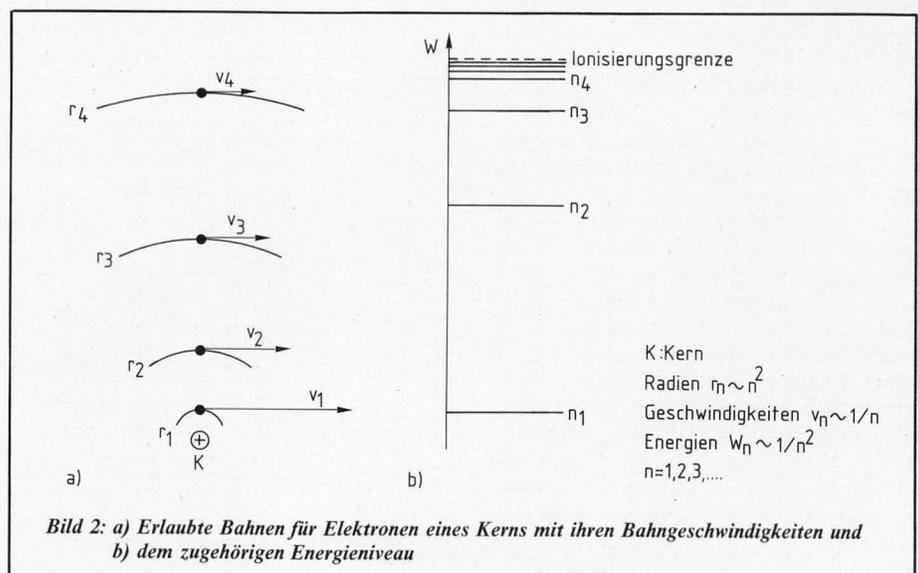
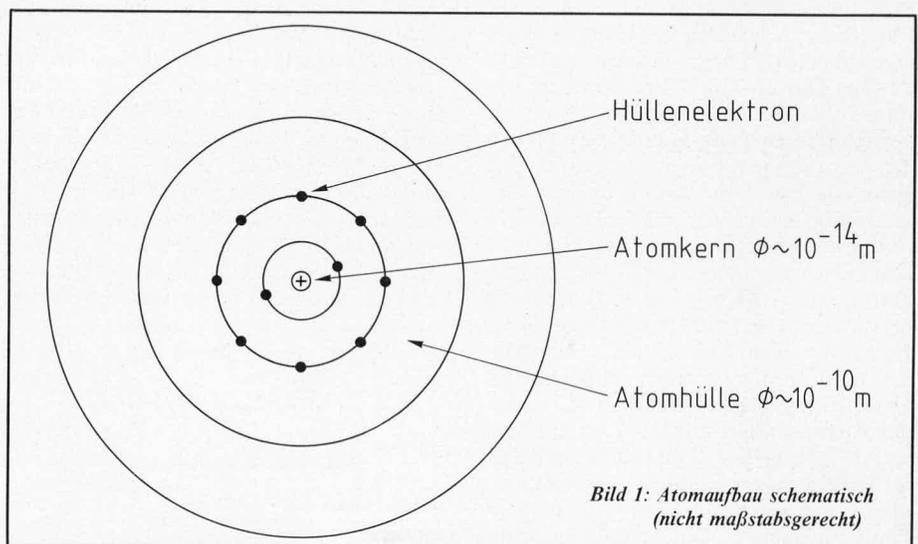
Es gibt heute mehrere tausend atomare Systeme, die die Voraussetzung für LASER-Emission besitzen. Der überdeckte Spektralbereich reicht dabei vom Ultraviolett bis zu den Millimeterwellen. Obwohl eine sehr große Zahl von LASER-Systemen zur Verfügung steht, ist die Zahl von LASER-Typen, die in der Wissenschaft und in der Technik eingesetzt werden, sehr klein. Es sind nur sieben LASER-Typen, die etwa 95 bis 96% des Gesamtmarktes ausmachen, nämlich der Farbstoff-LASER, der Helium-Neon-LASER, der Ionen-LASER, der Neodym-LASER, der Excimer-LASER, der Dioden-LASER und schließlich der CO₂-LASER. Allen LASERn ist gemeinsam, daß zur Entstehung der induzier-

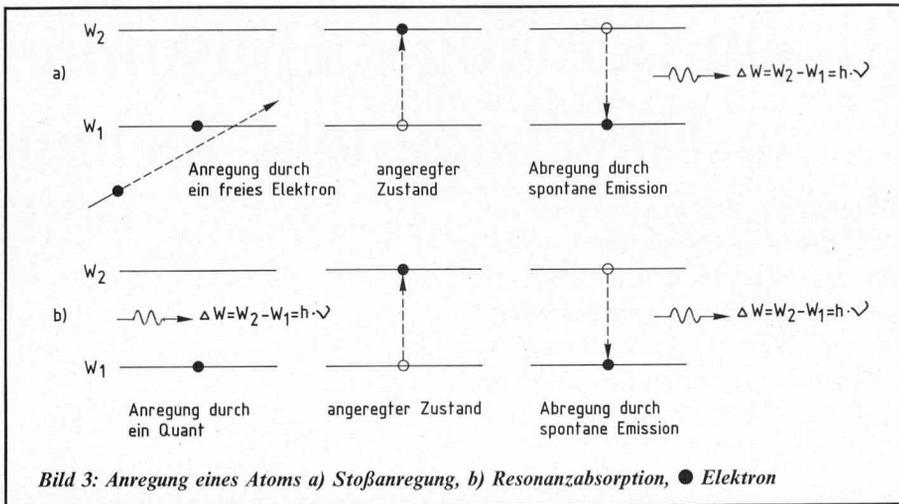
ten Emission besondere Bedingungen erfüllt sein müssen, die in der Natur nicht gegeben sind und die im LASER erst künstlich geschaffen werden müssen. Die für das Verständnis eines LASERs wichtigsten Grundlagen werden im folgenden Abschnitt näher besprochen.

2. Physikalische Grundlagen

Materie ist grundsätzlich atomar aufgebaut. Jedes Atom besitzt einen positiv geladenen Atomkern und eine Elektronenhülle (Abb. 1). Im neutralen Atom stimmt die Zahl der negativen Elektronen der

Elektronenhülle mit der Zahl der positiven Ladungen des Kerns überein. Im Bohr-Sommerfeld'schen-Atommodell kreisen die Elektronen auf verschiedenen Bahnen um den positiv geladenen Kern. Diese Vorstellung ist aus der klassischen makroskopischen Physik (Planetenmodell) in den Mikrokosmos übertragen worden, allerdings mit der Einschränkung, daß sich die Elektronen nur in ganz bestimmten ausgezeichneten Bahnen um den Kern bewegen können (Bohr'sche Postulate). Bei dieser Modellvorstellung wird vorausgesetzt, daß die Elektronen kleine, punktförmige und jederzeit identifizierbare Teilchen sind, deren



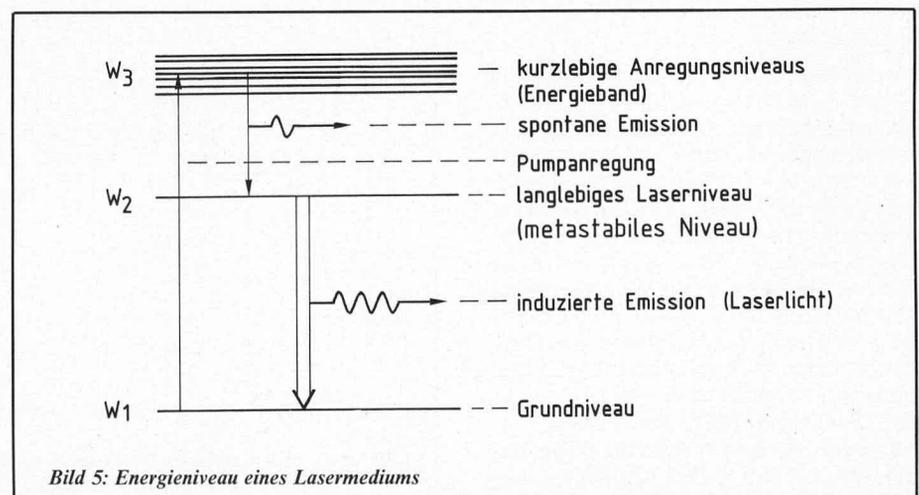
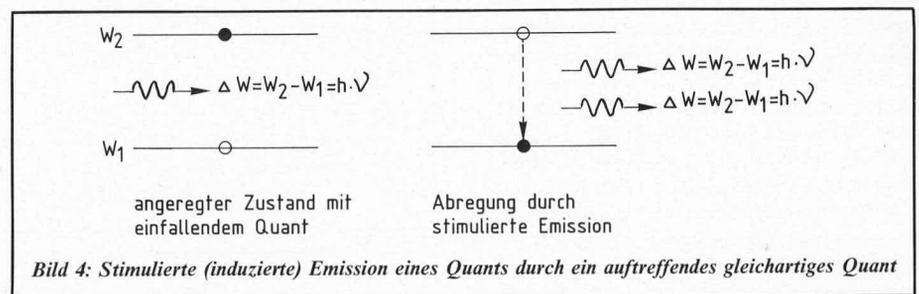


Bahnen als geschlossene Kurven (Kreise und Ellipsen) gegeben sind. Dieses aus dem Planetenmodell der makroskopischen Physik übertragene Bild muß im Mikrokosmos dahingehend ergänzt werden, daß die beschriebenen Bahnen nur Orte größter Aufenthaltswahrscheinlichkeit der Elektronen sind. Mit diesen Einschränkungen kann im weiteren das Bohr-Sommerfeld-Modell durchaus weiter benutzt werden, da es das Verhalten der Atome in vielen Bereichen richtig wiedergibt.

Die genannten Elektronenbahnen sind nicht beobachtbar, wohingegen die zu den Einzelbahnen gehörenden Energiegehalte (Energieniveaus) der Atome meßbare Größen sind. In Abb. 2 sind diese Zusammenhänge dargestellt. Gezeigt sind dort die Ausschnitte einiger erlaubter Bahnen mit den zugehörigen Energiezuständen. Zur Bahn mit dem Bahnradius r_1 und der Geschwindigkeit v_1 gehört das Energieniveau $n = 1$ usw. Die Abstände der erlaubten Energieniveaus nehmen mit $1/n^2$ ab und drängen sich für n gegen ∞ (unendlich) gegen eine Grenze (Ionisierungsgrenze). Führt man einem Atomelektron eine Energie zu, die größer ist als die Differenz der Energien zwischen $n = 1$ und $n = \infty$, so wird das Atom ionisiert und das Elektron verläßt den gebundenen Zustand. Bei geringerer Energiezufuhr kann ein Atomelektron nur die diskreten, erlaubten Energieniveaus einnehmen. Die Gesamtheit aller Elektronen eines Atoms nehmen die tiefstmöglichen Energiezustände ein, wobei auf den verschiedenen Energieniveaus unterschiedliche Zahlen von Elektronen untergebracht werden können (Pauli-Prinzip). Bei der Anregung (Energiezufuhr) atomarer Systeme spielen die Stoßanregung und die Resonanzabsorption eine wichtige Rolle. Der Mechanismus dieser Anregungsprozesse ist in Abb. 3 dargestellt. Bei der Stoßanregung übertragen freie Elektronen ihre Energie auf Atomelektronen und heben diese von tieferen Energieniveaus auf höhere Niveaus. Nach etwa 10^{-8} s gehen die angeregten Atomelektronen wieder in den energetisch tieferen Zustand über und emittieren die Energiedifferenz $\Delta W = W_2 - W_1 = h \cdot \nu$ als Photon (Quant) mit der Frequenz ν . Dabei ist h die Plancksche Konstante, die im atomaren Bereich von großer Bedeutung ist. Werden umgekehrt Photonen mit genau passender Ener-

gie (Frequenz) $\Delta W = W_2 - W_1 = h \cdot \nu$ in ein atomares System eingestrahlt, so werden Elektronen ebenfalls von tieferen in höhere Energieniveaus gehoben (Resonanzabsorption). Das angeregte Atomelektron verläßt auch hier nach ca. 10^{-8} s den höheren Energiezustand und emittiert das vorher absorbierte Quant. In beiden Fällen spricht man bei dieser Form der Energieabgabe von spontaner Emission.

Daneben kann sich in der Atomhülle ein weiterer Vorgang abspielen, der im Hinblick auf die Laserwirkung von besonderem Interesse ist (Abb. 4). Ein angeregtes Atom kann durch ein einfallendes Energiequant geeigneter Frequenz dazu stimuliert werden, aus dem angeregten Zustand mit der Energie W_2 in den Grundzustand mit der Energie W_1 überzugehen, und zwar bevor das angeregte System zur spontanen Emission Zeit hatte. Dabei wird die freiwerdende Energie als zusätzliches Energiequant der gleichen Größe $\Delta W = W_2 - W_1 = h \cdot \nu$ emittiert, so daß zwei Quanten mit der gleichen Energie vorhanden sind.



Dieser Effekt wird als induzierte oder stimulierte Emission bezeichnet. Abb. 4 veranschaulicht diesen Prozeß der Lichtverstärkung. Die induzierte Emission hat dabei nicht nur die gleiche Frequenz wie die anregende elektromagnetische Welle, sondern sie ist mit der anregenden Welle phasengleich (Maxima und Minima der Wellen fallen zusammen). Außerdem stimmen Richtung und Schwingungsebene beider Wellen überein.

Für das Auftreten der induzierten Emission ist Voraussetzung, daß die spontane Emission vermieden oder wenigstens verzögert wird. Im Gegensatz zur induzierten Emission ist die spontane Emission eine zufällige Erscheinung. Nach einer mittleren Verweilzeit von ca. 10^{-8} s im angeregten Zustand kehrt das Elektron zu irgendeinem Zeitpunkt in den Grundzustand zurück, und zwar unabhängig vom Vorhandensein äußerer Strahlung.

Geeignete LASER-Medien mit der Möglichkeit der induzierten Emission müssen daher sog. metastabile Niveaus besitzen. Auf diesen Energieniveaus haben Atomelektronen eine wesentlich größere Verweilzeit als auf den Energieniveaus mit spontaner Emission. Auf metastabilen Energieniveaus verbleiben Atomelektronen etwa um 5 bis 6 Größenordnungen länger als auf Energieniveaus mit spontanem Übergang. In metastabile Energieniveaus können Elektronen allerdings nicht durch Resonanzabsorption gelangen, sondern immer nur auf Umwegen. Durch genügend starkes Anregen (Pumpen) kann ein größerer Prozentsatz von Elektronen gleichzeitig im angeregten metastabilen Zustand gehalten werden. Solche Atomsysteme stellen daher einen atomaren Energiespeicher dar.

Das Prinzip des Pumpens soll mit Hilfe von Abb. 5 diskutiert werden. Durch Pumpenanregung werden Elektronen aus dem Grund-

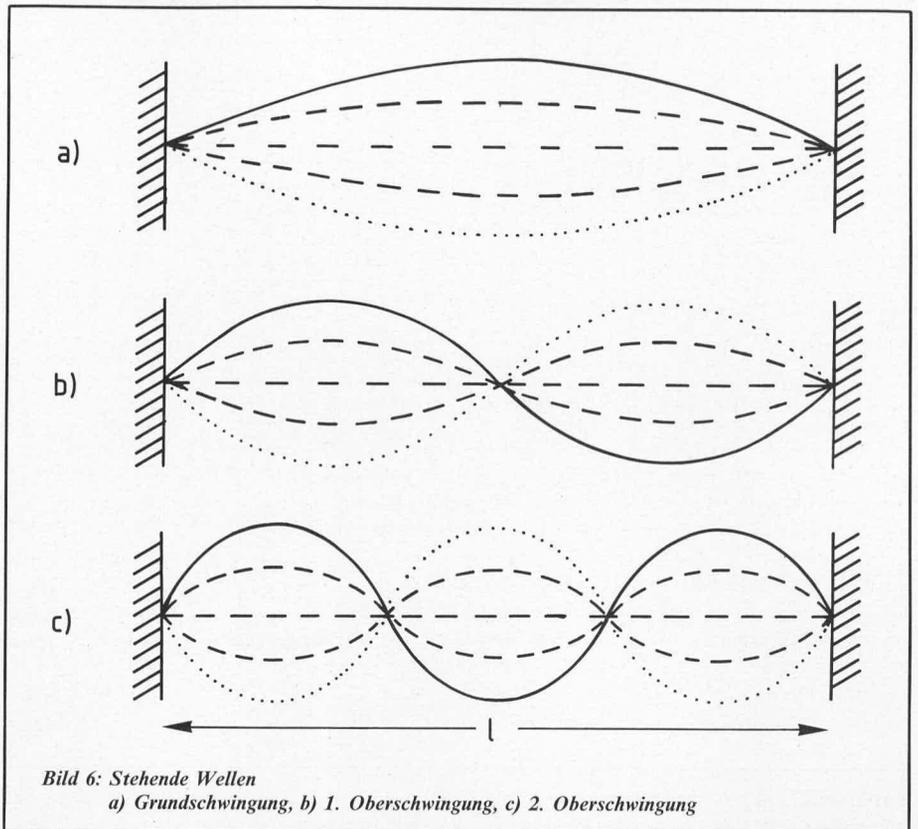
niveau mit der Energie W_1 auf ein kurzlebige Hilfsniveau mit der Energie W_3 durch Einstrahlung einer intensiven elektromagnetischen Welle mit der zu diesem Übergang gehörenden Frequenz (Pumpfrequenz) gebracht. Bei W_3 liegt angenommen nicht ein einzelnes Energieniveau, sondern ein Energieband mit sehr vielen eng beieinanderliegenden Energieniveaus. Dadurch wird die Pumpanregung wesentlich effizienter. Aus dem Energieband mit der Energie W_3 gehen die Elektronen durch spontane Emission auf das tieferliegende langlebige LASER-Niveau über. In diesem Niveau verbleiben die Elektronen ausreichend lange, um durch stimulierte Emission zum Übergang von W_2 nach W_1 abgerufen werden zu können. Durch Einstrahlung von genügend intensivem Pumplicht kommt es daher zur sog. Besetzungsinversion $N_2 > N_1$. Für die Besetzungsdichten N_1 und N_2 mit Elektronen, die zu den Energieniveaus W_1 und W_2 gehören, gilt nach der Boltzmann-Beziehung:

$$\frac{N_2}{N_1} = e^{\frac{W_2 - W_1}{k \cdot T}} . \text{ Dabei sind } k \text{ die Boltzmann-Konstante und } T \text{ die absolute Temperatur.}$$

Anhand dieser Gleichung wird deutlich, daß die Hauptbedingung für das Funktionieren eines LASERs die Besetzungsinversion ist. Im Normalfall (thermodynamisches Gleichgewicht) befinden sich die Elektronen der Atome überwiegend im nicht angeregten, energetisch tiefsten Zustand. Dann sind die unteren Energiestufen der Atome insgesamt stärker besetzt als die oberen. In diesem Normalfall ist N_1 größer als N_2 . Daher würde in diesem Fall das eingestrahle Licht durch Absorption geschwächt und nicht – wie beim LASER gewünscht – durch induzierte Emission verstärkt. Wenn dagegen durch den beschriebenen Pumpvorgang Energie in den Atomen ausreichend lange gespeichert wird, so daß sich mehr Atome in einem angeregten Zustand befinden als im Grundzustand – d. h. N_2 größer N_1 (Besetzungsinversion der Energieniveaus) –, dann wird durch ein Strahlungsquant geeigneter Frequenz eine Lawine induzierter Quanten aus den angeregten Atomen abgerufen, wobei die zuvor gespeicherte Energie der insgesamt emittierten Strahlung zugute kommt und damit diese erheblich verstärkt.

Laserstrahlung besitzt eine Reihe von besonderen Eigenschaften, wodurch sich LASER von herkömmlichen Lichtquellen unterscheiden. Besonders hervorzuheben sind bei Laserstrahlung ihre Kohärenz, ihre strenge Parallelität mit einer Divergenz von nur wenigen Bogenminuten und die mit anderen Hilfsmitteln nicht erreichbare Monochromasie. Wie bereits erwähnt, ist die Kohärenz darauf zurückzuführen, daß die induzierte mit der auslösenden Lichtwelle in Phase ist, so daß also alle Atome ihre Lichtquanten im Takt emittieren und nicht wie bei der spontanen Emission statisch mit von Atom zu Atom schwankenden Phasenbeziehungen.

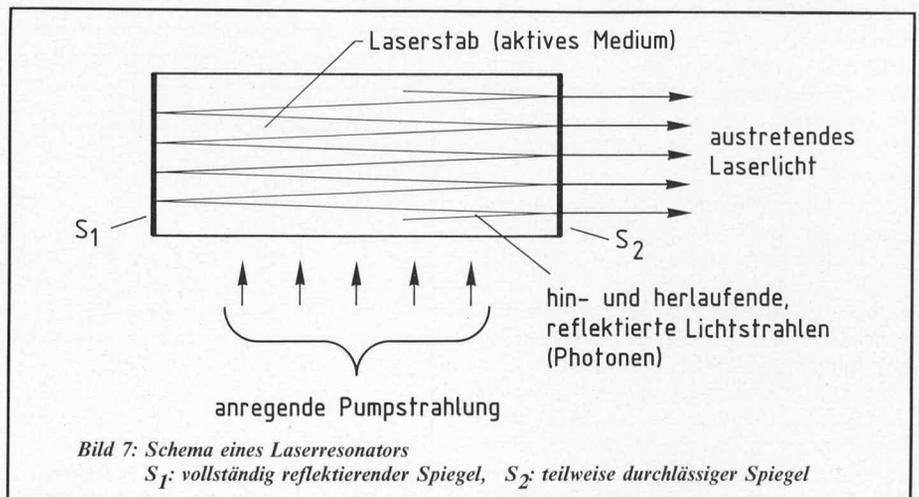
Um bei Verstärkung durch stimulierte Emission ein entsprechend intensives Strahlungsfeld definierter Phase und Frequenz mit großer Kohärenzlänge zu erhalten,

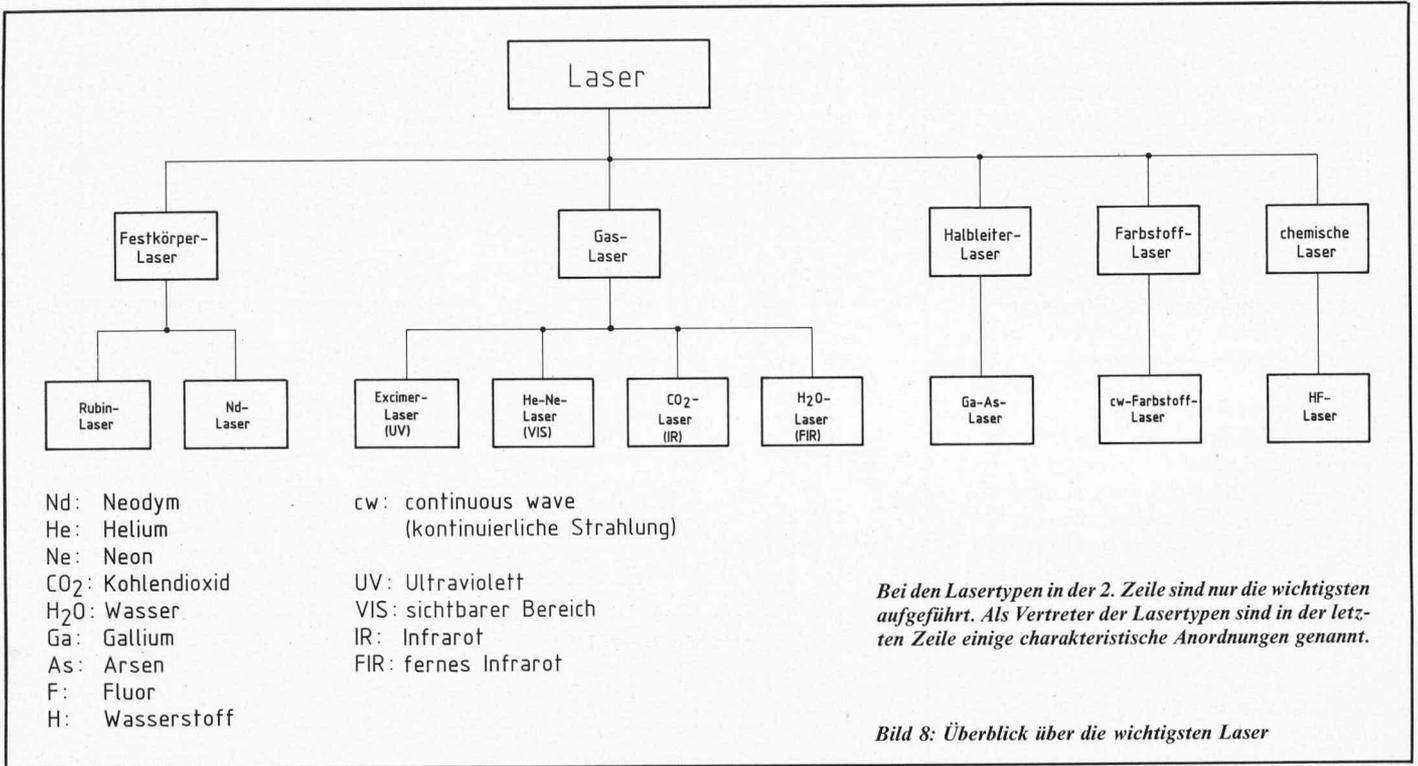


muß stets die gleiche Welle mit dem invertierten LASER-System in Wechselwirkung treten und damit dieses zur stimulierte Emission anregen. Dies wird durch Rückkopplung der verstärkten Welle in einem Resonator erreicht, in dem nur bestimmte Eigenschwingungen möglich sind. Die Ausbildung von Eigenschwingungen kann man sich an einer gespannten Saite, die an ihren Enden fest fixiert ist, veranschaulichen. Wie aus Abb. 6 zu ersehen ist, können sich auf dieser Saite nur ganz bestimmte Schwingungsformen ausbilden, die zu einer stehenden Welle mit Schwingungsbäuchen und Schwingungsknoten führen und durch Reflexion der Welle an den festen Enden zustande kommen. Dadurch entsteht eine ortsfeste Schwingung, die man stehende Welle nennt. Einige der zulässigen Schwingungsformen auf einer Saite der Länge l sind in Abb. 6 wiedergegeben, und zwar die Grundschwingung sowie die beiden ersten Oberschwingungen. Diese möglichen, diskreten Wellen nennt man Eigenschwingungen der Saite.

Ähnlich liegen die Verhältnisse bei einem optischen Resonator gemäß Abb. 7. Bei letzterem ist die Zahl der Schwingungsbäuche und Schwingungsknoten gegenüber der Saite wesentlich größer, entsprechend der gegenüber der Saitenlänge wesentlich kleineren Wellenlänge des LASERs von der Größenordnung 500 nm. Daher ist bei einem LASER neben der Bedingung der Erzeugung einer Besetzungsinversion noch die Zusatzbedingung der Rückkopplung in einem Resonator erforderlich.

Damit kann zur Strahlungserzeugung in einem LASER wie folgt argumentiert werden. Ein spontan emittiertes Photon mit der Frequenz ν der Laserstrahlung und genau bestimmter Richtung, entsprechend einer Eigenschwingung des optischen Resonators, durchläuft das invertierte LASER-Medium. Mit gewisser Wahrscheinlichkeit wird dadurch eine induzierte Emission ausgelöst. Diese Wahrscheinlichkeit ist um so größer, je häufiger das Photon das System der angeregten metastabilen Atome





durchläuft. Dies gilt auch für ein nach gewisser Zeit induziert emittiertes Photon der gleichen Art. Beide Photonen werden rückgekoppelt, durchlaufen das angeregte Atomsystem und stimulieren die Emission weiterer Photonen. Der geschilderte Vorgang wiederholt sich und baut sich lawinenartig auf, da mit zunehmender Zahl der rückgekoppelten Photonen die Wahrscheinlichkeit für die induzierte Emission weiterer Photonen wächst. Die Energie des Strahlungsfeldes kann dann an einem der Resonatorspiegel ausgekoppelt werden (Abb. 7).

Die Besetzungsinversion wird erleichtert, wenn die folgenden Bedingungen erfüllt sind. Das LASER-Niveau mit W_2 muß eine möglichst große mittlere Lebensdauer besitzen (metastabiles Niveau); die Übergangswahrscheinlichkeit von W_1 nach W_3 bei der Anregung muß ebenfalls möglichst groß sein; schließlich müssen die Übergänge von W_3 nach W_2 möglichst schnell erfolgen.

Für die Erzeugung einer Besetzungsinversion, auch Pumpen genannt, werden verschiedene Verfahren eingesetzt. Diese verschiedenen Pumpverfahren lassen gleichzeitig eine Charakterisierung der verschiedenen LASER-Typen zu. Im einzelnen wird die Besetzungsinversion durch optisches Pumpen, Stoßanregung, Stromdurchgang in pn-Übergängen und chemisches Pumpen erreicht.

Beim optischen Pumpen werden die oberen Energieniveaus W_3 durch Absorption optischer Strahlung angeregt, die dem optischen Übergang von W_1 nach W_3 entspricht. Wichtig für eine geeignete Pumplichtquelle ist, daß das Emissionsmaximum der Pumplichtquelle bei höheren Frequenzen als die Frequenz liegt, die zu dem zu invertierenden Übergang W_2 nach W_1 gehört. Insbesondere sollte das Emissionsmaximum der Pumplichtquelle im Bereich des Absorptionsübergangs W_1 nach W_3 liegen.

Dieses Verfahren zur Erzeugung einer Besetzungsinversion wird speziell für Festkörper- und Farbstoff-LASER eingesetzt.

Bei der Stoßanregung wird das obere Niveau W_3 in einer elektrischen Entladung angeregt, und zwar durch Elektronenstöße erster Art oder durch Energieübertragung mit Stößen zweiter Art. Die elektrische Entladung wird vorwiegend als selbständige Entladung erzeugt, bei der die Ladungsträger (Elektronen und Ionen) in der Entladung selbst erzeugt werden. Dies ist die überwiegende Entladungsform in Gas-LASERN. Die Energieübertragung durch Stöße zweiter Art ist beim Helium-Neon-LASER besonders wichtig.

Der Stromdurchgang in einem pn-Übergang zur Erzeugung einer Besetzungsinversion ist die typische Anregungsform für Halbleiter-LASER. Da bei der Anregung Ladungsträger injiziert werden, wird dieser Lasertyp auch als Injektions-LASER bezeichnet. Die Laserabstrahlung erfolgt als Rekombinationsstrahlung (Rekombination von Elektronen und Löchern).

Das chemische Pumpen stellt eine besondere Form der Anregung für spezielle Gas-LASER dar. Die bei chemischen Reaktionen freigesetzte Energie wird zur Besetzungsumkehr genutzt.

Speziell die Fotodissoziation von Molekülen mit Hilfe von Photonen, wobei einer der Partner angeregt wird, spielt eine relativ wichtige Rolle. Insgesamt stellt dieses Verfahren zur Erzeugung einer Besetzungsinversion aber mehr ein Verfahren für spezielle Anwendungen dar und kann nicht die Bedeutung der bereits genannten Anregungsverfahren erreichen.

3. Laser-Typen

Die Abb. 8 vermittelt einen Überblick über die wichtigsten LASER-Typen, wobei bewußt auf Vollständigkeit verzichtet wurde. Die verschiedenen LASER-Typen sind in der zweiten Zeile aufgeführt. In der dritten Zeile sind zu den jeweiligen LASER-Typen einige Repräsentanten genannt, und zwar entsprechend ihrer Bedeutung für den Anwendungsbereich.

Die wesentlichen Komponenten und deren Zusammenspiel bei einem LASER sollen am Beispiel des Rubin-LASERS, dessen prinzipieller Aufbau in Abb. 9 gezeigt ist, näher erläutert werden. Wie erwähnt konnte dieser Festkörper-LASER-Typ als erster funktionsfähiger LASER überhaupt realisiert werden. Trotz dieses Alters spielt er noch immer eine der wichtigsten Rollen bei

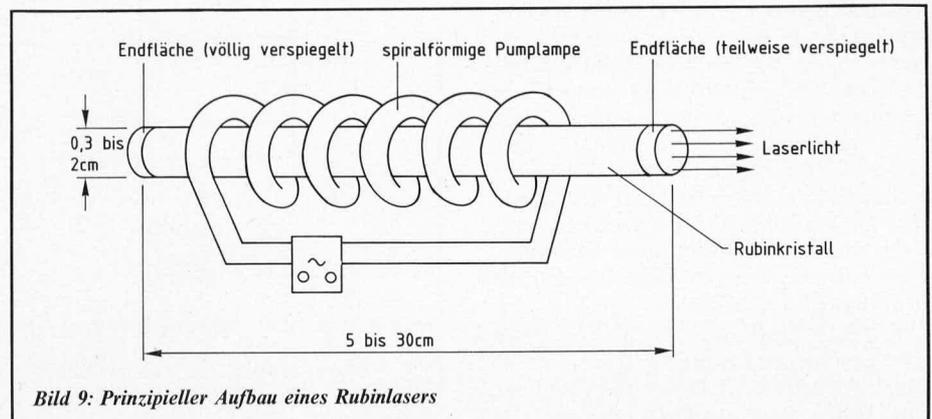


Bild 9: Prinzipieller Aufbau eines Rubinlasers

den Festkörper-LASERN. Zum einen besteht bei diesem LASER die Möglichkeit zur Erzeugung großer Impulsleistungen und zum anderen lassen sich die Rubinkristalle in optisch sehr guter Qualität relativ leicht herstellen.

Ein Rubinkristall besteht aus Aluminium-Oxid (Al_2O_3) als Grundgitter, in dem anstelle von Aluminium-Ionen in bestimmter Dosierung Cr^{3+} -Ionen (Chromionen) eingebaut sind. Die Cr^{3+} -Konzentration besitzt dabei den Wert von etwa 0,05 %. Die eingebauten Chromionen werden durch Pumpenergie aus dem Grundniveau W_1 zunächst in das Hilfsniveau W_3 höherer Energie gebracht (vgl. Abb. 5). Dieses Energieniveau entleert sich mit einer mittleren Lebensdauer von etwa 10^{-8} s durch spontane Übergänge vom Hilfsniveau W_3 in das deutlich langlebigere metastabile Niveau W_2 des Laserübergangs. Dieses Niveau besitzt die relativ lange mittlere Lebensdauer von etwa 3×10^{-5} s, so daß sich eine Besetzungszunahme zu Lasten des Grundniveaus W_1 für das Niveau W_2 ergibt. Wenn ausreichend Pumplicht einstrahlt wird, kommt es zur Besetzungsinversion $N_2 > N_1$, so daß eine Lichtverstärkung für die Wellenlänge des ausgestrahlten roten Laserlichts des Rubins mit der Wellenlänge $\lambda = 694,3$ nm resultiert. Zur Erzeugung einer ausreichenden Besetzungsinversion ist mindestens die Hälfte der Cr^{3+} -Ionen anzuregen. Dazu sind entsprechend hohe Pumpleistungen erforderlich. Die eingesetzten Pumplichtquellen – in Abb. 9 eine spiralförmige Pumplampe – sollten ein Emissionsspektrum besitzen, das mit dem Absorptionsspektrum der Cr^{3+} -Ionen übereinstimmt.

Die wesentliche Lichtverstärkung wird dadurch erreicht, daß der Rubinkristall als optischer Resonator ausgebildet wird. Die Länge des Rubinkristalls bewegt sich etwa zwischen 5 und 30 cm mit Durchmessern von 0,3 bis 2 cm. Dieses zylinderförmige Gebilde ist an den Stirnflächen extrem genau planparallel geschliffen und mit hochreflektierenden Schichten versehen. Eine der Stirnflächen ist so verspiegelt, daß sie vollständig reflektiert, während die andere teildurchlässig ist. Damit erreicht man, daß die den Prozeß der induzierten Emission auslösenden Photonen zwischen den verspiegelten Stirnflächen reflektiert werden und als stehende ebene Welle in Richtung der Zylinderachse hin- und herlaufen (vgl. Abb. 7). Dadurch werden die Atome in den angeregten Laserzuständen zur induzierten Emission angeregt. Die induziert emittierte phasengleiche Strahlung wird ebenfalls zwischen den Stirnflächen reflektiert und führt zu einer weiteren Verstärkung der induzierten Emission. Sobald ein Schwellenwert überschritten wird, verläßt die Laserstrahlung den Kristall an der Stirnfläche mit der teildurchlässigen Schicht in Form eines Lichtimpulses mit entsprechender Leistung. Da der Wirkungsgrad eines Rubin-LASERS nur etwa 1 % beträgt, ergibt sich bei einer investierten Pumpenergie von 10^3 Ws für den Lichtimpuls zwar nur eine Energie von etwa 10 Ws, doch entspricht dies bei typischen Impulsdauern von ca. 1 ms etwa einer Leistung von 10 kW. Bei Rubin-LASERN steht also ge-

pulstes Laserlicht mit der Wellenlänge $\lambda = 0,694 \mu\text{m}$ mit einer Impulsfrequenz von etwa 1 pro s zur Verfügung.

Zur Erzeugung von Hochleistungsimpulsen ist der Neodym-Glas-LASER wesentlich besser geeignet. Bei diesem sind Nd^{3+} -Ionen mit einer Konzentration von 0,5 bis 8 % in Glas eingebaut. Mit diesem Lasertyp können Lichtimpulse mit einer Energie von etwa 5 kWs produziert werden. Eine andere Variante des Neodym-LASERS ist der Neodym-YAG-LASER, bei dem das relevante Nd^{3+} -Ion in Yttrium-Aluminium-Granat ($\text{Y}_3\text{Al}_5\text{O}_{12}$) eingebaut ist. Der Neodym-YAG-LASER eignet sich sowohl für den kontinuierlichen Betrieb als auch für den Impulsbetrieb mit hohen Wiederholungsraten der Impulse (typisch bis zu 10 kHz). Neodym-YAG-LASER können eine Leistung bis zu 500 W im kontinuierlichen Betrieb auf der 1,06 μm -Linie erbringen, wobei ein Wirkungsgrad bis zu 3 % erreicht wird. Im Impulsbetrieb beträgt die maximale Laserleistung etwa 10^6 W.

Der Excimer-LASER ist ein Gaslaser und eröffnet im weiteren Sinn der Materialbearbeitung neue Möglichkeiten. Einige typische Anwendungen sind z. B. das Abisolieren extrem feiner Drähte von 50 μm Durchmesser, wie sie in der Mikroelektronik eingesetzt werden. Mit dieser Technik lassen sich aber auch Schnitte durch sehr fragile biologische Strukturen durchführen. In größerem Maßstab werden Excimer-LASER industriell bei der Herstellung von Halbleiterchips eingesetzt, wobei Mikrostrukturen mit fotolithografischen Verfahren auf Halbleiteroberflächen übertragen werden. Aus der Vielzahl der Einsatzmöglichkeiten dieses LASERS sind nur einige Beispiele genannt. Die maximale Impulsenergie liegt bei 0,5 bis 1 Ws, wobei Pulsdauern von etwa 15 ns erreichbar sind.

Der Helium-Neon-LASER ist insbesondere meßtechnisch interessant und findet beim optischen Lesen von Daten Verwendung. Er ist ein kontinuierlich betriebener LASER im sichtbaren und infraroten Spektralgebiet mit Ausgangsleistungen im mW-Bereich. Der Hauptvorteil dieses LASERS ist durch seinen kleinen, einfachen und robusten Aufbau bei niedrigem Preis gegeben.

Einer der wichtigsten Hochleistungslaser ist der Kohlendioxid-LASER (CO_2 -LASER). Die emittierten Laserlinien liegen bei 9,6 μm und bei 10,6 μm . Im kontinuierlichen Betrieb werden mit CO_2 -LASERN Leistungen bis zu 100 kW erzielt. Dies sind die höchsten kontinuierlichen Laserleistungen überhaupt. Der CO_2 -LASER gehört auch im gepulsten Betrieb zu den leistungsfähigsten LASERN. So lassen sich Impulse mit Energien von mehr als 10 kWs und Impulsleistungen von einigen Terrawatt (1 Terrawatt = 10^{12} W) erreichen. Dieser LASER ist vergleichbar mit dem Nd^{3+} -Glas-LASER, wobei der CO_2 -LASER allerdings als entwicklungsfähiger eingeschätzt wird. Insbesondere das Interesse an militärischen Anwendungen – Laserwaffen und SDI (strategic defense initiative) – und der Einsatz bei der laserinduzierten Kernfusion (vgl. 4.) treiben die Entwicklung dieses Lasertyps stark voran.

Der H_2O -LASER ist für kontinuierlichen und Impulsbetrieb geeignet. Er besitzt eine Vielzahl von Laserlinien, wobei die intensivsten Übergänge bei $\lambda = 2,797 \mu\text{m}$ und bei $\lambda = 118,59 \mu\text{m}$ liegen. Die Leistungen bei diesen Linien liegen um 115 mW bzw. um 5 mW. Dieser Lasertyp ist vorwiegend von wissenschaftlichem Interesse.

Der erste LASER auf Halbleiterbasis wurde bereits 1962 – 2 Jahre nach dem Rubin-LASER – realisiert. Ein wichtiger Anwendungsbereich der Halbleiter-LASER liegt in der optischen Informationsübertragung und wegen seiner kleinen Abmessungen in integrierten optischen Systemen. Es gibt eine Reihe von geeigneten Halbleitermaterialien, die für diesen Lasertyp geeignet sind. Dabei fällt auf, daß die wichtigsten Halbleiter Silizium und Germanium nicht geeignet sind. Der in Abb. 8 aufgeführte Ga-As-LASER ist der z. Z. am meisten eingesetzte Halbleiter-LASER. Typische Leistungsdaten sind im kontinuierlichen Betrieb kleiner 10 mW und im Impulsbetrieb kleiner 100 W.

Gegenüber den bisher besprochenen Lasertypen unterscheidet sich der Farbstoff-LASER dadurch, daß er in einem breiten Spektralbereich von 0,32 bis 1,8 μm kontinuierlich durchstimmbar betrieben werden kann. Dagegen konnten die bisher beschriebenen Lasertypen nur Laserlicht einer einzigen oder weniger ganz bestimmter Frequenzen emittieren. Gerade auf dieser Durchstimbarkeit beruht die große Bedeutung der Farbstoff-LASER etwa in der Spektroskopie, der Analysenmeßtechnik, der Biologie und anderen Bereichen. Er ist das Paradebeispiel für einen wissenschaftlichen LASER, da er zwar die kürzesten Impulse (10^{-14} s) bei einer kontinuierlichen Abstimmbarkeit liefert, aber andererseits nur kleine Ausgangsleistungen zur Verfügung stellt. Daher wird er industriell kaum eingesetzt.

Der Hauptrepräsentant der chemischen LASER ist der HF-LASER. Lasertätigkeit tritt im Bereich zwischen 2,7 und 3,2 μm auf. Es werden zwar kontinuierliche Ausgangsleistungen von einigen kW erreicht, doch lassen sich diese LASER wegen der Gefährlichkeit bzw. Aggressivität der beteiligten Substanzen H_2 und F_2 nur sehr schwer handhaben.

Zum Abschluß dieses Abschnitts sollte nicht unerwähnt bleiben, daß die Natur MASER und LASER bereits vor dem Menschen realisiert hat. So wurde 1965 von Radioastronomen im Orionnebel ein extrem starkes Signal bei 1,665 MHz entdeckt. Hier handelt es sich um die erste Beobachtung eines kosmischen MASERS. In der Folgezeit sind mehrere hundert solcher kosmischer MASER bekannt geworden.

Auch die zum CO_2 -LASER gehörende Strahlung bei 9,4 und 10,4 μm konnte 1980 als stimulierter Emissionsprozeß in den Atmosphärenschichten der Planeten Mars und Venus identifiziert werden. Für die Effizienz dieser den Planeten Mars und Venus zuzuordnenden CO_2 -LASER fehlt allerdings die Rückkopplung. Hier wird bereits spekuliert, einen großen LASER-Resonator auf eine Umlaufbahn um diese Planeten

zu bringen, um so einen LASER mit gigantischer Leistung zu erzeugen, der sich für die optische Kommunikation mit fernen Welten eignet.

4. Anwendungen

Für die Anwendungen des LASERs bieten sich vor allem drei Eigenschaften dieses Instruments an, und zwar seine große Leistung, seine Monochromasie und seine Durchstimbarkeit. Diese Eigenschaften werden im Anwendungsbereich sowohl einzeln als auch kombiniert ausgenutzt. Schon die Vielzahl von Lasertypen sowie deren unterschiedliche Leistungsdaten lassen ein breites Anwendungsspektrum erwarten. Daher können hier nur die wichtigsten Einsatzmöglichkeiten genannt werden, wovon wiederum exemplarisch zwei Beispiele etwas ausführlicher dargestellt werden sollen, und zwar je ein Beispiel aus der Laserchirurgie und aus dem Bereich der Energieversorgung.

Gebündelte Laserstrahlen werden z. B. zum Verdampfen hochschmelzender Metalle eingesetzt. So können auch in härteste Werkstoffe feinste Löcher gebohrt werden. Da bei der Laserstrahlung ein breites Frequenzband zur Verfügung steht, werden zur Zeit Verfahren zur Modulation von Laserstrahlen für die Nachrichtenübermittlung entwickelt. Wegen der hohen Kohärenz ihrer Strahlung sind Laser auch hervorragende Strahlungsquellen für die Holographie (Erzeugung räumlicher Bilder). Schließlich werden LASER eingesetzt zum Schneiden, Schmelzen, Schweißen (Metalle, Keramik, Kunststoffe, Diamanten), zum Löten, zur Landvermessung, zur Längenmessung, für Leitstrahlsteuerungssysteme (Tunnelbauten), zur Reaktionssteuerung in der Chemie (Fotochemie), zur Isotopentrennung, in der Chirurgie und zur Kernverschmelzung (LASER-Fusion). Wie eingangs erwähnt, sollen aus diesem großen Anwendungsspektrum zwei Beispiele etwas ausführlicher beschrieben werden.

In der Chirurgie wird üblicherweise ein Skalpell eingesetzt. Dabei sind auftretende Blutungen in der Regel unvermeidlich. Durch Abklemmen der Gefäße oder andere Möglichkeiten sind diese Blutungen jedoch beherrschbar. Dies kann jedoch nicht ohne weiteres auf alle Körperteile bzw. Organe übertragen werden. Ein typisches Beispiel dafür ist das Lebergewebe. Die Leber ist extrem stark von Blutgefäßen durchsetzt, so daß nach einem Schnitt eine Blutstillung kaum möglich ist. Wenn ein operativer Eingriff (Geschwulst oder Leberriß) an der Leber erforderlich wird, muß der Chirurg oft einen ganzen Bereich der Leber entfernen. Beim Einsatz eines LASERs können jedoch in diesem Organ Schnitte ohne auftretende Blutung (blutrockene Schnitte) durchgeführt werden. Dazu wird die Laserstrahlung mit ausreichender Leistung auf das Gewebe fokussiert. Im Fokussierungsbereich wird die Leber von der absorbierten Strahlung so stark aufgeheizt, daß es zu einem lokalen Kochprozeß kommt. Dadurch wird das Lebergewebe aufgesprengt und letztendlich geschnitten. Daneben führt das Aufheizen dazu, daß das Eiweiß des Gewebes zum Gerinnen

(Koagulieren) gebracht wird. Dieses koagulierte Gewebe verschließt die Blutgefäße der Leber, so daß der erwähnte blutrockene Schnitt resultiert.

Die skizzierte Anwendungsmöglichkeit des LASERs im medizinischen Bereich steht nur beispielhaft für eine Fülle weiterer Anwendungen in der Medizin.

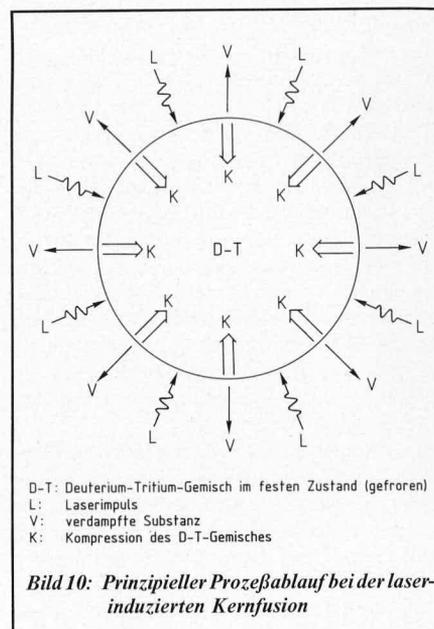
Aus aktuellem Anlaß – Tschernobyl-Unfall – soll abschließend noch eine Einsatzmöglichkeit des LASERs im Bereich der Kerntechnik skizziert werden. Für die Kernenergiegewinnung gibt es grundsätzlich zwei Möglichkeiten. Zum einen können bestimmte schwere Kerne (z. B. Uran-235) unter Energiegewinn gespalten werden. Nach diesem Prinzip arbeiten die derzeitigen Kernreaktoren in verschiedenen Varianten. Man spricht dann von Kernspaltung oder Fission. Zum anderen können leichte Kerne – z. B. Wasserstoffkerne – ebenfalls unter Energiegewinn zu schweren Kernen (z. B. Helium) verschmolzen werden. Man spricht dann von Kernverschmelzung oder Fusion. Die entsprechenden Reaktoren heißen Fusionsreaktoren. Mit großer Sicherheit stellt der Fusionsreaktor die Energiequelle der Zukunft dar, da einmal Wasserstoff auf der Erde in hinreichender Menge vorhanden ist und andererseits die Menge des radioaktiven Abfalls vermutlich geringer ist.

Bekannt ist die Kernfusion bereits heute. Einmal erfolgt die Kernfusion unter außerirdischen Bedingungen im Innern vieler Sterne wie z. B. in der Sonne. Zum anderen erfolgt die Kernfusion unter irdischen Bedingungen bei der Explosion von Wasserstoffbomben, wobei allerdings kein kontrollierbarer Verlauf des Prozesses gegeben ist. Bei Fusionsreaktoren versucht man daher, die langsamere Kernfusion auf der Sonne gesteuert, also beliebig regelbar nachzuahmen. Dazu müssen auch unter irdischen Verhältnissen die extremen Bedingungen, die im Sterninneren herrschen, geschaffen werden, nämlich Temperaturen von etwa 10^8 K, ein Druck von etwa 10^{13} Pa und Dichten von etwa 10^3 g/cm³. Diese Forderungen werden durch das Lawson-Kriterium konkretisiert, das für eine positive Energiebilanz bei der Fusion entscheidend ist. Danach müssen die Teilchendichten und die Einschlußzeit τ bei der erforderlichen Temperatur von 10^8 K die Bedingung erfüllen: $n \cdot \tau \geq 10^{14}$ cm⁻³ · s. Unter diesen Bedingungen befindet sich die Materie im Plasmazustand, d. h. daß sie aus hochaufgeheizten, elektrisch geladenen Gaswolken mit freien Atomkernen und freien Elektronen besteht. Unter diesen Bedingungen können die Wasserstoffkerne die Coulombabstoßungskräfte überwinden und sich wegen ihrer hohen Geschwindigkeit soweit nähern, daß die Kernkräfte wirksam werden und die Wasserstoffkerne miteinander verschmelzen.

Zur Realisierung der gesteuerten Kernfusion werden im wesentlichen zwei Wege beschritten: Einmal werden langlebige Plasmen (etwa 1 s) bei relativ geringer Dichte (mit Konzentrationen von 10^{14} cm⁻³) in großen Volumina von etwa 10^2 m³ erzeugt. Diese Plasmen werden durch extrem starke Magnetfelder (10 T) zusammengehalten

(Tokamak-Anlagen). Die andere Möglichkeit besteht in der Erzeugung kurzlebiger, extrem dichter Plasmen in kleinen Volumina, die trägheitsbedingt zusammengehalten werden. Die Aufheizung erfolgt durch Impulse von LASERn. Daher spricht man hier von laserinduzierter Kernfusion.

Bei der laserinduzierten Kernfusion werden kleine Kugeln (Durchmesser ungefähr 100 μ m), die im Innern ein festes (gefrorenes) Gemisch aus Deuterium und Tritium enthalten, konzentrisch aus verschiedenen Richtungen mit Hochleistungs-LASERn bestrahlt (vgl. Abb. 10). Dabei wird Helium als Abbrand erzeugt. Deuterium und Tritium sind Wasserstoff-Isotope. Ersteres kann aus dem Meerwasser gewonnen werden und liegt damit nahezu in unbegrenzter Menge vor. Das Wasserstoff-Isotop Tritium wird durch Beschuß von Lithium mit Neutronen gewonnen, die bei der Umwandlung von Deuterium und Tritium zum Helium auftreten.



Bei der Bestrahlung des Deuterium-Tritium-Kügelchens mit LASERn wird dieses so stark aufgeheizt, daß es in den Plasmazustand übergeht. Dabei werden die äußersten Schichten des Kügelchens abgedampft. Aus Gründen der Impulserhaltung erhält dann das verbleibende Material einen nach innen gerichteten Impuls, so daß es zu einer Kompression der inneren Zonen des Tröpfchens kommt. Durch die Kompression können so große Dichten erreicht werden, daß das Lawson-Kriterium erfüllt wird und somit Fusion eintritt.

Für die laserinduzierte Kernfusion werden NeodymlASER und CO₂-LASER eingesetzt, wobei jeweils 20 bis 30 Einheiten erforderlich sind. Im Bau- bzw. im Versuchsstadium befindliche Anlagen zur laserinduzierten Kernfusion erbringen dabei Leistungen zwischen 100 und 300 TW mit Pulsenergien von etwa 10^5 Js. Dabei werden Plasmadichten zwischen 100 und 300 g/cm³ erreicht. Man nimmt an, daß für eine wirtschaftliche Energiegewinnung Pulse von etwa 2000 TW benötigt werden. Prognostiziert wird, daß ein erstes Fusionskraftwerk in den Jahren 2010 bis 2020 im Versuchsstadium laufen könnte.

V 24-Schnittstellentester SST 7000



Der ELV-Schnittstellentester SST 7000 ist sowohl zum einfachen und problemlosen Test von V 24/RS 232 C-Schnittstellen geeignet, als auch zur Verbindung zweier entsprechender Schnittstellen untereinander konzipiert. Die Anzeige der logischen Zustände erfolgt hierbei über insgesamt 26 Leuchtdioden. Folgende Testmöglichkeiten stehen zur Verfügung.

- Test der logischen Zustände einer V 24/RS 232 C-Schnittstelle.
- Test sämtlicher Handshake-Leitungen von zwei V 24/RS 232 C-Schnittstellen gleichzeitig.
- Zusätzliche Anzeige der logischen Zustände der beiden Datenleitungen einer Schnittstelle vor der Verbindung sowie gemeinsam nach der Verbindung.
- Über ein Steckfeld können sämtliche Handshake-Leitungen absolut frei wählbar miteinander verbunden werden (jede mit jeder).
- Möglichkeit zur Aufschaltung von Festpegeln auf jede Leitung.
- Rückführung eigener Leitungen auf dieselbe Schnittstelle ist möglich.

Allgemeines

Eine V 24/RS 232 C-Schnittstelle ist eine serielle Schnittstelle, bei welcher die Daten, wie der Name schon sagt, seriell, d. h. nacheinander, übertragen werden. Vielfach findet man auch die Bezeichnung RS 232 C-Schnittstelle, die mit der V 24 weitgehend identisch ist.

Bei den genannten Stecker-Buchsen-Verbindungen handelt es sich um 25polige Subminiatur-Steckverbinder. Von den 25 möglichen Anschlußpins werden in der

Praxis jedoch maximal 10 belegt (von Ausnahmen einmal abgesehen). Die Bezeichnung und Bedeutung der einzelnen Pins ist der Übersichtlichkeit halber in Tabelle I dargestellt.

Bild 1 zeigt den möglichen zulässigen Spannungsverlauf der logischen Pegel, der von -15 V bis +15 V reicht.

Die Pegelbezeichnung wird in negativer Logik vorgenommen, d. h. eine logische „1“ entspricht einem negativen Pegel und eine logische „0“ einem positiven Pegel.

Gebräuchlicher ist in diesem Zusammenhang die Bezeichnung „Mark“ für negativen Pegel und „Space“ für positiven Pegel. Aus Gründen der Übersichtlichkeit wollen wir bei unserer Beschreibung die Bezeichnungen „negativer Pegel“ und „positiver Pegel“ verwenden.

Die Pegel selbst besitzen eine verhältnismäßig große Toleranzbreite, d. h. im Bereich von -15 V bis -3 V ist der negative Pegel (logische „1“ entsprechend „Mark“) und im Bereich von +3 V bis +15 V der positive Pegel (logische „0“ entsprechend „Space“) definiert. 0 V sowie der gesamte Bereich von -3 V bis +3 V wird als offener Eingang, bzw. Ausgang gewertet.

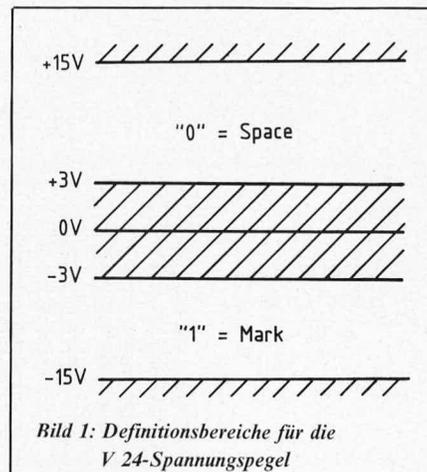
Mit dem ELV-Schnittstellentester SST 7000 können sowohl V 24/RS 232 C-Schnittstellen einzeln getestet werden, als auch Verbindungen zwischen 2 entsprechenden Schnittstellen hergestellt werden. Die logischen Zustände aller Handshake-Leitungen beider Schnittstellen werden hierbei gleichzeitig und vollkommen unabhängig voneinander angezeigt.

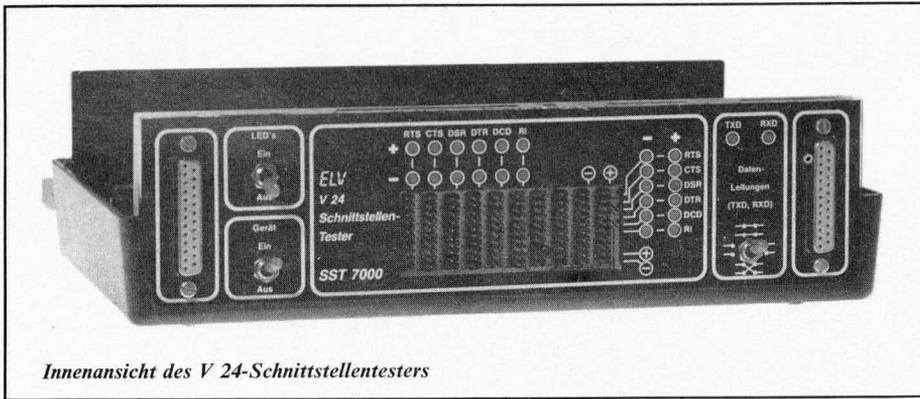
Über ein von der Frontplatte her zugängliches übersichtliches Steckfeld kann jede Handshake-Leitung der einen Schnittstelle mit der Handshake-Leitung der zweiten, und umgekehrt, verbunden werden, wobei auch die Auflegung fester Pegel möglich ist.

Tabelle I

Pins	Abk.	Bezeichnung/Funktion
1	FG	Frame Ground Schutzerde
2	TxD	Transmit Data
3	RxD	Receive Data
4	RTS	Request to send
5	CTS	Clear to send
6	DSR	Data set ready
7	GND	Ground
8	DCD	Bezugspunkt der Signale Data carrier detect
9-19		unbelegt
20	DTR	Data terminal ready
21		unbelegt
22	RI	Ring indicator
23-25		unbelegt

Pin 1 und 7 immer durchverbunden





Innenansicht des V 24-Schnittstellentesters

Die beiden Datenleitungen können sowohl direkt, als auch über Kreuz durch einen Kippschalter verbunden sowie unterbrochen werden. Auch hier wird der Zustand über LEDs angezeigt.

Darüber hinaus bietet der SST 7000 die Möglichkeit, konstante Pegel anzuschalten sowie Signale einer Schnittstelle auf sich selbst zurückzuführen (zu Simulationszwecken).

Durch die Vielzahl der mit dem SST 7000 zur Verfügung stehenden Möglichkeiten handelt es sich um ein universell einsetzbares Gerät, das angesichts der vielfältigen Verbindungsmöglichkeiten und Verbindungsarten gute Dienste leistet.

Im folgenden wollen wir nun auf die Bedienung und Funktion des ELV Schnittstellentesters SST 7000 eingehen.

Bedienung und Funktion

Bei der Beschreibung wollen wir die Maximalversion, d. h. alle zur Verfügung stehenden Möglichkeiten des ELV V24-Schnittstellentesters SST 7000 vorstellen.

Mit dem Schalter „Gerät ein“ wird die Elektronik in Betrieb genommen, wobei am Steckverteiler zunächst noch keine Steckplätze belegt sind.

Mit dem Kippschalter „LEDs ein“ werden die Kontroll-LEDs aktiviert. Diese Hauptstromverbraucher können zu einem späteren Zeitpunkt abgeschaltet werden, um die Batterien zu schonen, ohne die eigentliche Funktion des Gerätes zu beeinträchtigen.

Das erste Gerät mit V 24-Schnittstelle kann jetzt an die linke 25polige Buchse angeschlossen werden. An den links über dem Steckverteiler angeordneten 12 Leuchtdioden können nun die logischen Zustände der Handshake-Leitungen abgelesen werden.

Wird der rechts auf der Frontplatte angeordnete Kippschalter „Daten-Leitungen“ in die obere Stellung gebracht, kann abgelesen werden, an welcher der beiden Datenleitungen („TxD“ oder „RxD“) die Ausgangsdaten der angeschlossenen Schnittstelle anliegen. Die entsprechende LED leuchtet schwach, wenn ein konstanter negativer Pegel ansteht, bzw. leuchtet die LED stark beim Anliegen eines fortlaufenden Datenstroms. Hierdurch bietet der SST 7000 zusätzlich die Möglichkeit, zwischen statischem Ausgangssignal und Datenstrom zu unterscheiden.

Bevor das zweite Gerät mit V24-Schnittstelle an die rechte 25polige Buchse angeschlossen wird, ist der Kippschalter „Daten-Leitungen“ wieder in Mittelstellung zu bringen.

Wird der ELV-Schnittstellentester in eine bestehende Verbindung eingeschleift, so ist eine zusätzliche kurze Leitung mit 2 Steckern (25polig Subminiatur) erforderlich.

Ist der Anschluß erfolgt, kann durch Aufleuchten der LED „TxD“ oder „RxD“ erkannt werden, welche dieser beiden Datenleitungen für den Output bereitsteht. Ein statischer negativer Pegel läßt die betreffende LED schwach und ein kontinuierlicher Datenfluß die entsprechenden LED hell aufleuchten.

Aufgrund der bis zu diesem Zeitpunkt durchgeführten Untersuchungen der Daten-Leitungen kann nun die Art der Verbindung dieser Leitungen zwischen den beiden angeschlossenen V 24-Schnittstellen bestimmt werden. Wesentlich ist hierbei, daß Ausgangs- und Eingangs-Daten-Leitungen über Kreuz miteinander zu verbinden sind, d. h. eine Ausgangsleitung wird mit einer Eingangsleitung, und umgekehrt, verbunden.

Leuchtet beim Anschluß der linken V 24-Schnittstelle die LED „TxD“ und beim Anschluß der rechten „RxD“ (oder umgekehrt), handelt es sich also um verschiedene LEDs, so ist der Kippschalter „Daten-Leitungen“ in die obere Stellung zu bringen (direkte Durchverbindung).

Leuchtete hingegen beim Test beider Schnittstellen ein und dieselbe LED auf (beide Male „TxD“ oder beide Male „RxD“), so ist zur Verbindung der Daten-Leitungen der beiden V 24-Schnittstellen der Kippschalter „Daten-Leitungen“ in die untere Stellung zu bringen (Überkreuzverbindung).

Die Verbindung der beiden Daten-Leitungen ist damit abgeschlossen.

Im allgemeinen treten bei falschen Verbindungen keine Schäden auf, da übliche V 24 Treiber/Empfänger sowohl gegen Verpolung, als auch gegen Anlegen direkter positiver oder negativer Versorgungsspannungen kurzschlußfest sind.

Lediglich die \pm Leitungen des Schnittstellentesters dürfen nicht miteinander kurzgeschlossen werden, da hierdurch die Batteriespannungen kurzgeschlossen werden – die LEDs erlöschen.

Auf dem rechts neben dem Kreuzschienen-Verbindungsfeld angeordneten, aus 12 Leuchtdioden bestehenden Anzeigefeld kann jetzt der logische Zustand der Handshake-Leitungen der zweiten rechts auf der Frontplatte angeordneten V 24-Schnittstelle abgelesen werden.

Diese Anzeige erfolgt gleichzeitig mit der Anzeige der Zustände der entsprechenden Leitungen der links angeschlossenen V 24-Schnittstelle.

Über das Kreuzschienen-Verbindungsfeld können nun die Handshake-Leitungen der linken Stelle in absolut frei wählbarer Weise mit den Handshake-Leitungen der

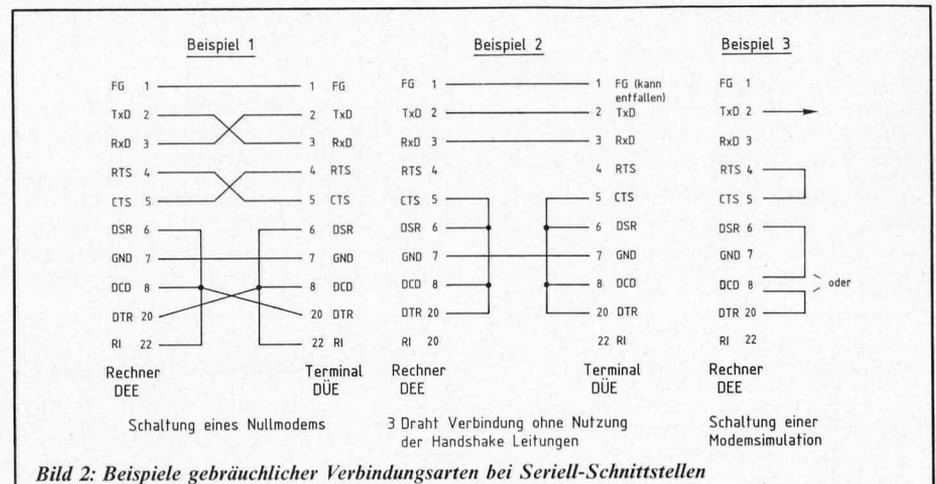


Bild 2: Beispiele gebräuchlicher Verbindungsarten bei Seriell-Schnittstellen

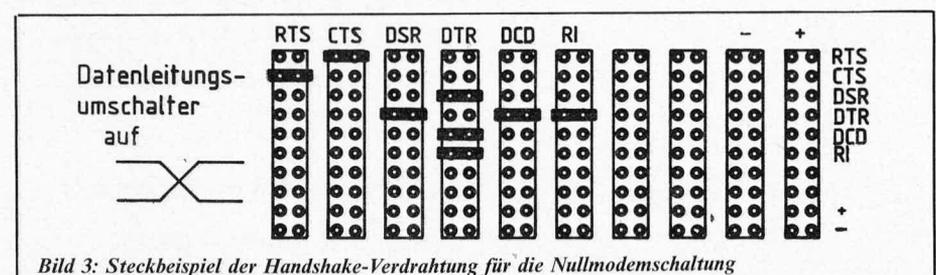


Bild 3: Steckbeispiel der Handshake-Verdrahtung für die Nullmodemschaltung

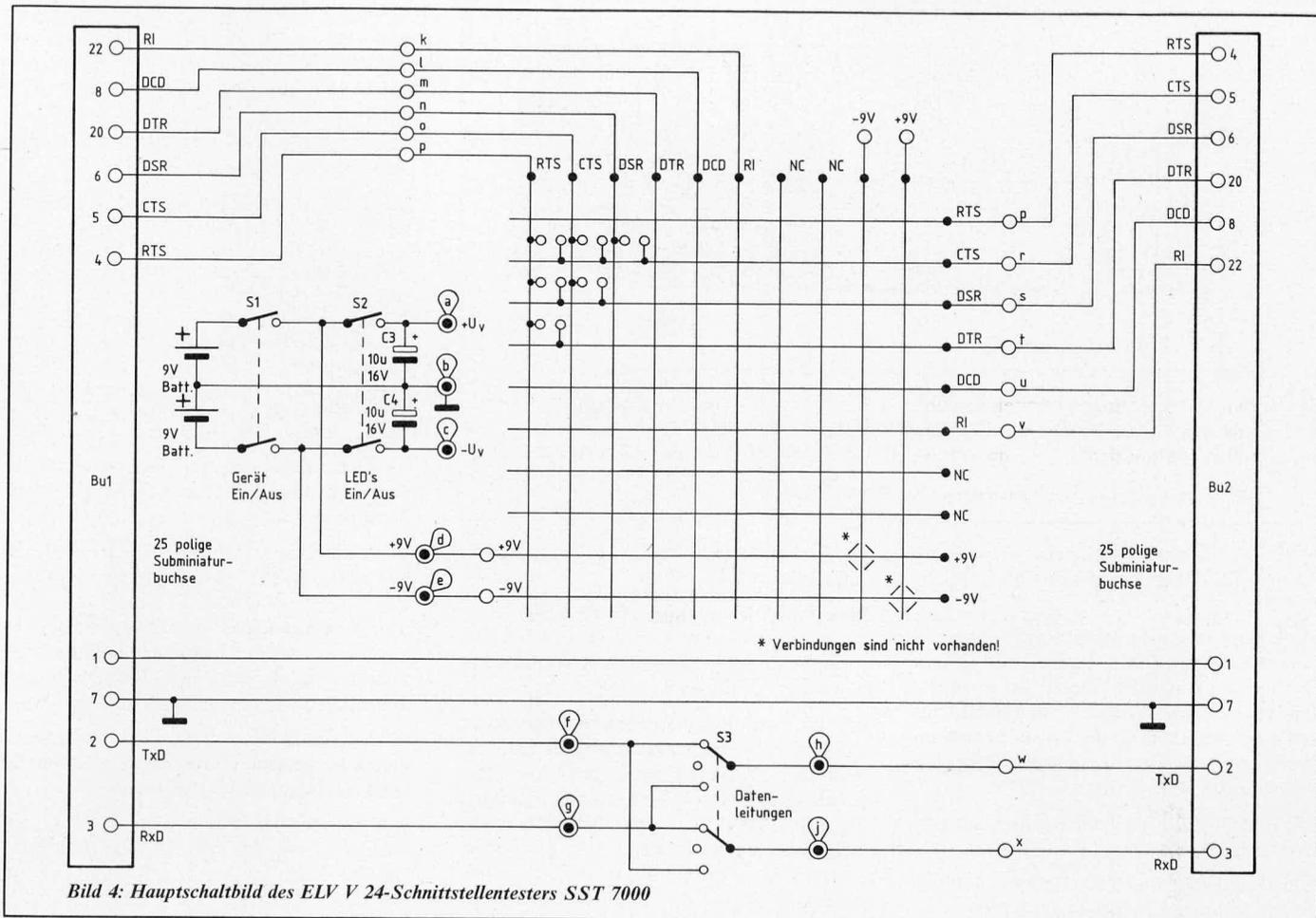


Bild 4: Hauptschaltbild des ELV V 24-Schnittstellentesters SST 7000

rechten Schnittstelle, und umgekehrt, verbunden werden.

Die Treiberausgänge des angeschlossenen Gerätes aktivieren, wie vorstehend beschrieben, eine der beiden zugehörigen LEDs. Jetzt kann jeder Eingang, je nach Bedarf mit einem noch freien Ausgang verbunden werden.

Mit Spalten werden hierbei die senkrechten Kreuzschienen-Verbindungsleitungen und mit Zeilen die waagerechten Kontaktreihen des Kreuzschienen-Verbindungsfeldes bezeichnet.

Soll z. B. die Leitung „RTS“ der linken Schnittstelle mit der Leitung „RTS“ der rechten Schnittstelle verbunden werden, so ist ein Steckverbinder in die linke obere Ecke des Kreuzschienen-Verbindungsfeldes zu setzen, d. h. die beiden entsprechenden Stifte werden über einen Kurzschlußstecker zusammengeschaltet.

Soll die Leitung „RTS“ der linken Schnittstelle hingegen mit „CTS“ der rechten Schnittstelle verbunden werden, so ist der Steckverbinder ebenfalls in der linken Spalte, jedoch einen Steckplatz tiefer, zu setzen.

In derselben Art können sämtliche anderen Handshake-Leitungen verschaltet werden.

Es besteht auch die Möglichkeit an einem Ausgang mehrere Eingänge zu legen.

Darüber hinaus kann jede einzelne Leitung mit einem positiven oder einem negativen Pegel („+“ oder „-“) beaufschlagt werden.

Soll an die Leitung „RTS“ der linken Schnittstelle ein negativer Pegel gelegt werden, so ist ein Steckverbinder in der linken

Spalte an der untersten Position einzustecken.

Soll an die Leitung „RTS“ der rechten Schnittstelle ein negativer Pegel angelegt werden, so ist in der zweiten Spalte von rechts („-“) an der obersten Stelle ein Steckverbinder einzusetzen. Für einen positiven Pegel wäre der Steckverbinder in der rechten Spalte an oberster Stelle (also rechts oben im Kreuzschienen-Verbindungsfeld) einzusetzen.

Mit den vorstehend beschriebenen Möglichkeiten ist die Anwendungsvielfalt des ELV V 24-Schnittstellentesters SST 7000 jedoch noch nicht zu Ende. Zusätzlich besteht nämlich noch die Möglichkeit, von jeder der beiden Schnittstellen 2 Handshake-Leitungen auf sich selbst zurückzuführen.

Dies ist für verschiedene Simulationen besonders günstig.

Für die rechte Schnittstelle stehen hierfür 2 nicht bezeichnete Spalten (NC) zur Verfügung und für die linke Schnittstelle in gleicher Weise zwei nicht bezeichnete Zeilen.

Soll z. B. die Leitung „RTS“ der rechten Schnittstelle mit der Leitung „CTS“ derselben Schnittstelle verbunden werden, so wird in der dritten Spalte von rechts, also links neben der „-“ Spalte an oberster Stelle (RTS) sowie an zweitoberster Stelle (CTS) ein Steckverbinder gesetzt – die beiden Leitungen sind miteinander verschaltet. Da noch eine zweite nicht belegte Spalte zur Verfügung steht, kann diese Möglichkeit doppelt genutzt werden. Für die linke Schnittstelle stehen in gleicher Weise

2 waagrecht verlaufende Zeilen (oberhalb der „+“-Zeile) zur Verfügung.

Zur besseren Veranschaulichung sind in Bild 2 3 der gebräuchlichsten Verbindungsarten aufgezeigt. Für das erste Beispiel ist zusätzlich in Bild 3 die Ansicht des bestückten Kreuzschienen-Verbindungsfeldes mit den erforderlichen Steckverbindern dargestellt. Die Bezeichnung „DEE“ bedeutet „Dateneneinrichtung“ (z. B. Rechner) und „DÜE“ bedeutet „Datenübertragungseinrichtung“ (z. B. Terminal).

Nachdem die Schnittstellen in vorstehend beschriebener Weise in Betrieb genommen wurden, empfiehlt es sich, über den Schalter „LEDs ein“ diese abzuschalten, damit der Stromverbrauch minimiert wird. In dieser Stellung kann das Gerät über längere Zeit betrieben werden. Sind die „+“- und „-“-Schienen nicht belegt, ist die Betriebsdauer sogar unbegrenzt, da der Schaltung kein Strom entnommen wird.

Zur Schaltung

In Bild 4 ist das Hauptschaltbild des ELV V 24-Schnittstellentesters SST 7000 dargestellt. Links und rechts sind die beiden Buchsen zu sehen.

Die Handshake-Leitungen (Pins 4, 5, 6, 20, 8, 22 der linken Buchse) werden auf die linken 6 Spalten des Kreuzschienen-Verbindungsfeldes geführt. Die Spalten 7 und 8 sind unbelegt, während Spalte 9-9V (negativer Pegel) und Spalte 10 +9V (positiver Pegel) führt. Von jeder dieser senkrechten

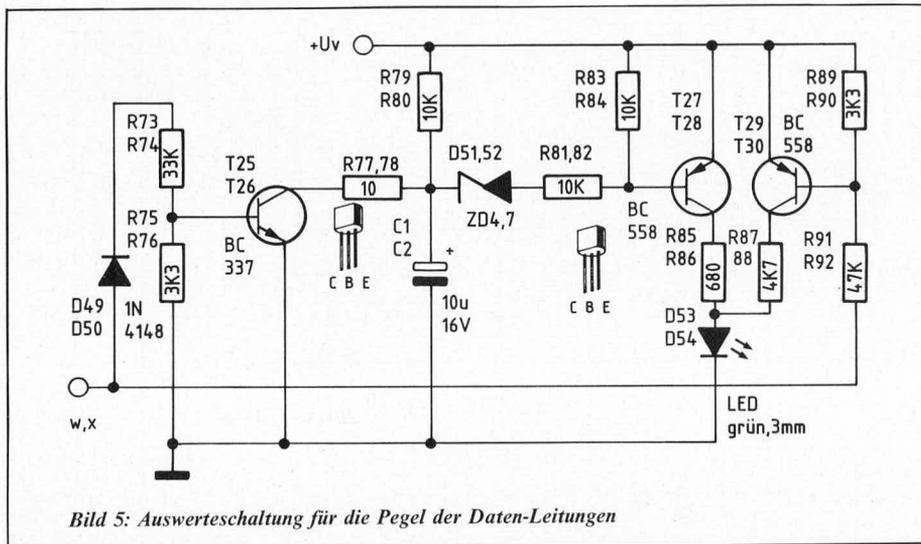


Bild 5: Auswerteschaltung für die Pegel der Daten-Leitungen

Spalten aus kann eine beliebige andere waagrecht dazu verlaufende Zeile erreicht werden.

Die Handshake-Leitungen der rechten Schnittstelle sind in 6 waagrecht zu den Spalten verlaufenden Zeilen angeordnet. Die waagrechten Zeilen 7 und 8 sind ungeschaltet, während Zeile 9 mit positivem Pegel und Zeile 10 mit negativem Pegel beaufschlagt wird.

Die Leitungen 1 und 7 der Buchsen sind direkt durchverbunden.

Die Daten-Leitungen 2 und 3 stehen über einen 2poligen Umschalter mit Mittelstellung miteinander in Verbindung, d. h. sie können direkt, über Kreuz oder gar nicht verbunden werden.

Mit dem 2poligen Kippschalter S 1 kann das Gerät insgesamt ausgeschaltet werden, wobei der zusätzliche Schalter S 2 die Versorgung der Leuchtdioden mit der entsprechenden Elektronik separat trennen kann (zur Stromersparung im Dauerbetrieb).

Als nächstes kommen wir zur Beschreibung der Elektronik zur Auswertung der Signalpegel.

In Bild 5 ist die Schaltung zur Auswertung der beiden Daten-Leitungen „TxD“ und „RxD“ dargestellt. Diese Schaltung ist in identischer Form zweimal vorhanden. Im Schaltbild befinden sich daher an jedem Bauteil 2 Bezeichnungen.

Die Leitung „w“ ist mit Pin 2 der rechten 25poligen Buchse und die Leitung „x“ mit Pin 3 derselben Buchse fest verbunden.

Da die Funktion beider Schaltungen identisch ist, begnügen wir uns mit der Beschreibung einer Einheit.

Liegt an „w“ ein negativer Pegel an, wird T 29 durchgesteuert und D 53 leuchtet schwach auf, gespeist über R 87.

Liegt aber an „w“ ein Datenflußsignal an (Spannung ändert sich fortlaufend zwischen positivem und negativem Pegel), wird über D 49, R 73 der Transistor T 25 durchgesteuert, der seinerseits über R 77 den Kondensator C 2 entlädt. Daraufhin wird über D 51, R 81 der Transistor T 27 durchgesteuert und D 53 leuchtet hell auf. Insgesamt arbeitet die Schaltungskonfiguration T 25, T 27 mit

Zusatzbeschaltung in der Art eines nachtriggerbaren Monoflops.

Die Unterscheidung zwischen hell und schwach leuchtend ergibt sich durch den verhältnismäßig großen Unterschied der Vorwiderstände R 85 zu R 87.

Der Vollständigkeit halber sei angemerkt, daß D 53 ebenfalls hell aufleuchten würde, wenn an „w“ konstant ein positiver Pegel anstünde. Dies ist jedoch ein nicht üblicher Betriebsfall, so daß die Unterscheidung hell/dunkel aufleuchtend eine gute Aussagefähigkeit im Hinblick auf statischen negativen Pegel, bzw. Datenfluß bietet.

In Bild 6 ist die Auswerteschaltung für die Pegel der Handshake-Leitungen (RI, DCD, DTR, DSR, CTS, RTS) gezeigt. Dieser Schaltungsteil ist somit 12 mal vorhanden, d. h. 6 mal für die linke, und 6 mal für die rechte Schnittstelle.

Angesteuert wird die Schaltung durch die Punkte „k, l, m, n, o, p“ von der linken Schnittstelle sowie „p, r, s, t, u, v“ von der rechten Schnittstelle.

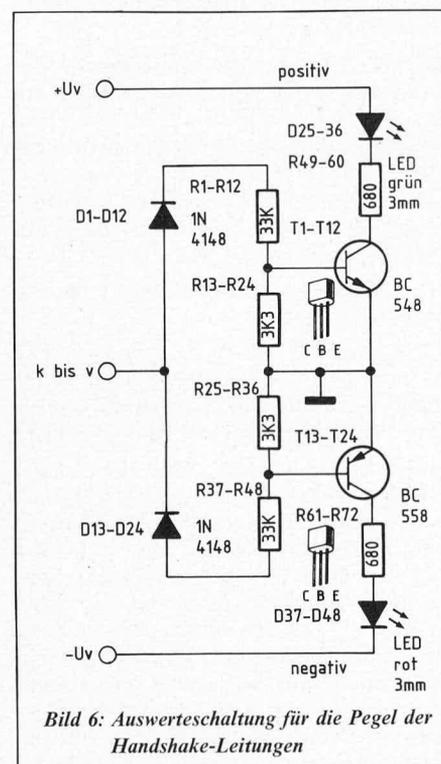


Bild 6: Auswerteschaltung für die Pegel der Handshake-Leitungen

Im Schaltbild ist jedes Bauteil zwölfmal bezeichnet (z. B. D 1 bis D 12), dem Umstand Rechnung tragend, daß das betreffende Schaltungsteil zwölfmal in identischer Form vorhanden ist. Bei der folgenden Beschreibung wollen wir uns daher mit einer Einheit begnügen.

Liegt am Schaltungspunkt „k“ ein Signal um ca. 0 V an (größer als ca. -3 V und kleiner als ca. +3 V), so sind die Transistoren T 1 und T 13 gesperrt, d. h. D 25 und D 37 sind erloschen.

Erhöht sich die Spannung und liegt im Bereich zwischen +3 V und +15 V, wird T 1 über D 1, R 1 durchgesteuert. In der Folge fließt über R 49 und D 25 Strom, d. h. D 25 leuchtet auf als Kennzeichnung, daß ein positiver Pegel am Schaltungspunkt „k“ und damit an der Leitung „RI“ der linken Schnittstelle anliegt.

Sinkt die Spannung unter ca. -3 V, d. h. am Schaltungspunkt „k“, liegt ein negativer Pegel an, wird jetzt T 13 über D 13, R 37 durchgesteuert und über R 61, D 37 fließt ein Strom, der D 37 zum Aufleuchten veranlaßt - an der Leitung „RI“ der linken Schnittstelle liegt ein negativer Pegel an.

In gleicher Weise arbeiten die 11 übrigen, gleich aufgebauten Schaltungsteile für die anderen Handshake-Leitungen.

Mit S 2 werden, wie bereits erwähnt, sowohl die Leuchtdioden, als auch gleichzeitig die Spannungen für die zugehörige Auswerteelektronik zur Einsparung von Batteriestrom abgeschaltet.

An den Handshake-Leitungen liegen normalerweise nur statische Pegel an, die im allgemeinen nur bei Statusänderungen an Rechner oder Terminal wechseln.

Zum Nachbau

Die gesamte Schaltung wird auf einer einzigen übersichtlich gestalteten Leiterplatte angeordnet.

Da es sich um eine große Leitungsvielfalt handelt, nicht zuletzt durch das Kreuzschienen-Verbindungsfeld, wurde der Einsatz einer doppelseitig durchkontaktierten Leiterplatte erforderlich. Mit Ausnahme der 3 Kippschalter finden sämtliche Bauelemente, einschließlich der beiden 25poligen Buchsen, auf der Platine Platz, so daß der Verdrahtungsaufwand minimiert werden konnte und der Nachbau ein Höchstmaß an Sicherheit erreicht.

Zunächst werden in gewohnter Weise anhand des Bestückungsplanes die passiven und anschließend die aktiven Bauelemente auf die Platine gesetzt und verlötet. Die Elkos sind hierbei liegend einzubauen.

Die 10 Spaltenkontaktreihen für das Kreuzschienen-Verbindungsfeld werden mit den kurzen Stiftseiten zur Leiterplatte weisend bis zum Anschlag eingesetzt und auf der Platinenrückseite verlötet.

Die beiden Buchsenleisten sind unter Zwischenfügen von jeweils 2 5 mm hohen Abstandsrollchen auf die Platine zu setzen und festzulöten.

Die 25 Lötstifte einer jeden Buchse stehen hierbei nur minimal (weniger als 1 mm) auf

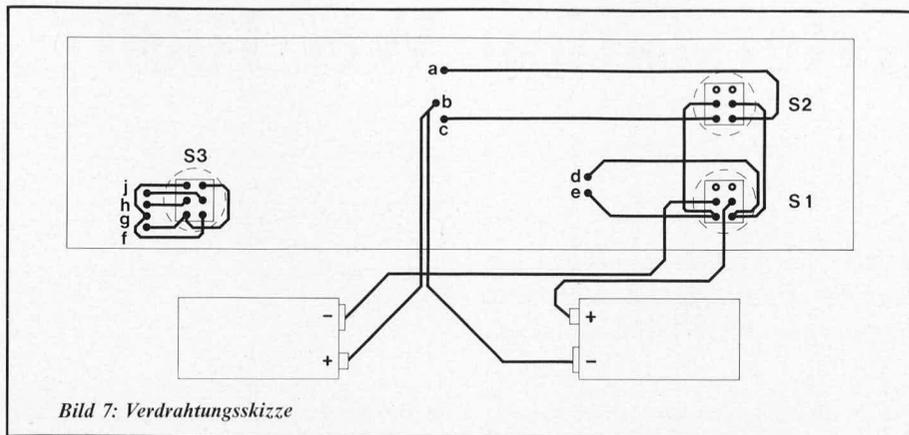


Bild 7: Verdrahtungsskizze

der Leiterbahnseite der Platine hervor, wo sie anschließend zu verlöten sind.

Auf der Platinenrückseite werden 9 Lötstifte angelötet zum Anschluß der Platinenanschlußpunkte „a, b, c, d, e, f, g, h, j“. Die Verdrahtung der 3 Kippschalter sowie der Anschluß der beiden 9 V-Blockbatterien ist aus Bild 7 ersichtlich.

Die beiden 9 V-Blockbatterien können im einfachsten Fall über Klebeband im Gehäuse fixiert werden, wobei die günstigere Lösung, vor allem in Hinblick auf häufigen Geräteeinsatz, das Einbringen von 2 Batteriekästen in die Gehäuserückwand darstellt. Hierzu sind entsprechende Aussparungen in die Kunststoffrückwand einzusägen, so daß die Batteriekästen von der Außenseite eingesetzt werden können. Sie besitzen eine Schnapphalterung und sind ohne weitere Verschraubung hierdurch festzusetzen. Voraussetzung ist hierfür ein sauberes Arbeiten beim Einbringen der entsprechenden Aussparungen in der Rückwand.

Die Verbindung der beiden 9 V-Blockakkus mit der Platine bzw. dem Haupt-Kippschalter S 1 erfolgt über 2 Batterieclips anhand der Abbildung 7.

Die 3 Kippschalter werden zuvor von der Platinenrückseite durch die entsprechenden großen Platinenbohrungen in die Frontplatte eingesetzt und auf der Vorderseite verschraubt.

Die Befestigung der Leiterplatte selbst erfolgt durch 4 Schrauben M 3 x 15 mm, die von der Frontplatte aus durch die Befestigungsbohrungen der beiden Buchsen und weiterhin durch die 5 mm hohen Abstandsrollchen und die Leiterplatte gesetzt werden. Auf der Platinenrückseite erfolgt dann das Festschrauben mit jeweils einer Mutter M 3.

Nachdem die Gehäuseoberhalbschale aufgesetzt und verschraubt wurde, steht dem Einsatz dieses nützlichen und interessanten V 24-Schnittstellentesters nichts mehr im Wege.

Stückliste: V 24 – Schnittstellentester

Widerstände

10 Ω	.....	R 77, R 78
680 Ω	....	R 49–R 72, R 85, R 86
3,3 kΩ	...	R 13–R 36, R 75, R 76, R 89, R 90
4,7 kΩ	.....	R 87, R 88
10 kΩ	.....	R 79–R 84
33 kΩ	.....	R 1–R 12, R 37–R 48, R 73, R 74
47 kΩ	.....	R 91, R 92

Kondensatoren

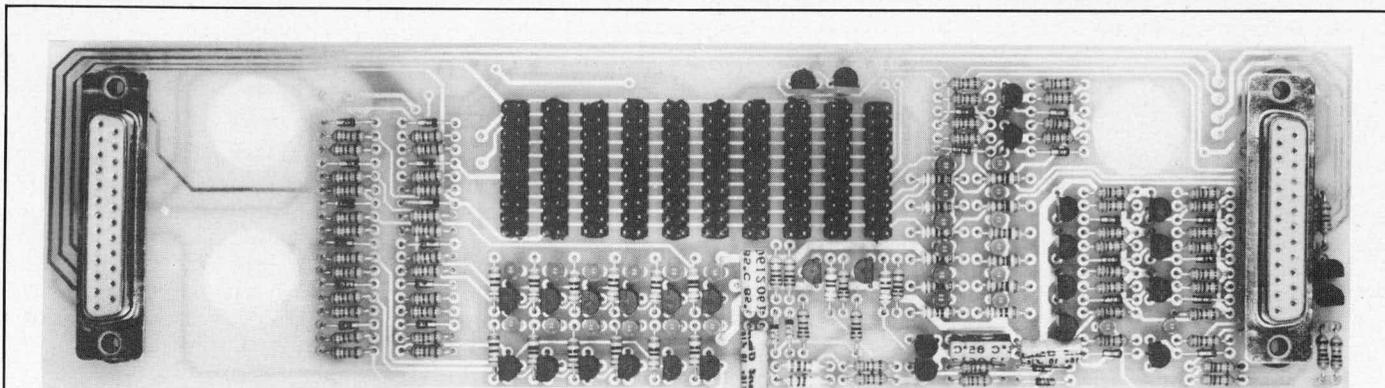
10 µF/16 V	C 1–C 4
------------	-------	---------

Halbleiter

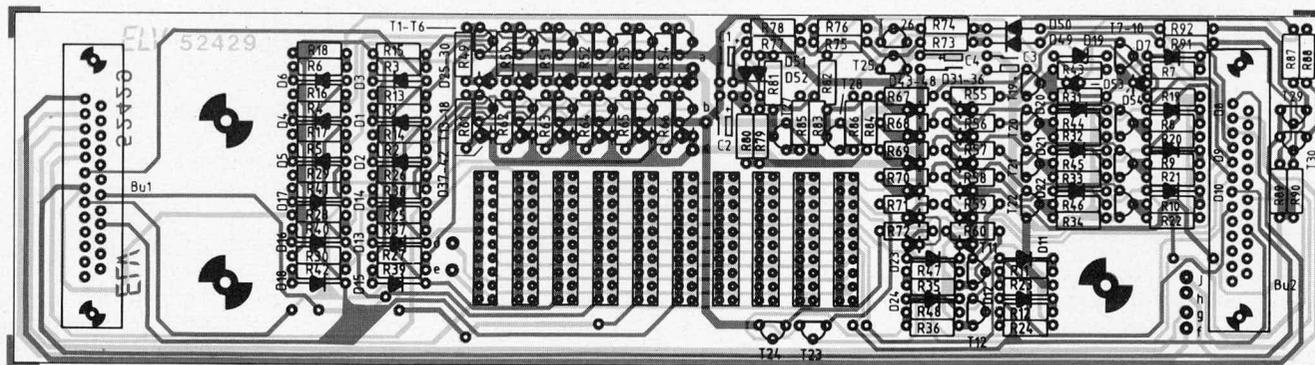
BC 548	.....	T 1–T 12
BC 558	....	T 13–T 24, T 27–T 30
BC 337	.....	T 25, T 26
1N4148	...	D 1–D 24, D 49, D 50
ZPD 4,7	.....	D 51, D 52
LED, grün, 3 mm	....	D 25–D 36, D 53, D 54
LED, rot, 3 mm	....	D 37–D 48

Sonstiges

- 10 Pfostensteckverbinder 20 pol.
- 2 Subminiatur Buchsen 25 pol.
- 4 Abstandsrollchen 5 mm
- 2 9 V-Batterieclips
- 1 Schalter 2 x um +0
- 10 Codierstecker
- 4 Schrauben M 3 x 15
- 50 cm Schaltlitze
- 2 Schalter 2 x um
- 4 Muttern M 3
- 9 Lötstifte



Ansicht der fertig bestückten Platine des ELV V 24-Schnittstellentester SST 7000



Bestückungsplan des ELV V 24-Schnittstellentesters SST 7000 (Leiterbahnbild: Lötseite ≙ dunkelgrau Bestückungsseite ≙ hellgrau)

Elektronik-Wetterstation WS 1000

Teil 5

In diesem fünften und gleichzeitig letzten Teil stellen wir Ihnen die komplette Beschreibung der Kalibrierung vor. Damit steht dem Einsatz dieser kompakt aufgebauten, leistungsfähigen Wetterstation nichts mehr im Wege.

Zur Kalibrierung

Bei der Elektronik-Wetterstation WS 1000 handelt es sich um ein komfortables und aufwendiges Wetterdatenmeßsystem, das aufgrund seiner technischen Konzeption in der Lage ist, eine hohe Präzision der ermittelten und angezeigten Meßwerte sicherzustellen. Damit die volle Leistungsfähigkeit des Gerätes aber auch tatsächlich erreicht werden kann, ist eine sorgfältige Einstellung, d. h. Kalibrierung der einzelnen Meßwertaufnehmer von ganz wesentlicher Bedeutung. Diesen Punkten wurde daher bei der Entwicklung bereits Rechnung getragen. Das ELV Ingenieurteam hat daher eine Kalibrieranleitung ausgearbeitet, die mit einfachen Mitteln für sämtliche Meßvorgänge einen zuverlässigen Abgleich erlaubt. Nachfolgend sind die einzelnen Abgleichvorgänge der Reihe nach ausführlich beschrieben.

Abgleich der Temperaturmeßstellen

Als erstes wird für beide Temperaturmeßstellen der Nullpunkt eingestellt. Hierzu wird eine Thermoskanne aus einem Gemisch von kleingestoßenen Eiswürfeln und Wasser mindestens bis zur Hälfte gefüllt. Der Wasseranteil darf hierbei maximal $\frac{1}{3}$ betragen, d. h. der Anteil der kleingestoßenen Eiswürfel muß unbedingt überwiegen. Wird dieses Eis-Wasser-Gemisch kontinuierlich, d. h. nicht zu schnell gerührt, kann man davon ausgehen, daß sich eine Temperatur von genau $0,00^{\circ}\text{C}$ einstellt. Voraussetzung ist allerdings, daß sowohl für die Eiswürfel als auch für das hinzugefügte Wasser ausschließlich destilliertes Wasser verwendet wird. Zu schnelles Rühren ist zu vermeiden, da dies wiederum Reibung und Wärmeerzeugung bedeutet.

In diesem kontinuierlich gerührten Eis-Wasser-Gemisch werden nun die Temperatursensoren mindestens 5 cm tief eingetaucht, wobei man sorgfältig darauf achtet, daß sie keinen direkten Kontakt zum Rand der Thermoskanne bekommen.

Nachdem die Sensoren mindestens 20 Minuten eingetaucht waren, kann mit dem Spindeltrimmer R 25 der Nullpunkt für die erste Temperaturmeßstelle und mit R 33 der Nullpunkt für die zweite Temperaturmeßstelle exakt eingestellt werden.

Das Verdrehen dieser beiden Spindeltrimmer sowie auch aller übrigen im weiteren Verlauf dieser Kalibrieranleitung beschriebenen Einstellungen muß in kleinen Schritten mit Pausen von mindestens 34 Sekunden erfolgen, da ein kompletter Meßzyklus eben diese Zeitspanne in Anspruch nimmt.

Der zweite Meßpunkt wird zur Einstellung des Skalenfaktors benötigt und wird zweckmäßigerweise mit Hilfe eines Fieberthermometers durchgeführt, das im allgemeinen eine Genauigkeit von $\pm 0,1$ K besitzt. Hierzu geht man wie folgt vor: Nachdem sowohl das Fieberthermometer als auch die Temperatursensoren desinfiziert und gereinigt wurden, mißt man zunächst seine eigene Körpertemperatur, am besten im Mund, mit dem Fieberthermometer.

Nehmen wir einmal an, daß sich eine Anzeige von $36,9^{\circ}\text{C}$ einstellt. Die Temperatursensoren werden dann in den Mund genommen. Nach ca. 3 Minuten kann die Anzeige für die Temperaturmeßstelle 1 mit dem Spindeltrimmer R 29 und die Anzeige für die Temperaturmeßstelle 2 mit dem Spindeltrimmer R 37 auf diesen Wert eingestellt werden. Auch hier muß man sich langsam an die Anzeige „herantasten“, da eine veränderte Einstellung der Spindeltrimmer aufgrund der 34sekündigen Meßzyklusdauer erst verzögert angezeigt wird.

Zur Überprüfung kann man anschließend die beiden Sensoren nochmals in das Eis-Wasser-Gemisch einbringen und kontrollieren, ob sich der Nullpunkt wieder „sauber“ einstellt. Gegebenenfalls sind die Einstellungen von Nullpunkt und Skalenfaktor nochmals zu wiederholen.

Damit ist der Abgleich der Temperaturmeßstellen bereits beendet. Aufgrund der hohen Linearität und Meßwertproduzierbarkeit ist jetzt der gesamte Meßbereich von -40°C bis $+100^{\circ}\text{C}$ kalibriert.

Abgleich der Feuchtemeßstellen

Mit der Elektronik-Wetterstation WS 1000 ist die kontinuierliche Messung der relativen Luftfeuchte über zwei vollkommen getrennt arbeitende und angezeigte Meßstellen mit hoher Genauigkeit möglich. Für die erreichte typische Genauigkeit von 1 % sind normalerweise sehr aufwendige und extrem teure Meßverfahren notwendig, die zudem in ihrer Bedienung meist kompliziert und langwierig sind.

In den ausgedehnten und sorgfältig von der Universität Oldenburg (Arbeitsgruppe Ökochenie und Umweltanalytik) durchgeführten Untersuchungen der hier eingesetzten Feuchtesensoren haben gezeigt, daß sie eine hohe Meßwertproduzierbarkeit erreichen lassen, wobei allerdings die Kalibrierkurve, d. h. der Zusammenhang zwischen relativer Luftfeuchte und elektrischem Meßsignal nicht linear ist. Im weiteren Verlauf der Meßreihen wurde eine sog.

Nenn-Kalibrierkurve entwickelt, die dem zentralen Mikroprozessor der WS 1000 bereits implementiert ist. Durch Parallelverschiebung und Drehung der Kurve der Ausgangsfunktion der tatsächlich angeschlossenen Feuchtesensorschaltungen können diese mit hoher Genauigkeit und Reproduzierbarkeit auf die Nenn-Kalibrierkurve zurückgeführt werden.

Auch wenn vorstehende Beschreibung etwas aufwendig erscheint, so bleibt als Endergebnis die Tatsache, daß mit nur 2 einfach durchzuführenden Abgleichpunkten eine hohe Genauigkeit des angezeigten Meßergebnisses über den gesamten Meßbereich von 0 % bis nahezu 100 % relativer Luftfeuchte erreicht werden kann.

Da für die angestrebte Genauigkeit der Temperaturgang der Feuchtesensoren nicht ausreichend ist, muß eine separate Temperaturkompensation vorgenommen werden. Auch dies ist bereits per Software berücksichtigt, d. h. daß die Temperaturkompensation automatisch vom zentralen Mikroprozessor vorgenommen wird. Voraussetzung hierfür ist lediglich, daß der Temperatursensor 1 in räumlicher Nähe zum Feuchtesensor 1 anzuordnen ist, d. h. beide Sensoren (Feuchte 1 und Temperatur 1 sowie Feuchte 2 und Temperatur 2) müssen ungefähr die gleiche Temperatur besitzen.

Über die Temperaturmessung wird dann der vom Feuchtesensor kommende Meßwert automatisch im zentralen Mikroprozessorsystem umgerechnet, so daß der korrekte Meßwert der relativen Luftfeuchte auf der Anzeige erscheint. Die erste Kalibrierung für beide Feuchtesensoren erfolgt bei einer relativen Luftfeuchte von 75,5 %.

Diese Luftfeuchte kann leicht in jedem Haushalt selbst hergestellt werden. Hierzu muß man lediglich wissen, daß sich über einer gesättigten Kochsalzlösung (NaCl) eine recht genaue und konstante relative Luftfeuchte von 75,5 % einstellt.

Diese gesättigte Kochsalzlösung erreicht man, indem in ein Wasserglas 100 g Kochsalz sowie 100 ml destilliertes Wasser eingefüllt und gut umgerührt wird. Die genaue Dosierung ist von untergeordneter Bedeutung. Es muß sich lediglich um eine gesättigte Kochsalzlösung handeln. Dies erkennt man daran, daß sich nach einer gewissen Zeit am Boden des Wasserglases eine mehr oder weniger hohe Kochsalzschicht absetzt (bei ungesättigter Kochsalzlösung ist die gesamte Salzmenge gelöst und es wird kein Bodensatz sichtbar).

Nachdem die gesättigte Kochsalzlösung angerührt wurde, deckt man das Wasserglas z. B. mit einer Alufolie möglichst luftdicht ab, wobei zuvor ungefähr in der Mitte der erste Luftfeuchtesensor hindurchgesteckt wurde. Da sich die in Haushaltsfachgeschäften erhältliche Alufolie gut allen möglichen Konturen anpaßt, kann der Feuchtesensor nahezu vollkommen luftdicht gegenüber der Außenwelt abgeschirmt werden. Sowohl die Kochsalzlösung als auch die Umgebungstemperatur sollten zwischen 20°C und 25°C liegen, wobei sich der Temperatursensor in unmittelbarer räumlicher Nähe befindet (z. B. mit einem Gummiring am Glas befestigen).

Nach ca. 2stündiger Wartezeit wird sich der angezeigte Meßwert nicht mehr verändern ($\pm 0,5\%$ sind zulässig).

Jetzt wird mit dem Spindeltrimmer R 9 die Anzeige der relativen Luftfeuchte 1 auf 75,5 % eingestellt.

In gleicher Weise verfährt man anschließend mit dem Feuchtesensor 2 (Trimmer R 17), wobei dann selbstverständlich der Temperatursensor 2 am Wasserglas anzuordnen ist.

Sind diese beiden Einstellungen, die zur Parallelverschiebung der Feuchtesensorkurven dienen, durchgeführt, kann als nächstes die Einstellung des Skalenfaktors, d. h. die Drehung der Kurven bei 0 % relativer Luftfeuchte vorgenommen werden.

Hierzu bedient man sich einer körnigen, bläulichen Substanz, dem Silicagel, die Wasserdampf aus der Luft sehr effektiv bindet. In einem geschlossenen Gefäß (z. B. Wasserglas mit Alufolie abgedeckt) wird dadurch eine nahezu absolut trockene Luft mit einer relativen Luftfeuchte kleiner 0,1 % erzeugt. Auch hierbei sollte die Umgebungstemperatur im Bereich zwischen 20°C und 25°C liegen und der zu dem betreffenden Feuchtesensor gehörende Temperatursensor in räumlicher Nähe angeordnet sein.

Ca. 2 Stunden, nachdem der erste Feuchtesensor zur Messung der relativen Luftfeuchte 1 in dem Luftraum oberhalb des Silicagels eingebracht wurde, kann mit dem Spindeltrimmer R 13 die Anzeige auf einen Wert zwischen 0,1 % und 0,2 % eingestellt werden. Auf 0 % sollte die Anzeige nicht gestellt werden, da dies leicht zu einem Kalibrierfehler führen könnte, weil keine negativen Werte vom System angezeigt werden (eine Fehlkalibrierung von z. B. -5 % würde trotzdem auf der Anzeige „00.0 %“ ergeben).

Die Kalibrierung bei 0 % relativer Luftfeuchte der Feuchtemeßstelle 2 erfolgt mit dem Spindeltrimmer R 21.

Sollte der Einstellbereich von R 13 bzw. R 21 nicht ausreichen, so können die Widerstände R 16 bzw. R 24 auf 22 k Ω oder noch weiter verkleinert werden.

Als Besonderheit wollen wir an dieser Stelle noch darauf hinweisen, daß anders als bei der Einstellung der Temperaturmeßstellen bei den Feuchtemeßstellen zuerst die Kalibrierung bei 75,5 % relativer Luftfeuchte und im Anschluß daran als zweiter Kalibrierpunkt die 0 % Einstellung vorgenommen wird.

Das jedem Feuchtesensorbausatz beigefügte Silicagel ist weitgehend harmlos, sollte allerdings vor Kindern sicher aufbewahrt werden.

Achtung: Das Silicagel ist nur funktionsfähig, wenn es intensiv blau gefärbt ist. Tritt ein Farbton in der Richtung blaß-violett bzw. rosa auf, so muß das Silicagel vor der Messung regeneriert werden. Hierzu wird es im Backofen auf einem Stück Alufolie solange bei ca. 200°C erhitzt, bis die intensive blaue Färbung wieder vorliegt. Im Umluft-Backofen muß das Silicagel allerdings vor Wegfliegen gesichert werden. Nach der Regeneration kann das Silicagel wieder eingesetzt werden, bis erneut die Verfärbung nach violett die Notwendigkeit der Regeneration anzeigt.

Damit ist die Einstellung der Luftfeuchtemeßstelle bereits abgeschlossen.

Nach den von der Universität Oldenburg durchgeführten ca. einjährigen Untersuchungen weisen die hier eingesetzten Luftfeuchtesensoren eine hohe Meßwertreproduzierbarkeit auf, wobei allerdings in den ersten 6 Monaten Alterungserscheinungen auftreten, die im Bereich von einigen Prozenten die Meßwerte verfälschen können. Es empfiehlt sich daher, nach ca. 6 bis 9 Monaten eine Neukalibrierung durchzuführen. Zu diesem Zeitpunkt ist der Alterungsprozeß nahezu vollständig abgeschlossen, so daß nach erfolgter Neukalibrierung die Luftfeuchtesensoren langfristig ihren Dienst tun, ohne daß eine weitere Kalibrierung erforderlich wird. Beim Einsatz in „rauer“ Umgebungsluft sollte aber trotzdem in regelmäßigen Abständen (ca. alle 2 Jahre) zumindest eine Überprüfung vorgenommen werden.

Kalibrierung der Luftdruckmessung

Als erstes wird die Temperaturkompensation des Luftdrucksensors DS 301 des Typs KPY 10 durch Einstellung des Spindeltrimmers R 303 vorgenommen. Hierzu sind mehrere Temperaturzyklen (Kühlschrank – Raumtemperatur) vorzunehmen, wobei R 303 so einzustellen ist, daß sich der Anzeigenwert möglichst wenig (einige wenige Digit) ändert, wenn die Temperatur schwankt.

Bei allen, im Zusammenhang mit der Luftdruckmessung stehenden, Einstellarbeiten dürfen die Trimmer nur in kleinen Stufen verdreht werden, wobei jeweils eine Zeitspanne von mindestens 170 Sekunden aufgrund der Meßwertmittelungsautomatik verstreichen muß.

Im einzelnen geht man wie folgt vor:

Zunächst wird der Drucksensor mit einer kleinen Haube (z. B. Fingerhut, Papphütchen o. ä.) abgedeckt, damit keine direkte Lichteinstrahlung durch den Luftschacht auf das Silizium-Meßplättchen fallen kann. Dies ist für eine genaue Kalibrierung wichtig, da der Sensor in geringem Maße auch lichtempfindlich ist. Wesentlich ist hierbei, daß die Abdeckung keineswegs luftdicht sein darf, da hierdurch durch das verhältnismäßig kleine Sensorvolumen wiederum andere Verfälschungen auftreten können. – Lediglich eine locker aufgestülpte Licht-

schutzabdeckung ist erforderlich. Diese kann später wieder entfernt werden, da nach dem Einbau im Gehäuse ein vollkommen ausreichender Lichtschutz besteht.

Nachdem das Gerät einige Stunden bei Raumtemperatur in Betrieb war, werden folgende Grundeinstellungen für die Luftdruckanzeige vorgenommen:

1. R 303 auf Maximum bringen, d. h. der Mittelschleifer liegt ebenfalls an Pin 7 des OP 301 und der Einfluß des Temperatursensors TS 301 ist damit ausgeschaltet. Dies wird erreicht, indem R 303 im Uhrzeigersinn gedreht wird, bis die Rutschkupplung im Spindeltrimmer anspricht.
2. R 309 auf 0 Ω bringen. Hierzu wird ebenfalls der Spindeltrimmer im Uhrzeigersinn gedreht, bis die Rutschkupplung anspricht.
3. R 310 so einstellen, daß zwischen Schaltungsmasse und Pin 14 des OP 304 eine Spannung von 1,40 V gemessen wird.
4. R 1 so einstellen, daß an Pin 2 des IC 1 eine Spannung von 1,40 V bezogen auf die Schaltungsmasse gemessen wird.
5. R 5 so einstellen, daß an Pin 3 des IC 1 1,00 V bezogen auf die Schaltungsmasse gemessen wird.

Bei korrekter Einstellung und Funktion des Gerätes wird auf der Anzeige jetzt ein Wert von 1012 hPa \pm 10 hPa erscheinen (hPa entspricht mbar).

6. Mit R 310 wird die Anzeige jetzt genau auf 1012 hPa eingestellt.

Voraussetzung für die im folgenden beschriebene Temperaturkompensationseinstellung ist eine stabile Wetterlage in bezug auf den Luftdruck. Dies ist erforderlich, da sich die Einstellarbeiten über viele Stunden hinziehen und nur durchführbar sind, wenn keine wesentlichen, nicht eingeplante Druckschwankungen auftreten. Anhand der Wettervorhersage mit der Bekanntgabe von Hoch- und Tiefdruckgebieten läßt sich gut erkennen, ob stabile Luftdruckverhältnisse vorherrschen. Dies ist immer dann der Fall, wenn sich die Lage von Hoch- oder Tiefdruckgebieten wenig ändert, bzw. wenn der Standort der Wetterstation inmitten eines solchen Gebietes liegt. Doch kommen wir jetzt zur Temperaturkompensation.

7. Nachdem die Anzeige mit R 310 auf 1012 hPa eingestellt wurde, wird die Wetterstation im Kühlschrank, der normalerweise eine Temperatur im Bereich von + 5 Grad aufweist, deponiert. Das Gerät muß auf einer isolierten Unterlage stehen, damit keine Kurzschlüsse auftreten.
8. Nach ca. 2 Stunden wird die Anzeige notiert und das Gerät dem Kühlschrank entnommen, damit es sich wieder auf Raumtemperatur erwärmen kann. Der notierte Wert wird in aller Regel größer sein als 1012 hPa, da der Drucksensor DS 301 einen mehr oder weniger negativen Temperaturkoeffizienten besitzt. Ist der im kalten Zustand angezeigte Wert gleich oder geringfügig kleiner,

ist der Abgleich der Temperaturkompensation an dieser Stelle bereits beendet.

9. Nachdem sich das Gerät ca. 2 Stunden auf Raumtemperatur befunden hat, sollte die Anzeige wieder auf dem unter Punkt 6 eingestellten Wert von 1012 hPa gehen. Aufgrund leicht geänderter Luftdruckverhältnisse kann eine Abweichung von wenigen Digit auftreten. Differenzen von 4 und mehr Digit weisen auf zu große Luftdruckschwankungen hin, oder aber auf unregelmäßige Temperaturschwankungen im Einstellzeitraum. Ab Punkt 6 sind die Vorgänge dann zu wiederholen.
10. Als nächstes wird der Trimmer R 303 entgegen dem Uhrzeigersinn gedreht, bis die Rutschkupplung anspricht, d. h. der Mittelabgriff von R 303 liegt jetzt an der zu Pin 6 von OP 301 hinweisenden Seite. Dies ist die Stellung der größtmöglichen Temperaturkompensation durch TS 301.
11. Mit R 310 wird die Anzeige wieder auf 1012 hPa eingestellt.
12. Nun ist das Gerät wieder im Kühlschrank zu deponieren.
13. Nach 2 Stunden wird die Anzeige notiert und das Gerät dem Kühlschrank wieder entnommen. Der notierte Wert sollte kleiner als 1012 hPa sein. Ist er gleich oder geringfügig größer, ist die Temperaturkompensation an dieser Stelle beendet.
14. 2 Stunden nachdem sich das Gerät wieder auf Raumtemperatur befunden hat, sollte die Anzeige wie unter Punkt 9 den Wert von 1012 hPa annehmen. Auch hier kann durch geänderte Luftdruckverhältnisse eine Abweichung von wenigen Digit auftreten, die bei einer Differenz von 4 oder mehr Digit auf unzulässig hohe Luftdruck- oder Temperaturschwankungen im Kalibrierzeitraum hinweisen. Ab Punkt 10 sind die Vorgänge dann zu wiederholen.
15. Aus den Differenzwerten zwischen Punkt 6 und 8 (geringstmögliche Temperaturkompensation) sowie zwischen Punkt 11 und 13 (größtmögliche Temperaturkompensation) läßt sich jetzt ein Eindruck gewinnen, welche Stellung der zur Temperaturkompensation dienende Trimmer R 303 einnehmen muß. Sind die beiden Differenzen 6/8 zu 11/13 ungefähr gleich groß, so wird der Trimmer R 303 ungefähr in Mittelstellung gebracht. Ist die Differenz 6/8 größer als die Differenz 11/13, ist R 303 von der Mittelstellung aus gesehen einige Umdrehungen weiter entgegen dem Uhrzeigersinn zu positionieren. Andererseits muß, ebenfalls von der Mittelstellung aus gesehen, der Trimmer R 303 einige Umdrehungen im Uhrzeigersinn bewegt werden, sofern die Differenz 6/8 kleiner ist als die Differenz 11/13. Die Stellung des roten Schleifers des Spindeltrimmers R 303 läßt sich durch das matte Trimmergehäuse gut ersehen. Die so gewonnene Grobeinstellung von R 303 kann, wie im folgenden beschrieben, weiter optimiert werden.

16. Mit R 310 wird die Anzeige jetzt wieder auf 1012 hPa eingestellt.
17. Das Gerät wird erneut im Kühlschrank deponiert.
18. Nach 2 Stunden ist die Anzeige zu notieren und das Gerät dem Kühlschrank zu entnehmen. Trat keine oder nur eine geringe Anzeigenveränderung auf (± 2 Digit), ist die Temperaturkompensation damit beendet. Bei größeren Abweichungen ist eine Fortführung der Kalibrierung notwendig.
19. Nachdem das Gerät nach rund 2 Stunden Raumtemperatur angenommen hat, müßte sich die Anzeige wieder auf 1012 hPa einstellen. Aufgrund schwankender Temperatur- bzw. Luftdruckverhältnisse können Abweichungen auftreten, die in diesem Stadium bei mehr als ± 2 Digit die Einstellarbeiten ab Punkt 16 erneut erforderlich machen.
20. War der unter Punkt 18 notierte Wert größer als 1012 hPa, so ist R 303 um ca. eine Umdrehung entgegen dem Uhrzeigersinn zu drehen. Bei kleinerem Wert von Punkt 18 (zu 1012 hPa bei Punkt 16) ist R 303 ca. eine Umdrehung im Uhrzeigersinn zu bewegen.
21. Die unter Punkt 16 bis 20 beschriebenen Vorgänge sind so oft zu wiederholen, bis die Abweichungen zwischen Punkt 16 und 18 maximal 2 Digit bei konstanten Luftdruck- und homogenen Temperaturverhältnissen betragen. Gegebenenfalls kann R 303 auch in etwas größeren und zum Schluß in etwas kleineren Stufen (z. B. eine Viertelumdrehung) bewegt werden. Zwar ist die Temperaturkompensation etwas zeitaufwendig, jedoch trägt sie wesentlich zur späteren hochpräzisen Luftdruckmessung bei.
22. Zum Abschluß der Einstellarbeiten der Temperaturkompensation wird mit dem Spindeltrimmer R 310 an Pin 14 des OP 304 (bezogen auf die Schaltungsmasse) eine Spannung von 1,400 V eingestellt. Hierzu sollte sich die Wetterstation auf einem Luftdruckniveau befinden, das ungefähr in der Mitte des späteren Betriebsluftdruckes liegt. Sofern man sich gerade in einem Sturm tief oder einer extremen Hochdruckwetterlage befindet, müßte die Einstellung ggf. verschoben werden und auf eine einigermaßen ausgeglichene Luftdrucklage gewartet werden. Dieser Punkt ist jedoch von untergeordneter Bedeutung, lediglich extreme Luftdruckverhältnisse sollten bei dieser Einstellung nicht herrschen.

Auf den Abgleich der Temperaturkompensation kann ggf. verzichtet werden, wenn das Gerät kontinuierlich bei wenig schwankender Raumtemperatur betrieben wird. R 303 ist dann ungefähr in Mittelstellung zu bringen.

Nach erfolgter Temperaturkompensation mit Hilfe des Spindeltrimmers R 303 kommen wir nun zur Kalibrierung des Skalenfaktors.

Hierzu ist es erforderlich, den genauen Wert des gerade herrschenden Luftdrucks

zu kennen, den man z. B. regelmäßig aus dem Radio erfährt. Außerdem ist die Kenntnis der Höhe, in der sich das Gerät befindet, erforderlich. Ist dieser Wert nicht bekannt, so kann er sicherlich bei den örtlichen Behörden erfragt werden.

Nachdem der Spindeltrimmer R 310, wie unter Punkt 22 beschrieben, eingestellt wurde und R 309 (Höhenkorrektur) immer noch die Stellung unter Punkt 2 einnimmt, ist die weitere Vorgehensweise wie folgt:

Zunächst wird die Offset-Einstellung des Luftdruckmessers mit dem Spindeltrimmer R 1 vorgenommen.

Hierzu wird dem Drucksensor ein Luftdruck von exakt 1050 hPa angeboten. Dieser Druck ist deshalb gewählt worden, da er über dem normalerweise tatsächlich auftretenden größtmöglichen Luftdruck liegt. Erzeugt wird dieser Luftdruck wie folgt: Entsprechend der Skizze in Bild 29 wird auf den Luftdrucksensor ein ca. 3 m langer durchsichtiger Kunststoffschlauch aufgesetzt, an dessen anderem Ende sich ein Trichter befindet. In den Trichter wird Wasser gefüllt. An der Seite, an der sich der Schlauch auf dem Drucksensor befindet, wird er mit Daumen und Zeigefinger fest zusammengedrückt, nochmals kurz vom Luftdrucksensor abgezogen und vorsichtig etwas geöffnet, bis der Schlauch auf einer Länge von ca. 2 m mit Wasser gefüllt ist. Jetzt stülpt man den Kunststoffschlauch wieder auf den Drucksensor, wobei man sorgfältig darauf achtet, daß auf gar keinen Fall das Wasser bis zum Luftdrucksensor gelangen kann. Durch Anheben bzw. Absenken des Trichters kann man nun die Wasserpegeldifferenz entsprechend Bild 29 kontinuierlich variieren. Auf diese Weise kann zum tatsächlich vorherrschenden barometrischen Luftdruck ein weiterer zusätzlicher Luftdruck addiert werden.

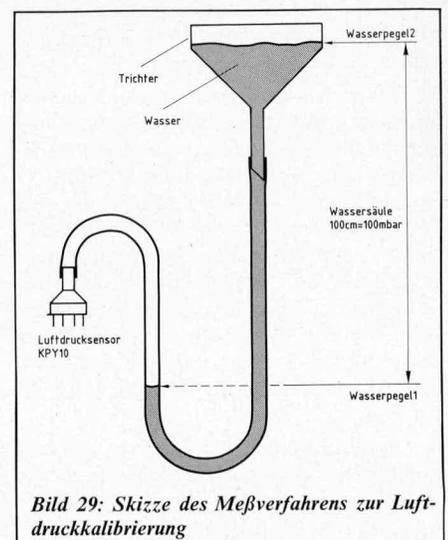


Bild 29: Skizze des Meßverfahrens zur Luftdruckkalibrierung

Hierzu muß man wissen, daß eine Wassersäule von 100 cm einem Luftdruck von 100 hPa entspricht (50 cm also 50 hPa). Maßgebend ist ausschließlich die Höhendifferenz der beiden Wasserspiegel und nicht die Gesamtlänge des Wassers im Kunststoffschlauch.

Wird zum Beispiel vom Wetteramt ein Luftdruck von 1010 hPa angegeben, müssen noch zum Erreichen von 1050 hPa (für

den ersten Kalibrierpunkt) 40 hPa Druck hinzuaddiert werden. Dies entspricht einer Wasserpegeldifferenz entsprechend Bild 29 von exakt 40 cm. Der Trichter wird also so hoch gehalten (z. B. von einer zweiten Person), daß zwischen den beiden Wasserpegeln eine Höhendifferenz von 40 cm auftritt. Der Drucksensor hat demzufolge einen Meßdruck von 1050 hPa zu verarbeiten.

Mit dem Spindeltrimmer R 1 wird nun auf der Anzeige ein Wert von 1050 hPa eingestellt.

Ist diese Einstellung erfolgt, wird der Trichter jetzt genau 1 Meter höher, d. h. für den vorliegenden Fall auf 140 cm Wasserpegeldifferenz angehoben. Dies entspricht jetzt einem Meßdruck von 1150 hPa.

Mit dem Spindeltrimmer R 5 wird die Luftdruckanzeige auf 1150 eingestellt.

Zu Kontrollzwecken kann der Trichter nochmals auf die erste Höhendifferenz (hier 40 cm) abgesenkt und die Einstellung von R 1 überprüft werden, um anschließend nochmals angehoben zu werden und die Einstellung von R 5 zu kontrollieren.

Bei vorstehend beschriebener Kalibrierung sind wir davon ausgegangen, daß der als erstes zugrunde gelegte, vom Wetteramt erfahrene Luftdruckwert (hier 1010 hPa) auch tatsächlich am Ort der Kalibrierung vorherrschte. Da im allgemeinen die Angaben auf Meereshöhe bezogen sind, gilt diese Vorgehensweise also nur, wenn sich das Gerät auf NN (Normalnull entsprechend 0 Meter) befindet.

Liegt der Ort des Geschehens jedoch höher, so kann man auf einfache Weise den dort vorherrschenden Luftdruck selbst berechnen. Der Luftdruck ändert sich bis zu einer Höhe von 2000 Metern mit hinreichender Genauigkeit näherungsweise linear, d. h. er nimmt bei einer Höhenzunahme von 833 m um 100 hPa ab.

Befindet sich der Ort des Geschehens also nicht in Meereshöhe, so kann der tatsächliche Luftdruck nach folgender Formel berechnet werden:

$$P_1 = P_{NN} - \frac{h}{833 \text{ m}} \cdot 100 \text{ hPa}$$

Hierin bedeuten:

P_1 : tatsächlicher Luftdruck am Ort des Geschehens (Kalibrierort)

P_{NN} : vom Wetteramt bekanntgegebener Luftdruck in Meereshöhe (Normalnull)

h : Höhe des Kalibrierortes über Meereshöhe. Befindet sich der Standort auf unser Beispiel bezogen in einer Höhe von 416 Metern, so beträgt der Luftdruck nicht, wie ursprünglich angenommen, 1010 hPa, sondern lediglich 1010 hPa minus 50 hPa gleich 960 hPa.

Um auf den für den ersten Kalibrierpunkt erforderlichen Druck von 1050 hPa zu kommen, müssen somit 90 hPa zusätzlicher Druck erzeugt werden, d. h. die Wasserpegeldifferenz muß 90 cm betragen.

Da für den zweiten Kalibrierpunkt 1150 hPa Luftdruck erforderlich sind, ergibt sich für den zusätzlich erforderlichen Luftdruck

von 100 hPa eine Gesamtwasserpegeldifferenz von 90 cm + 100 cm = 190 cm, d. h. daß zu den vorhergehenden 960 hPa 190 hPa (entsprechend 190 cm Wassersäule) hinzugegeben werden.

Nach abgeschlossener Kalibrierung weist die Anzeige jetzt den tatsächlichen, am Aufstellort vorherrschenden Luftdruck aus.

Möchte man jedoch nicht den am Aufstellort herrschenden Luftdruck angezeigt bekommen, sondern den auf Meereshöhe bezogenen Luftdruck, so dient hierfür der Spindeltrimmer R 309, mit dem die Höhendifferenz individuell ausgeglichen werden kann. Als letzter Einstellschritt kann mit R 309 die Anzeige auf den Ausgangswert (hier 1010 hPa) gebracht werden, d. h. es wird mit R 309 derjenige Luftdruckwert eingestellt, den das Wetteramt als Luftdruckwert bezogen auf Meereshöhe (Normalnull) angesagt hat.

Durch die Einstellung von R 309 wird die Kalibrierung der Wetterstation nicht verändert, so daß jederzeit dieser Spindeltrimmer wieder bis zum Linksanschlag (entgegen dem Uhrzeigersinn gedreht) gebracht werden kann. Die Wetterstation zeigt dann wieder den tatsächlichen, am Ort des Geschehens herrschenden Luftdruck an.

Zwar ist die Kalibrierung dieses Luftdruckmessers verhältnismäßig aufwendig, jedoch kann sie mit einfachen Mitteln durchgeführt werden, wobei man eine hohe Genauigkeit erreichen kann.

Kalibrierung der Sonnenscheindauer

Die Meßschaltung zur Registrierung der Hell-/Dunkelphasen sowie zur Messung der Sonnenscheindauer erfordert im allgemeinen keine Kalibrierung.

Durch Anschluß eines Spannungsmessers an die Punkte „c“ und „b“ (Teilschaltbild 8) kann man die korrekten Schaltpunkte überprüfen. Hierzu dunkelt man den Fotowiderstand PW 601 des Typs LDR 05 ab, um ihn anschließend gemäßigter Helligkeit (entsprechend Morgendämmerung) auszusetzen. Im abgedunkelten Zustand liegt am Platinenanschlußpunkt „b“ eine Spannung von ca. 7 V an, während bei ausreichender Helligkeit der Spannungswert auf ca. 0 V abfällt. Der tatsächliche Umschaltzeitpunkt spielt hierbei eine untergeordnete Rolle. Wichtig ist lediglich, daß zum Beispiel bei auftretendem Gewitter nicht versehentlich „Nacht“ registriert wird.

Setzt man den Fotowiderstand PW 601 direkt der Sonnenbestrahlung aus, so muß die Spannung am Platinenanschlußpunkt „c“ von ca. 0 V auf ca. + 7 V ansteigen. Hierbei ist es wichtig, daß bei mittlerer Helligkeit der Spannungswert noch auf ca. 0 V bleibt und erst bei direkter Sonneneinstrahlung bzw. einer vergleichbaren großen Helligkeit der Wert auf ca. 7 V springt.

Durch Vergrößern des Widerstandes R 604 wird der Schaltvorgang bereits bei etwas geringerer Helligkeit und durch Verkleinern von R 604 bei erhöhter Helligkeit durchgeführt.

Wie bereits unter „Zum Nachbau“ ausführlich erläutert, sollte (falls überhaupt) die Schaltung erst nach einer längeren Be-

triebsdauer vergossen werden, um ein geringfügiges Altern der Bauelemente abzuwarten.

Kalibrierung der Windmeßaufnehmer

Eine Kalibrierung des Windgeschwindigkeitsmessers ist nicht erforderlich, da der Meßwertaufnehmer eine systembedingte Konstante besitzt, die der quartzgenau arbeitende zentrale Mikroprozessor per Software exakt kennt und entsprechend auswertet. Die Anzeige erfolgt daher ohne Kalibrierung im Bereich zwischen 1,5 m/s und ca. 55 m/s, entsprechend 5,6 km/h bzw. 200 km/h mit einer Genauigkeit von typ. $\pm (0,5 \text{ m/s} + 0,8 \%)$ (!).

Die Ermittlung der Windgeschwindigkeitsanzeige erfolgt innerhalb von 34 s in jeder 2. s, d. h., 17mal für 1 s, entsprechend einer Gesamtmeßzeit von 17 s. Anschließend wird vom Prozessor der so gewonnene Wert normiert und auf den entsprechenden Anzeigewert umgesetzt. Es findet also eine Meßwertmittelung über 34 s statt. Dies ist zur Erzielung einer aussagefähigen und kontinuierlichen Anzeige der Windgeschwindigkeit sinnvoll.

Die Windrichtung wird mit einer Auflösung von 10° und einer Genauigkeit von besser als 5° ausgewertet. Zur Einstellung wird die Pfeilspitze der Wetterfahne genau anhand eines Kompasses nach Norden ausgerichtet. Anschließend wird das Gehäuseunterteil dieses Aufnehmers auf dem Vierkant-Edelstahl-Trägerrohr soweit verdreht, bis die Basisstation einen Wert von 0° anzeigt. Die Zuordnung der einzelnen Bauelemente innerhalb des Windrichtungsmeßwertaufnehmers (zum Beispiel Positionierung der Rasterscheibe usw.) spielt hierbei keine Rolle mehr.

Wurde das Vierkant-Edelstahl-Trägerrohr bereits vergossen und ein Drehen des Aufnehmergehäuseunterteils ist nicht mehr möglich, so muß die gesamte Anordnung, d. h. einschließlich des Vierkant-Edelstahl-Trägerrohrs am Mast gedreht werden, bis auf der Anzeige der Basisstation 0° , entsprechend Norden erscheint (Spitze der Windfahne weist hierbei genau nach Norden).

Abschließend sei noch erwähnt, daß bei kurzzeitigen Spannungseinbrüchen bzw. extremen Versorgungsspannungsstörungen der zentrale CMOS-Single-Chip-Mikroprozessor „aussteigen“ kann. Dies zeigt sich dadurch, daß die Elektronik-Wetterstation WS 1000 keine sinnvollen Anzeigergebnisse mehr liefert und nicht mehr auf Tastenbetätigungen reagiert. In diesem Falle ist die Stromversorgung für ca. 10 s zu unterbrechen und die Station neu zu starten, so als wäre sie das erste Mal eingeschaltet. Hierdurch erfolgt ein genereller Reset, und das Gerät arbeitet wieder einwandfrei. Durch die hohe Betriebszuverlässigkeit und das im allgemeinen stabile Versorgungsspannungsnetz treten solche Extremfälle im allgemeinen jedoch nicht auf – es sei nur der Vollständigkeit halber erwähnt.

Damit ist auch der Abgleich dieses Schaltungsteils beendet und dem Einsatz der Elektronik-Wetterstation WS 1000 steht nichts mehr im Wege.

ELV-Fahrtcomputer

Mikroprozessorgesteuertes Tachometer-Wegstrecken-Meßsystem

Teil 2

In dem hier vorliegenden zweiten und letzten Teil dieses Artikels stellen wir Ihnen neben weiteren Besonderheiten den Nachbau, die Einstellung sowie den Anschluß des Tacho-Generators vor.

Bevor wir auf den Nachbau des ELV-Fahrtcomputers eingehen, wollen wir zunächst noch einige zusätzliche Funktionsfeatures besprechen.

1. Der häufigste Meßbereich wird in aller Regel die Tachometer-Funktion sein.

Damit nun beim Anwählen eines anderen Meßbereiches über die Taste Ta 1 der erste Meßbereich ohne Umweg über die Fortschaltung der weiteren Meßbereiche wieder erreicht werden kann, besteht die Möglichkeit, eine zweite Taste zu installieren, die Pin 24 (unbeschaltet) des IC 3 nach Masse (Pin 7, 20) bei Betätigung verbindet. Hierdurch springt der Prozessor sofort in den Meßbereich 1 (Tachometer-Funktion). Diese Schaltungsergänzung zählt jedoch nicht zur Standardausrüstung und kann ggf. individuell nachgerüstet werden.

2. Wird in Stellung „Tacho“ (Meßbereich 1) die Taste Ta 1 länger als 1 Sek. betätigt, so erfolgt ein gemeinsamer Reset der Meßbereiche 2 bis 4 sowie 6 und 7 (wie bei „Zündung länger als 2 Stunden aus“).

3. Damit bei einem Kurzstopp (z. B. Tanken) die Speicherwerte der Meßbereiche 2 bis 4 sowie 6 und 7 nicht sofort zurückgesetzt werden, besitzt das Gerät eine zusätzliche Zeitüberwachungsfunktion. Diese bewirkt, daß bei einem Stopp (Zündung aus), der kürzer als 2 Stunden ist, die vorgenannten Meßbereiche ihre Aktivität an der Stelle wieder aufnehmen, an der sie sich unmittelbar vor dem Ausschalten der Zündung befanden. Das Weiterzählen z. B. Fahrzeit wird somit durch Ausschalten der Zündung unterbrochen und nach dem Einschalten fortgeführt, ebenso die Errechnung des Mittelwertes der Fahrtgeschwindigkeit usw. Erst bei einem Stopp von mehr als 2 Stunden erfolgt ein automatisches Zurücksetzen in die Grundstellung (nach dem Anfahren).

4. Die automatische Setzfunktion auf den hardwaremäßig vorgewählten Anfangsmeßbereich (Tachometer, Fahrzeit, Tageskilometer, bzw. Fahrtstrecke) wird ebenfalls erst nach Ablauf von mindestens 2 Stunden Stoppzeit durchgeführt. Ansonsten bleibt der ursprünglich eingeschaltete Meßbereich erhalten.

5. Auf eine Besonderheit ist bei der Bedienung noch zu achten:

Bei Messungen in den Bereichen 8 oder 9 (Beschleunigung) wird die Kapazität des Mikroprozessorsystems weitgehend ausgelastet. Für die Bearbeitung der Aufgaben in diesen Meßbereichen wer-

den u. a. interne Register angesprochen, die sich mit den übrigen Meßbereichen überschneiden. Aus diesem Grunde werden alle Meßwerte, die ab Start eine fortlaufende Speicherung erforderlich machen, gelöscht (2, 4 sowie 6 und 7).

Doch kommen wir nun zur Beschreibung des Nachbaus.

Zum Nachbau

Die gesamte Schaltung dieses interessanten Fahrtcomputers wird auf 3 kleinen Leiterplatten aufgebaut. Es sind dies:

1. Die Basisplatine mit dem zentralen Mikroprozessor,
2. Die Anzeigenplatine,
4. Die Eingangsplatine, auf der sich auch die Stromversorgung befindet.

Die Bestückung der Platinen wird in gewohnter Weise anhand der Bestückungspläne vorgenommen. Zuerst sind die niedrigen und anschließend die hohen Bauelemente auf die Platinen zu setzen und zu verlöten.

Nachdem die Bestückung fertiggestellt und nochmals sorgfältig kontrolliert wurde, kann die Anzeigenplatine im rechten Winkel an die Basisplatine gelötet werden, und zwar so, daß die Anzeigenplatine ca. 1,5 mm unterhalb der Leiterbahnseite der Basisplatine hervorsteht.

Wichtig ist hierbei, daß keine Lötzinnbrücken zwischen den einzelnen Verbindungsleitungen auftreten.

Die Verbindung zwischen Eingangs- und Basisplatine erfolgt an 9 Punkten. Die Eingangsplatine wird hierbei in einem Abstand von 22 mm mit der Bauteilseite nach untenweisend über der Basisplatine angeordnet, d. h. die beiden Bestückungsseiten weisen zueinander hin.

Im rückwärtigen Bereich beider Platinen sind insgesamt 6 Bohrungen direkt übereinanderliegend angeordnet. Hier werden 28 mm lange Silberdrahtabschnitte eingelötet, die zur elektrischen Verbindung beider Platinen erforderlich sind und gleichzeitig dazu dienen, Eingangs- und Basisplatine mechanisch in einem Abstand von 22 mm zu halten (gemessen an den Platineninnenseiten).

Beim Einbau in ein Gehäuse mit Führungsnuten (z. B. ELV-Kfz-Einbaugeschäule), das von sich aus bereits eine sichere mechanische Fixierung der Platinen bewirkt, kann die Verbindung auch mit flexiblen isolierten Leitungen erfolgen.

Die positive Versorgungsspannung, die nicht von der Zündung unterbrochen wird,

ist an den Platinenanschlußpunkt „a“ anzulöten.

Die Schaltungsmasse (Platinenanschlußpunkt „b“) wird mit dem Minuspol der Versorgungsspannung (Kfz-Masse) verbunden.

Die Taste Ta 1 wird über eine ladrige, abgeschirmte isolierte Zuleitung mit der Schaltung verbunden. Die Abschirmung liegt hierbei am Platinenanschlußpunkt „g“ und der Innenleiter an „f“. Die Länge dieser Zuleitung kann ohne weiteres mehrere Meter betragen, so daß die Anordnung des Tasters an einem ergonomisch günstigen Punkt im Fahrzeug erfolgen kann.

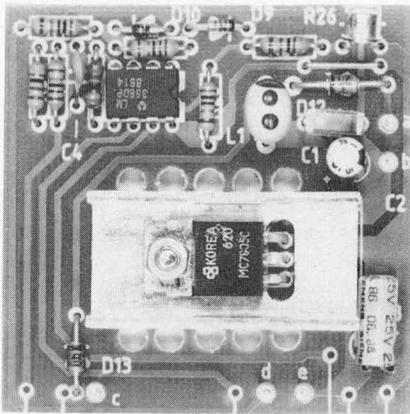
Anschluß des Tacho-Generators

Der Tacho-Generator, der auch mit Wegstreckensensor, bzw. Impulsgeber bezeichnet wird, erhält seine Verbindung zur Schaltung über eine ladrige, abgeschirmte isolierte Zuleitung. Der Innenleiter liegt hierbei am Platinenanschlußpunkt „d“ und die Abschirmung an „e“ (Schaltungsmasse).

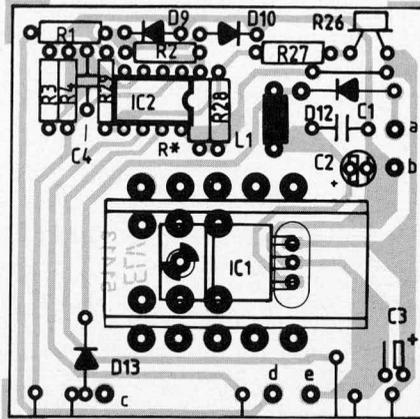
Wird der von ELV empfohlene Tacho-Generator eingesetzt, auf dessen mechanischen Einbau wir im folgenden Kapitel noch ausführlich eingehen, spielt der Anschluß am Generator selbst keine Rolle, da die beiden Anschlußstifte ungepolt sind.

Die Eingangsschaltung des ELV-Kfz-Fahrtcomputers ist jedoch universell ausgelegt. Es können auch zahlreiche andere Wegstreckenimpulsgeber zur Ansteuerung herangezogen werden. Da die verschiedenen Fahrzeughersteller zum Teil unterschiedliche Verfahren zur Wegstreckenimpulserzeugung einsetzen, wollen wir zum problemlosen Anschluß die wesentlichen Möglichkeiten aufzeigen.

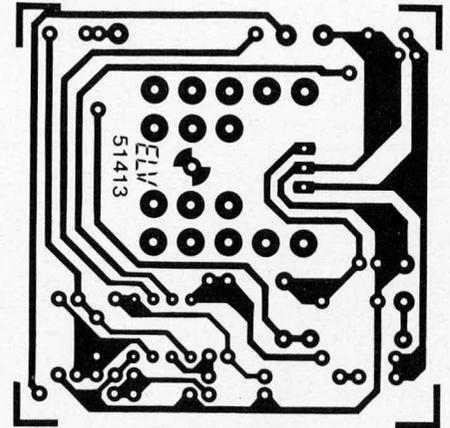
Zunächst ist noch anzumerken, daß die Impulsanzahl bezogen auf die gefahrene Wegstrecke in einem bestimmten Bereich liegen muß, damit der ELV-Fahrtcomputer eine Weiterverarbeitung vornehmen kann. Hierfür steht ein verhältnismäßig großer Bereich zur Verfügung, d. h. es müssen zwischen 4,23 bis 8,90 Impulse pro Meter vom Fahrzeug zurückgelegte Strecke abgegeben werden. Aufgrund der früheren, einigermaßen einheitlichen Tachometer-Konstruktionen und den damit in Verbindung stehenden Drehzahlen der Tachowellen, liegen auch heute noch die elektronischen Versionen meistens in einem vergleichbaren Bereich, nicht zuletzt aufgrund einer wünschenswerten Kompatibilität und Austauschbarkeit verschiedener Systeme. Von Ausnahmen einmal abgesehen, kann man somit davon ausgehen, daß die meisten ge-



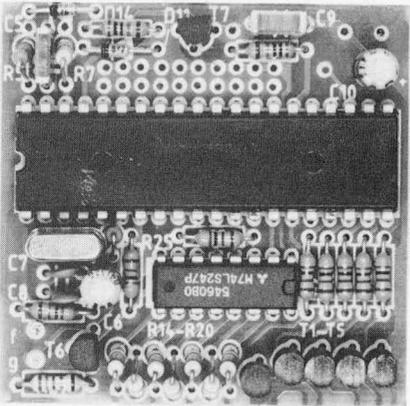
Ansicht der fertig bestückten Eingangsbplatte



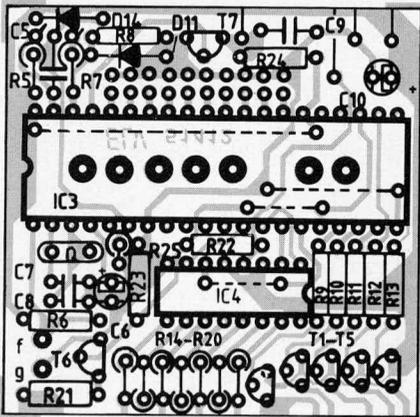
Bestückungsseite der Eingangsbplatte



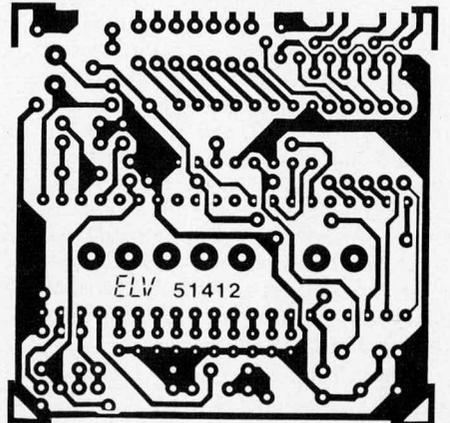
Leiterbahnseite der Eingangsbplatte



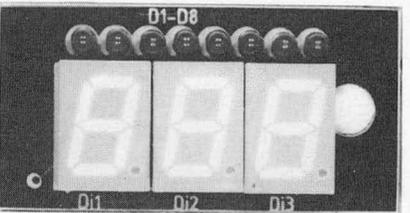
Ansicht der fertig bestückten Basisplatte



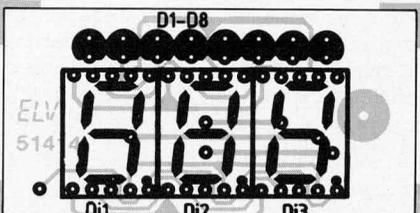
Bestückungsseite der Basisplatte



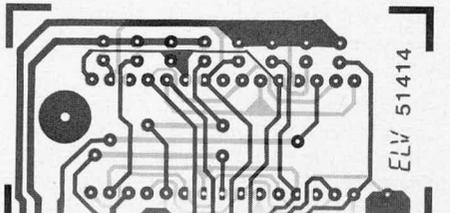
Leiterbahnseite der Hauptplatte



Ansicht der fertig bestückten Anzeigenplatte



Bestückungsseite der Anzeigenplatte



Leiterbahnführung der Hauptplatte

Lötseite \triangle dunkelgrau, Bestückungsseite \triangle hellgrau

Stückliste:

ELV-Fahrtcomputer

Widerstände

68 Ω	R 14-R 21
3,3 k Ω	R 8
4,7 k Ω	R 9-R 13,
	R 22, R 23, R 27
6,8 k Ω	R 7
10 k Ω	R 6
15 k Ω	R 29
47 k Ω	R 24, R 3
100 k Ω	R 1, R 2, R 5, R 28
1 M Ω	R 4
LDR 33	R 26

Kondensatoren

22 pF	C 7, C 8
100 pF	C 4
10 nF	C 5
22 nF	C 9*
47 nF	C 1
1 μ F/16 V	C 6
10 μ F/16 V	C 2, C 3, C 10

Halbleiter

ELV 8709	IC 3
SN 74 LS 247	IC 4
LM 358	IC 2
7805	IC 1
BC 548	T 6, T 7
BD 327	T 1-T 5
1 N 4148	D 9, D 10, D 14
1 N 4001	D 12, D 13
ZD 3,9	D 11
LED 3 mm, rot	D 1-D 8
DJ 700 A	Di 1-Di 3

Sonstiges

51 μ H Spule	L 1
Taster	Ta 1
Quarz 6 MHz	
1 Kühlkörper SK 13	
7 Lötstifte	
3 m 2adrige, abgeschirmte Leitung	
3 m 2adrige, flexible Leitung	
1 Schraube M 3 x 8	
1 Mutter M 3	

* Wert gegenüber Schaltbild geändert

bräuchlichen elektronischen Wegstreckenimpulsgeber aufgrund der Impulszahlen an den ELV-Fahrtcomputer anschließbar sind.

Grundsätzlich ist die Eingangsschaltung des ELV-Fahrtcomputers auf den Anschluß eines Tacho-Generators, der eine Wechselspannung abgibt, eingerichtet, d. h. es werden sowohl positive, als auch negative Halbwellen bezogen auf die Schaltungsmasse vom Tacho-Generator abgegeben.

Jedoch auch Wegstreckenimpulsgeber, die im Bereich von 0 V bis +5 V oder auch +12 V schalten, können angeschlossen werden. Hierzu ist eine geringfügige Schaltungsänderung erforderlich, damit der Komparator OP1 einwandfrei auch bei dieser Art der Eingangssignale arbeiten kann. Von Pin 2 zur internen +5 V-Versorgungsspannung ist ein zusätzlicher Widerstand mit einem Wert von 1 M Ω einzulöten. Hierfür ist auf der Leiterplatte bereits ein Platz mit den entsprechenden 2 Bohrungen vorgesehen.

Besteht der Wegstreckenimpulsgeber lediglich aus einem mechanischen (Reed-Kon-

takt) oder elektronischen Schalter, der keine eigene Spannungsabgabe besitzt, kann dieser ebenfalls an die Platinenanschlußpunkte „d“ und „e“ des ELV-Fahrtcomputers angeschlossen werden, wobei jetzt zusätzlich zu dem eben erwähnten 1 M Ω -Widerstand noch ein weiterer sogenannter Pull-up-Widerstand einzubauen ist. Dieser wird zwischen Platinenanschlußpunkt „d“ und „c“ mit einem Wert von 100 k Ω eingebaut. Er kann direkt mit an die entsprechenden Lötstifte angelötet werden. Reicht die Schaltspannung aufgrund eines hohen Reststromes, bzw. einer großen Eigenkapazität des Schalters nicht aus, kann der Wert bis auf 10 k Ω verkleinert werden. Ein zu großer Widerstand kann zur Folge haben, daß ab einer bestimmten Fahrgeschwindigkeit (und damit verbundenen Impulszeit) keine weitere Erhöhung des Anzeigewertes aufgrund von kapazitiven Einflüssen erfolgt, während ein zu geringer Widerstand einen unnötigen Stromfluß hervorruft, der im Extremfall auch bei durchgeschaltetem Kontakt des Wegstreckenimpulsgebers eine so hohe Restspannung erzeugt, daß der Komparator OP 1 den durchgeschalteten Pegel nicht mehr erkennt und keine Schaltung vornimmt. In dem vorstehend angegebenen Widerstandsbereich ist im allgemeinen eine sichere Funktion gewährleistet.

Eine andere recht einfache Anschlußmöglichkeit besteht bei Fahrzeugen, die getriebeseitig einen DIN-Anschluß für Tachowellen mit einem Schraubgewinde M 18 x 1,5 besitzen. Dies ist z. B. bei allen Opel-Fahrzeugen seit mehr als 20 Jahren der Fall.

Opel bietet hierfür Wegstreckenimpulsgeber, die auf der Basis eines Hall-Generators arbeiten, an, die über den Ersatzteilhandel erhältlich sind. Der Preis liegt nach unseren Informationen um 90,— DM.

Für die Modelle Kadett D und E, Ascona C, Omega sowie Corsa werden spezielle Wegstreckenimpulsgeber von Opel angeboten. Sie können nachgerüstet werden, falls ein Fahrzeug mit LCD-Instrument oder elektronischem Zeigertacho bestückt werden soll.

Da verschiedene Impulsgeber lieferbar sind, die sich in den Impulszahlen pro Umdrehung unterscheiden, ist die Opel-Werkstatt zu befragen, welcher Geber eingesetzt werden soll. Für die vorstehend aufgeführten Modelle liegen die Daten den Opel-Werkstätten im allgemeinen vor.

Jedoch auch in alle übrigen Opel-Fahrzeuge, die seit mehr als 20 Jahren den DIN-Anschluß besitzen, kann ein Wegstreckenimpulsgeber eingebaut werden. Hierzu ist ein Geber zu wählen, dessen Impulszahl (zwischen 6 und 16 pro Umdrehung) multipliziert mit der Tachowellen-Drehzahl pro Meter eine Impulszahl im Bereich zwischen 4,23 bis 8,90 Impulsen pro Meter ergibt (entsprechend 4230 bis 8900 Impulse pro Kilometer). Die Umdrehungszahl der Tachowelle pro gefahrenen Meter findet man üblicherweise auf der Rückseite des eingebauten mechanischen Tachometers aufgedruckt (z. B. „0,85“ bezogen auf: pro m – „850“ bezogen auf: pro km). Diese Zahl ist

dann mit der Impulszahl des Wegstreckenimpulsgebers zu multiplizieren (z. B. 6) und zu prüfen, ob das Ergebnis in dem gewünschten Bereich liegt (hier: $0,85 \times 6 = 5,1$ – liegt also im Kalibrierbereich). In unserem Fall wäre auch ein Geber mit 8 Impulsen pro Umdrehung einsetzbar ($0,85 \times 8 = 6,8$).

Grundsätzlich ist bei den Wegstreckenimpulsgebern der Firma Opel noch folgende Unterscheidung vorzunehmen:

1. Wegstreckenimpulsgeber, die zwischen eine bestehende Tachowelle eingefügt werden, d. h. die Tachowelle wird meistens getriebeseitig abgeschraubt, der Wegstreckenimpulsgeber aufgesetzt und anschließend die Tachowelle auf den Wegstreckenimpulsgeber geschraubt.
2. Wegstreckenimpulsgeber, die ohne Tachowelle arbeiten. Diese werden z. B. beim Senator B ab Modell August 1987 eingesetzt. Auch hier, wie bei allen vorher beschriebenen Modellen, liegen die Impulszahlen im Bereich der Kalibriermöglichkeit des ELV Fahrtcomputers. Lediglich beim Kadett GSI ab Modelljahr 1987, der serienmäßig einen LCD-Tacho (ohne Tachowelle) besitzt, befindet sich die Impulszahl nicht mehr im Kalibrierbereich. Doch auch hier kann durch Zwischenschalten eines weiteren Wegstreckenimpulsgebers mit einer niedrigeren Impulszahl (Typ wie unter Punkt 1 beschrieben) die Anschlußmöglichkeit erstellt werden.

Grundsätzlich ist vor der Beschaffung eines entsprechenden Impulsgebers zu prüfen, ob genügend Platz zum nachträglichen Einbau vorhanden ist. Die Abmessungen liegen bei ca. 65 mm Länge und 30 mm Durchmesser.

Mechanischer Einbau des Tacho-Generators

Wird der ELV-Fahrtcomputer in ein Fahrzeug eingebaut, das keinen internen elektronischen Wegstreckenimpulsgeber besitzt, so ist der nachträgliche Einbau eines entsprechenden Gebers erforderlich.

Fast jeder Bosch-Dienst, der eine VDO- oder Kienzle-Vertretung für Fahrtschreiber und Taxameter besitzt sowie alle entsprechenden Kienzle-Werkstätten, sind in der Lage, Tacho-Generatoren in Tachometerwellen einzubauen. Wichtig ist hierbei, daß der einzubauende Tacho-Generator 6 Impulse pro Umdrehung der Tachowelle abgibt. Geeignet ist z. B. der VDO-Geber Best.-Nr. 340.811/1/3, dessen Verkaufspreis um 60,— DM liegt.

Zum Einbau muß die Tachowelle aus dem Fahrzeug ausgebaut werden. Es ist eine Stelle zu markieren, an der genügend Platz für das Einfügen des Tacho-Generators vorhanden ist.

Das Einfügen des VDO-Gebers in die Tachowelle liegt nach den von ELV eingeholten Preisinformationen bei ca. 10,— bis 12,— DM – die Materialkosten (Anschlußteile) bei ca. 8,— bis 10,— DM. Hierin ist der Aus- und Einbau der Tachowelle selbst nicht enthalten. Dies ist bei zahlreichen

Fahrzeugen sehr einfach möglich, bei manchen Typen jedoch auch etwas aufwendiger und kann in den meisten Fällen selbst vorgenommen werden.

Mit etwas handwerklichem Geschick ist es auch möglich, den VDO-Tacho-Generator selbst in die Tachowelle einzubauen. Wie dies vorzunehmen ist, soll im folgenden ausführlich beschrieben werden.

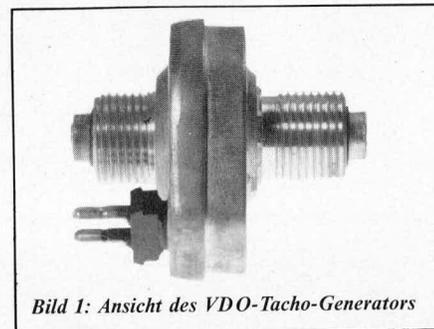


Bild 1: Ansicht des VDO-Tacho-Generators

Der in Bild 1 dargestellte VDO-Tacho-Generator mit der Bestellnummer 340.811/1/3 hat eine Gesamtlänge von ca. 58 mm und einen größten Durchmesser von ca. 52 mm. An jeder Seite befindet sich ein Anschlußgewinde M 18 x 1,5.

Zum Einbau dieses Gebers in die Tachowelle wird zunächst im Verlauf der Tachowelle in noch eingebautem Zustand ein Platz gefunden, der den nötigen Raum für den Geber bereitstellt. Die genaue Positionierung ist zu markieren, wobei die Länge des einzufügenden Geberteiles mit 58 mm zu berücksichtigen ist. Wichtig ist hierbei, daß sich die Einfügung des Gebers auf einem geraden Wellenabschnitt befindet, um unnötige Beanspruchungen der Trennstelle zu vermeiden.

Als nächstes wird die Tachowelle ausgebaut. Die im weiteren beschriebenen Arbeitgänge sind besonders sorgfältig auszuführen, um eine zuverlässige Konstruktion zu erhalten.

1. Schutzschlauch der Tachowelle auf einer Länge von 50 mm vorsichtig abmanteln (Bild 2).
 2. Das äußere Profil mit einer Säge rechtwinklig zur Achse ca. 1 mm tief einsägen und abbrechen (Bild 3).
 3. Die getrennten Schutzprofile etwas auseinanderziehen und die Welle in der Mitte mit einem Seitenschneider durchtrennen (Bild 4).
- Bei Drahtgeflechschläuchen werden Schlauch und Flexwelle zusammen direkt mit dem Seitenschneider durchgetrennt (Bild 5).
4. Schutzschlauch bzw. Schutzprofil an beiden Enden bis zur Kunststoffummantelung weiter kürzen. Hierbei ist zu prüfen, ob die Enden der Tachometerseele noch im Tachometer selbst sowie an der Getriebeseite eingreifen (ggf. ausprobieren!).
 5. Tachometerseele auf 13 mm Überstandsmaß kürzen (Bild 6).

Im weiteren Verlauf wollen wir uns mit der Beschreibung des Anschlusses eines Wellenendes begnügen. Die zweite Seite wird in gleicher Weise bearbeitet.

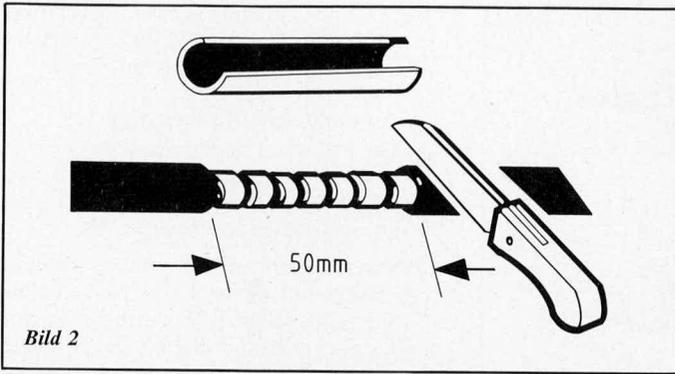


Bild 2

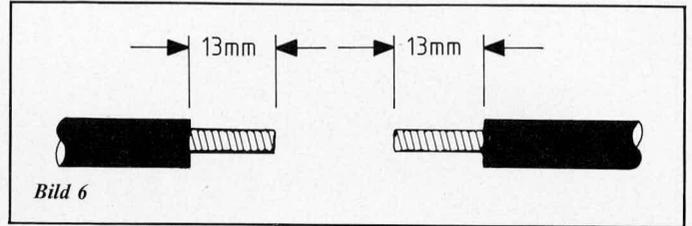


Bild 6

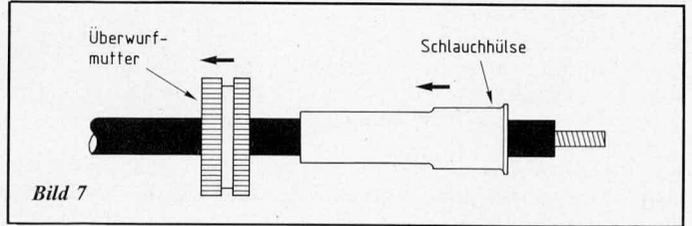


Bild 7

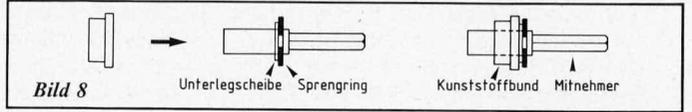


Bild 8

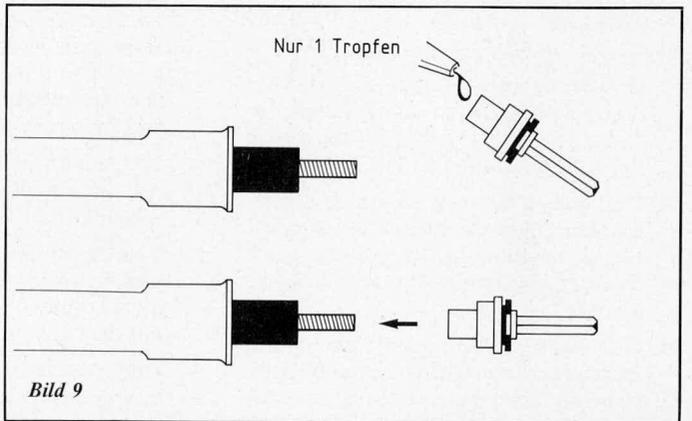


Bild 9

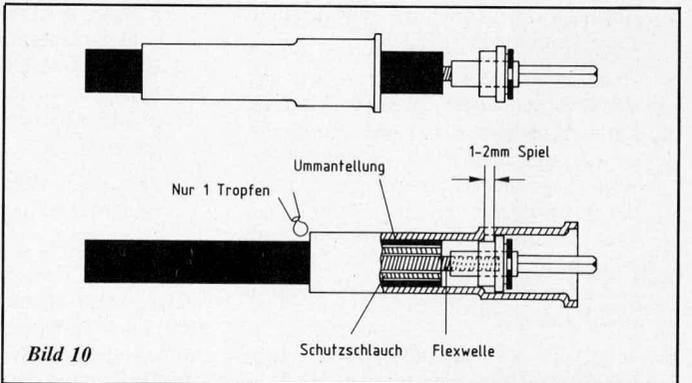


Bild 10

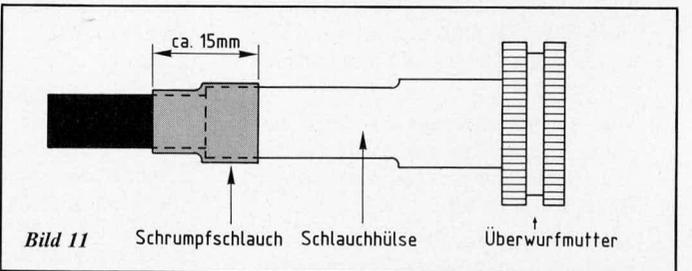


Bild 11

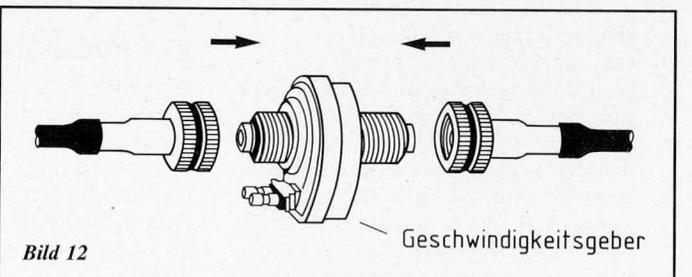


Bild 12

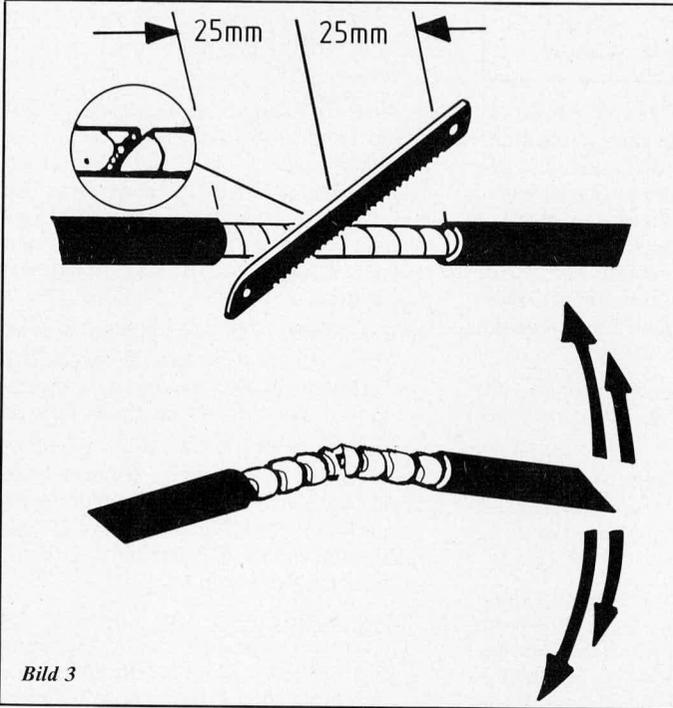


Bild 3

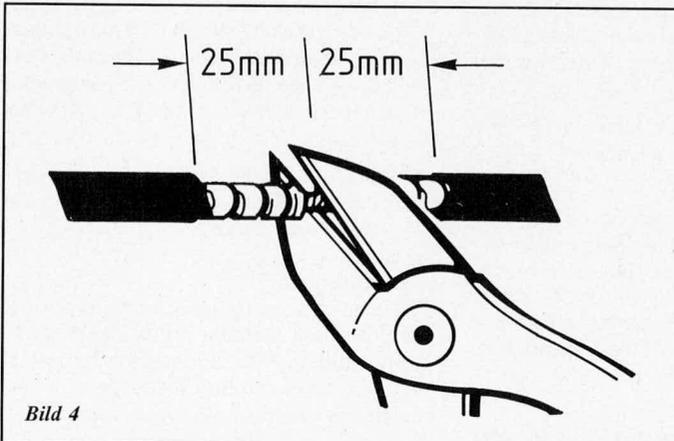


Bild 4

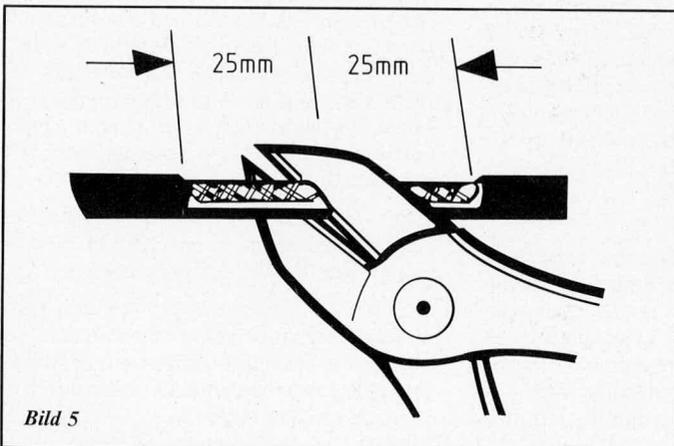


Bild 5

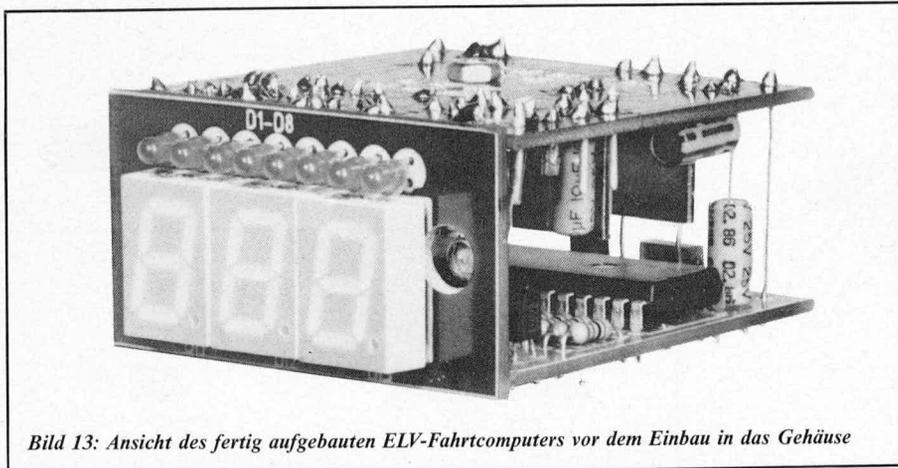


Bild 13: Ansicht des fertig aufgebauten ELV-Fahrtcomputers vor dem Einbau in das Gehäuse

6. Nachdem die Tachowelle getrennt und vorbereitet wurde, ist die Überwurfmutter, die Schlauchhülse sowie ein 15 mm langer Schrumpfschlauchabschnitt entsprechend Bild 7 auf das Schlauchende aufzuschieben.
7. Anschließend wird der Sprengring auf den Mitnehmer gepreßt und danach von der Rückseite aus (die Seite mit der Bohrung) eine Unterlegscheibe sowie der Kunststoffbund aufgesetzt (Bild 8).
8. Die Tachometerseele ist gut zu entfetten. Diese Arbeit ist besonders sorgfältig durchzuführen, da hiervon die Haltbarkeit der Verbindung entscheidend abhängt.
9. Nun kann der Mitnehmer mit seiner Bohrung bis zum Anschlag auf die freistehende Tachometerseele (Innenwelle) gesteckt werden, wobei zuvor in die Bohrung des Mitnehmers ein Tropfen Zwei-Komponenten-Kleber zu geben ist (Bild 9).
10. Um sich nicht allein auf die Verbindung durch den Kleber zu verlassen, empfiehlt es sich, mit einer Flach-, Kombi- oder Rohrzanze den Mitnehmer im Bereich der Bohrung mit der darin befindlichen Tachometerseele fest anzupressen, um 90 Grad zu drehen und nochmals anzupressen (die Bohrung wird dadurch leicht 4eckig).
11. Jetzt wird die Schlauchhülse soweit in Richtung Mitnehmer gezogen, bis ca. 1 bis 2 mm Spiel bleibt (Bild 10). Die Tachowellenseele muß sich also um 1 bis 2 mm in Achsrichtung hin und herschieben lassen.
12. Von der Hinterkante aus wird jetzt etwas Zwei-Komponenten-Kleber zwischen Schlauchhülse und Schutzschlauch eingefügt (Bild 10).
13. Zusätzlich ist das Schlauchhülsende im Bereich der hinteren 10 mm, wo sich auch die Verklebung befindet, mit einer stabilen Zange etwas zusammenzupressen, um 90 Grad zu drehen und anschließend nochmals zu pressen, so daß sich eine leicht eckige Kontur ergibt. Mit der Pressung soll erreicht werden, daß die Schlauchhülse auch ohne Klebeverbindung fest mit dem Schutzschlauch der Tachometerwelle verbunden ist, ohne jedoch das Profil des Schutzschlauches zu verformen.

14. Entsprechend Bild 11 wird ein ca. 15 mm langer Schrumpfschlauchabschnitt zur Hälfte über die Schlauchhülse gesetzt und mit Heißluft zum Zusammenziehen gebracht, wodurch sich eine zusätzliche Verbindungssicherheit ergibt. Steht kein Heißluftgebläse zur Verfügung, kann auch durch leichtes Darüberstreichen mit einem LötKolben die Verbindung erreicht werden.
15. Jetzt wird die Überwurfmutter bis zum Anschlag in Richtung Mitnehmer geschoben (Bild 11).
16. Nachdem auch die zweite Tachowelle in gleicher Weise bearbeitet wurde, kann die Verbindung entsprechend Bild 12 mit dem Tacho-Generator erfolgen.
17. Der Anschluß der 1adrigen abgeschirmten Zuleitung kann entweder über entsprechende Steckschuhe oder Lötungen erfolgen. Da bei dem VDO-Tacho-Generator die beiden Anschlußstifte potentialfrei sind, spielt es keine Rolle, an welchen der beiden Anschlüsse die Abschirmung der Zuleitung zu legen ist.
18. Die Tachowelle kann jetzt wieder ins Fahrzeug eingebaut werden.

Anmerkung:

Durch das Zwischenfügen des VDO-Tacho-Generators hat sich die Länge der verwendeten Tachometerwelle um ca. 53 bis 58 mm erhöht. Ist dies nicht gewünscht, kann die Welle nach dem Durchtrennen (im Bereich des Arbeitspunktes 3 dieser Beschreibung) um diesen Betrag gekürzt werden.

Hinweis:

Über den ELV-Kundenservice kann der Einbau des VDO-Tacho-Generators ebenfalls vorgenommen werden. Hierzu muß lediglich die entsprechende Tachowelle eingesandt werden, wobei die Einbauposition, d. h. Anfang und Ende der erforderlichen 58 mm markiert werden. Näheres entnehmen Sie bitte unserem Angebot.

Zur Einstellung

Das gesamte Prozessorsystem arbeitet digital und quartzgenau. Da zusätzlich sämtliche Meßbereiche untereinander in einer festen Zuordnung stehen, kann die Einstellung auf einfache Weise mit einem einzigen Faktor durchgeführt werden und sämtliche anderen Meßbereiche stimmen automatisch.

Für die Einstellung stehen zwei verschiedene Möglichkeiten zur Verfügung, die im folgenden beschrieben werden.

a) Automatische Kalibrierung

1. Die Brücken 1 bis 8 sind wahlweise entweder alle eingelötet oder alle entfernt. Hierdurch erkennt das System den automatischen Kalibriermodus.
2. Das bis zu diesem Zeitpunkt stromlose Gerät wird eingeschaltet. Alle LEDs sind eingeschaltet. Auf dem 3stelligen Display erscheint auf der linken Stelle ein „c“ als Erkennung des Kalibriermodus.
3. Zum Anfang der Kalibrierstrecke fahren.
4. Taste Ta 1 länger als 1 s drücken. Auf der 3stelligen Anzeige erscheint auf der linken Stelle „c“ und auf der rechten Stelle das spiegelbildliche Zeichen. Die mittlere Anzeige ist erloschen. Hierdurch wird gekennzeichnet, daß sich das Fahrzeug in der Kalibrierstrecke befindet.
5. Eine Strecke von exakt 1000 m fahren, wobei nur eine Fahrtrichtung zulässig ist (also nicht zwischendurch rückwärts fahren – auch nicht am Ende, falls zu weit gefahren wurde).
6. Taste Ta 1 länger als 1 s drücken. Auf der Anzeige erscheint jetzt an der rechten Stelle ein spiegelbildliches „c“ zur Kennzeichnung, daß die Kalibrierstrecke durchfahren wurde.
7. Unmittelbar nach dem Loslassen der Taste Ta 1 wird der Faktor berechnet und angezeigt. Durch Einsetzen der entsprechenden Brücken an den Stellen 1 bis 8 kann dieser Faktor zusätzlich fest eingegeben werden. Dies ist jedoch nicht erforderlich, bietet aber den Vorteil, daß bei einem evtl. Stromausfall eine neue Kalibrierung nicht erforderlich ist.
8. Taste Ta 1 länger als 1 s betätigen. Hierdurch schaltet das Prozessorsystem auf Normalbetrieb um.

Anmerkungen:

Soll eine neue automatische Kalibrierung durchgeführt werden, muß die Versorgungsspannung für mindestens 1 s unterbrochen werden, damit das System in diesen Betriebszustand gelangen kann.

Wird ein Kalibrierfaktor durch Einbau der entsprechenden Brücken an den Plätzen 1 bis 8 fest vorgegeben, so dominiert dieser, d. h. die automatische Kalibrierung ist nicht wirksam. Es muß also entweder ein korrekter Faktor mittels Brücken vorgegeben werden oder aber gar keiner (Brücken 1 bis 8 alle bzw. keine einlöten).

Liegt der errechnete Faktor nicht im Bereich von 0 bis 255, so erscheint in der Anzeige wieder „c“ in der linken Stelle.

Erhält das Prozessorsystem in der Teststrecke überhaupt keine Weg-Impulse, so benötigt es für die Rechnung ca. 20 Minuten. Dies entspricht einer Division durch 0. Danach erscheint dann wieder das spiegelbildliche „c“ in der letzten Stelle.

b) Manuelle Kalibrierung

Für diese Kalibrierart ist zwar keine Kalibrierstrecke mit einer Länge von exakt 1000 m erforderlich, jedoch muß sie trotzdem exakt bekannt sein (möglichst auf 1 m genau) und sollte im Bereich zwischen 500 und 1000 m liegen.

Zunächst werden nun die Brücken 2 bis 8 entsprechend der Binärzahl 254 eingelötet. Auf die Umsetzung des Faktors in eine Binärzahl gehen wir im weiteren Verlauf dieses Kapitels noch näher ein. Bei jeder Änderung der Brücken, ist das Gerät kurz vor der Versorgungsspannung zu trennen. Hierdurch findet ein Gesamtriset sowie eine neue Codeeinlesung statt.

Für die Einstellung wird das Fahrzeug jetzt an den Anfang der genau bekannten Kalibrierstrecke gebracht und das Gerät auf den Meßbereich 7 „Meterzähler“ eingestellt.

Die Taste Ta 1 ist für länger als 1 s zu betätigen, um die Anzeige des Meterzählers auf „000“ zu setzen. Nun wird die bekannte Meßstrecke möglichst auf 1 m genau durchfahren und das Fahrzeug am Meßstreckenende angehalten. Zu berücksichtigen ist auch hierbei, daß die Meßstrecke nicht versehentlich um einige Meter zu weit gefahren wird, da das anschließende Zurücksetzen des Fahrzeugs den Meßfehler nur noch vergrößert (der Tacho-Generator gibt auch bei Rückwärtsfahrt die gleichen Impulse ab).

Zum Abstecken der Meßstrecke sind z. B. die Fahrbahn-Begrenzungspfähle geeignet, deren Abstand auf Bundesstraßen im allgemeinen 50 m beträgt. Nachdem die Meßstrecke durchfahren wurde, wird der auf dem Meterzähler angezeigte Meßwert abgelesen und notiert.

Anhand nachfolgender Formel wird über eine leicht durchzuführende Rechnung der Faktor „F“ ermittelt:

$$F = \frac{\text{Teststrecke in Metern} \times 484}{\text{Anzeigenwert der Testfahrt}} - 230$$

Das Ergebnis „F“ der Rechnung muß im Bereich zwischen 1 und 254 liegen, wobei evtl. nach dem Komma auftretende Ziffern

entfallen, d. h., nur die ganzen Zahlen werden berücksichtigt.

Bei der automatischen Kalibrierung könnten zusätzlich „0“ und „255“ genutzt werden, sofern erforderlich. Sollte der Faktor geringfügig außerhalb des einstellbaren Bereiches liegen, kann bei negativem Faktor „0“ und bei einem Faktor größer „254“ trotzdem „254“ eingelötet werden. Bei bis zu 4 Digit Unterschied liegt der Fehler im Bereich von ca. 1%.

Der anhand der vorstehend aufgeführten Formel errechnete Faktor „F“ wird anschließend dem Prozessorsystem eingegeben. Die Codierung selbst erfolgt mit den Brücken 1 bis 8, und zwar in Form eines 8-Bit-Binär-Codes, d. h., es stehen 254 Codiermöglichkeiten (1 bis 254) zur Verfügung. Der Faktor „F“ ist also zunächst in eine Binärzahl umzurechnen. Hierzu werden anhand der Tabelle II diejenigen Wertigkeiten angekreuzt, deren Summe der Zahl des Faktors „F“ entspricht.

Nachfolgend soll ein kurzes Beispiel zum besseren Verständnis angeführt werden:

Beträgt der Faktor „F“ z. B. 45, so ergibt sich diese Zahl aus Addition der in Tabelle II als Beispiel angekreuzten Zahlen 32, 8, 4, 1. In diesem Fall sind somit die Brückennummern 1, 3, 4 und 6 einzubauen. Die übrigen Brücken (hier 2, 5, 7, 8) entfallen ersatzlos. Wie man sieht, eine einfache Sache.

Brücken-Nr.	Wertigkeit	Beispiel: (siehe Text)
1	$2^0 = 1$	x
2	$2^1 = 2$	
3	$2^2 = 4$	x
4	$2^3 = 8$	x
5	$2^4 = 16$	
6	$2^5 = 32$	x
7	$2^6 = 64$	
8	$2^7 = 128$	
	zusammen: 255	45

Wird jetzt nach erfolgter Einstellung die Teststrecke nochmals durchfahren, muß auf der Anzeige der korrekte Wert mit einer

Genauigkeit von besser als 1% angezeigt werden. Damit ist die Einstellung in allen Meßbereichen bereits beendet.

Meßgenauigkeit

Im vorangegangenen Absatz wurde die Kalibrierung und die erreichbare Genauigkeit von 1% im Meßbereich 7 (Meterzähler) besprochen.

Sämtliche übrigen Meßfunktionen – einschließlich der Tachometer-Funktion – sind automatisch mit gleicher Genauigkeit eingestellt, so daß auch die Fahrtgeschwindigkeit mit hoher Präzision abgelesen werden kann. Zu berücksichtigen ist hierbei, daß zur Ausnutzung der vollen Genauigkeit sowohl der Reifenluftdruck als auch die Profiltiefe der Testfahrt entsprechen müssen. Allein zwischen maximaler und minimaler Profiltiefe eines Reifens können Differenzen von mehreren Prozent auftreten. Wird die Testfahrt bei einer mittleren Profiltiefe durchgeführt, so liegt die typische Genauigkeit über den gesamten Bereich bei besser als $\pm 2\%$, wobei die Genauigkeit des Gerätes unter 0,5% (!) liegt.

Bei der Zeitmessung in den Funktionsbereichen 8 und 9 (Beschleunigung) beträgt die Genauigkeit 1% vom Meßwert + 0 Digit/ – 2 Digit.

Abschließend wollen wir nicht unerwähnt lassen, daß die Abweichungen des ELV-Fahrtcomputers besonders in der Tachometer-Funktion zur Anzeige des fahrzeugeigenen Tachometers im allgemeinen nicht unerheblich sein werden. Dies beruht darauf, daß vom Gesetzgeber für Tachometer nur positive Abweichungen bis zu 8% vom Endwert zugelassen sind. Bei einem Tachometerendwert von 180 km/h sind dies rund 15 km/h. Der ELV-Fahrtcomputer zeigt hingegen die Geschwindigkeit bei korrekter Kalibrierung auf typ. 1 bis 2 km/h genau an. Er darf aufgrund der geringen \pm Toleranzen nicht als Haupttachometer eingesetzt werden.

Damit ist die Einstellung des ELV-Fahrtcomputers bereits beendet und dem Einsatz steht nichts mehr im Wege.

Grundlagen der Empfangstechnik

Im zweiten Teil dieser Artikelserie wird die Funktionsweise eines Superhet-Empfängers beschrieben.

Teil 2

Der Superhet-Empfänger

Bei dem im ersten Kapitel beschriebenen Geradeaus-Empfänger wird eine Verstärkung des demodulierten Empfangssignals auf einen ausreichenden Pegel vorgenommen, ggf. kann zusätzlich zuvor noch das HF-Eingangssignal vorverstärkt werden. Bei sehr kleinen Signalen ist es erforderlich, die Verstärkung entsprechend hoch zu wählen, um später auf einen ausreichenden Lautstärkepegel zu kommen. Hier zeigen sich nun bei einem Geradeaus-Empfänger sehr rasch die Grenzen des technisch Möglichen, da verschiedene Schmutzeffekte und insbesondere die Mitkopplung die erzielbare maximale Verstärkung begrenzen. Weiter entfernte Sender, die nur mit einem schwachen Signal einfallen, können nicht mehr empfangen werden, d. h., es stehen lediglich die in näherem Umkreis liegenden Sender zur Auswahl.

Hier schafft das Superhet-Prinzip eine wesentliche Verbesserung. In Bild 4 ist die prinzipielle Funktionsweise eines Superhet-Empfängers dargestellt.

Beim Superhet-Empfänger wird, wie auch beim Geradeaus-Empfänger, das von der Empfangsantenne kommende HF-Signal auf den Eingangs-Empfangskreis gegeben. Durch die Abstimmung des Empfangskreises auf die Sendefrequenz des zu empfangen gewünschten Senders (f_1) erfolgt die Selektion, d. h. es wird im wesentlichen diese eine Frequenz im nachfolgenden Verstärker weiter verarbeitet.

Der Ausgang des Vorverstärkers V_1 gelangt auf den ersten Eingang einer Mischstufe, in der 2 Frequenzen gemischt werden. Am Ausgang steht sowohl die Summe ($f_2 + f_1$), als auch die Differenz ($f_2 - f_1$) zur Verfügung. Auf den Sinn dieser Maßnahme sowie die Weiterverarbeitung gehen wir etwas später noch detailliert ein.

Die zweite für den Mischer erforderliche Frequenz stellt ein abstimmbare Oszillator bereit, dessen Frequenz (f_2) mit dem Drehkondensator C_b eingestellt wird. Wesentlich ist hierbei, daß sich die beiden Drehkondensatoren C_a und C_b auf derselben Antriebsachse befinden und so bemessen sind, daß die Differenz zwischen einge-

stellter Empfangsfrequenz f_1 und Oszillatorfrequenz f_2 konstant bleibt.

Am Ausgang des Mischers steht nun, wie bereits erwähnt, die Summe $f_2 + f_1$, sowie die Differenz $f_2 - f_1$ dieser beiden Frequenzen zur Verfügung.

$f_2 + f_1$ ist hierbei nicht von Interesse und wird bei der nachfolgenden Weiterverarbeitung in den Filtern unterdrückt.

Unser Interesse gilt ausschließlich der Differenzfrequenz $f_2 - f_1$, die einen wesentlichen Teil eines Superhet-Empfängers ausmacht und konstant ist.

Im Langwellen- und Mittelwellenbereich werden Empfangskreis und Oszillatorfrequenz so aufeinander abgestimmt, daß sich eine Differenzfrequenz von 455 kHz ergibt, während im UKW-Bereich als Differenz allgemein 10,7 MHz zugrundegelegt wird.

Nach dem Mischer schließt sich ein schmalbandiger Verstärker an, der genau auf die Differenzfrequenz, die allgemein mit Zwischenfrequenz bezeichnet wird, abgestimmt ist. Mit diesem sog. Zwischenfrequenzverstärker kann eine sehr hohe Verstärkung erreicht werden, die wesentlich höher liegen kann wie bei den Breitbandverstärkern, die bei Geradeaus-Empfängern Anwendung finden. Ferner ist eine Rückkopplung auf den sehr empfindlichen Eingangskreis nahezu ausgeschlossen, da die im Zwischenfrequenzverstärker verarbeiteten Signale in ihrer Frequenz deutlich von der Empfangsfrequenz und von der Oszillatorfrequenz abweichen. Dies ist ein weiterer gravierender Vorteil bei einem Superhet-Empfänger.

Zur Veranschaulichung ist im Blockschaltbild 4 der Zwischenfrequenzverstärker mit einem vorgeschalteten separaten schmalbandigen Filter gezeichnet, um den wesentlichen Charakter der Schmalbandverstärkung herauszustellen. In der Praxis befindet sich der Filter im allgemeinen innerhalb einer von mehreren Zwischenfrequenzverstärkerstufen und ist somit Bestandteil dieses Verstärkertails.

Am Ausgang des Zwischenfrequenzverstärkers findet die vom Geradeaus-Empfänger her bereits bekannte Demodulation statt, nach der das NF-Ausgangssignal zur

Verfügung steht. Dies kann mit „normalen“ NF-Verstärkern weiter auf die gewünschten Pegel angepaßt werden.

Da die Empfangspegel, d. h. die Eingangsfeldstärken der verschiedenen zu empfangenden Sender sehr unterschiedlich sein können, die Ausgangslautstärke jedoch unabhängig vom eingestellten Sender möglichst gleichbleiben soll, besitzen die meisten Superhet-Empfänger eine automatische Verstärkungsregelung. Die Wirkungsweise ist wie folgt: Die NF-Signalspannung wird hinter dem Demodulator, jedoch vor der manuellen Lautstärkeregelung abgefragt, gleichgerichtet und zur Steuerung der Verstärkung des Zwischenfrequenzverstärkers herangezogen. Auf diese Weise steht vor der manuellen Verstärkungseinstellung ein weitgehend konstanter NF-Signalpegel zur Verfügung, und zwar unabhängig von der Empfangssignalstärke.

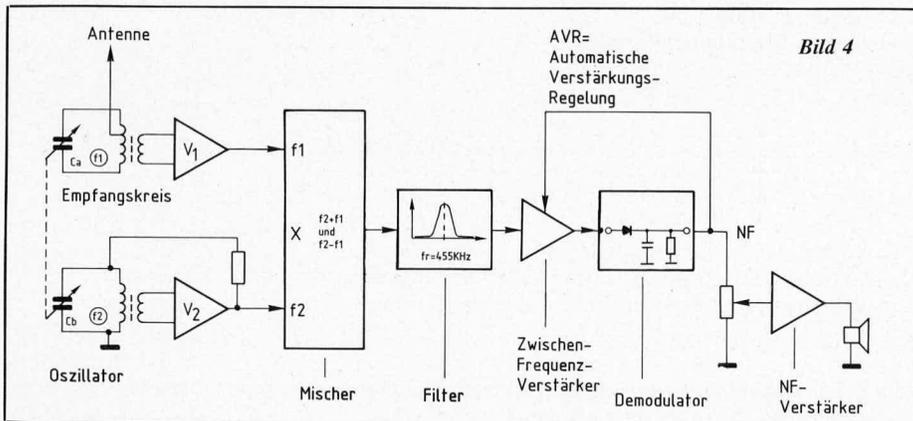
Nachfolgend wollen wir ein kurzes Beispiel bezüglich der Empfangsfrequenz f_1 und Oszillatorfrequenz f_2 besprechen.

Im Mittelwellenbereich zwischen 560 kHz und 1600 kHz entsprechend 1,6 MHz muß die Oszillatorfrequenz jeweils um die gewünschte Differenz (hier 455 kHz) höher liegen. Sie beträgt somit $560 \text{ kHz} + 455 \text{ kHz} = 1015 \text{ kHz}$ am unteren Frequenzbereich und $1600 \text{ kHz} + 455 \text{ kHz} = 2055 \text{ kHz}$ am oberen Frequenzbereich. Soll z. B. ein Sender bei genau 1,000 MHz empfangen werden, muß die Resonanzfrequenz des Empfangskreises auf diese 1000 kHz eingestellt werden, wobei gleichzeitig die Oszillatorfrequenz auf $1000 \text{ kHz} + 455 \text{ kHz} = 1455 \text{ kHz}$ zu bringen ist. Die zur Weiterverarbeitung herangezogene Differenzfrequenz $f_2 - f_1$ am Ausgang des Mischers beträgt sodann $1455 \text{ kHz} - 1000 \text{ kHz} = 455 \text{ kHz}$. Ein wesentliches Kriterium für die Qualität eines Empfängers ist dessen Trennschärfe. Diese wird u. a. durch die Güte des Empfangskreises sowie die Bandbreite des Zwischenfrequenzverstärkers einschließlich des zugehörigen Filters bestimmt.

Die Problematik bei Superhet-Empfängern liegt darin, die Oszillatorfrequenz bei der Abstimmung auf einen speziell zu empfangenden Sender gleichzeitig so einzustellen, daß sie immer 455 kHz höher als die Resonanzfrequenz des Empfangskreises liegt.

Treten hier Abweichungen auf, die größer sind als die Bandbreite des Zwischenfrequenzverstärkers, so nimmt die Empfindlichkeit in ihrer Gesamtheit erheblich ab, bzw. ein Empfang ist überhaupt nicht mehr gegeben.

Da Superhet-Empfänger weltweit in Riesenstückzahlen produziert werden, ist die Industrie mit der Fertigungstechnologie selbstverständlich bestens vertraut. In Verbindung mit speziell für Empfangs- und Oszillatorkreise entwickelten und angefertigten Spezialteilen sowie geringen Fertigungstoleranzen können heutzutage Su-



perhet-Empfänger sehr rationell und kostengünstig produziert werden. Für den Hobby-Elektroniker ist der Nachbau jedoch schwierig, da neben dem genauen und gleichzeitigen Einstellen von Oszillator- und Empfangsfrequenz noch weitere verschiedene Abgleichpunkte, so z. B. im Zwischenfrequenzverstärker, erforderlich sind. Dies kann nur von Profis mit einem größeren Aufwand an Meßgeräten durchgeführt werden. Auf 2 Ausnahmen, die sich auch für den Selbstbau eignen, wollen wir im folgenden noch näher eingehen.

Zum einen handelt es sich hierbei um einen Superhet-Empfänger, bei dem der Empfangskreis so breitbandig ausgelegt wird, daß er den gesamten einzustellenden Frequenzbereich abdeckt und somit keine Einstellung mehr erforderlich ist. Auf unser Bild 4 bezogen, bedeutet dies, daß die Kapazität C_a als Festkondensator ausgeführt ist. Eingestellt wird lediglich die Oszillatorfrequenz. Durch einen hinreichend schmalbandigen Zwischenfrequenzverstärker kann allein durch Verändern der Oszillatorfrequenz der gewünschte Sender herausgefiltert werden. Dieses Verfahren kann nur dann angewandt werden, wenn das Verhältnis zwischen größter zu empfangender Frequenz und niedrigster zu empfangender Frequenz klein ist, da sonst die Güte des Empfangskreises zu sehr herabgesetzt werden muß, um auf die erforderliche Bandbreite zu kommen.

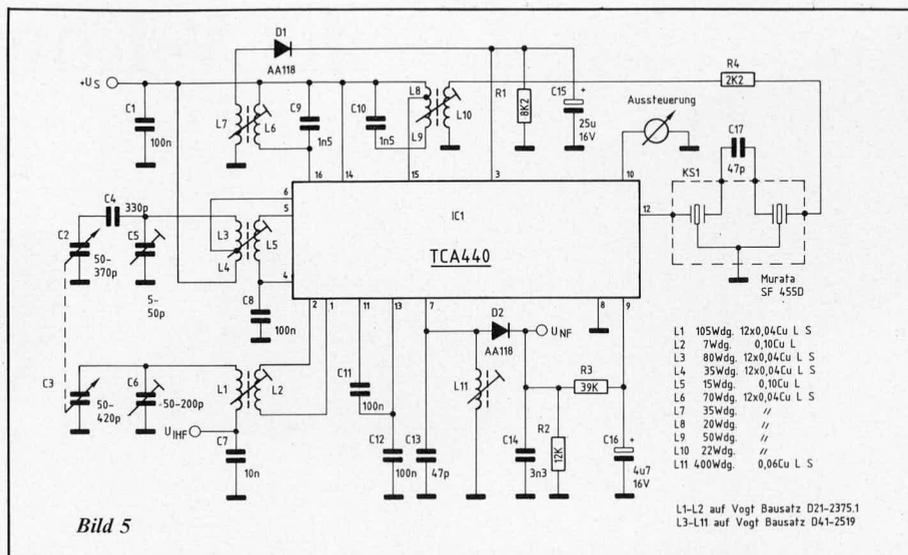
Im Mittelwellenbereich läßt sich dieses Verfahren daher nicht anwenden (1600 kHz : 560 kHz = ca. 3). Im UKW-Bereich, in dem die obere Frequenz bei 108 MHz und die untere bei 88 MHz liegt, ist dieses Verfahren jedoch praktikabel (108 MHz : 88 MHz = ca. 1,22). In der kommenden Ausgabe stellen wir Ihnen daher einen für den Selbstbau geeigneten UKW-Superhet-Empfänger vor.

Die zweite Form eines Superhet-Empfängers, die ebenfalls für den Selbstbau geeignet ist, stellt der Festfrequenz-Superhet-Empfänger dar, wie er z. B. in Fernsteuerempfängern u. ä. Anwendung findet. Da hier sowohl der Empfangskreis als auch die Oszillatorfrequenz auf eine ganz bestimmte nicht veränderbare Frequenz abgestimmt wird, ergeben sich keine Probleme mit dem gleichzeitigen Abstimmen der beiden Kreise, d. h. der Abgleich kann in aller Ruhe auf die eine bestimmte Empfangsfrequenz vorgenommen werden.

Zum Abschluß dieses Kapitels wollen wir für die Profis unter unseren Lesern, der Vollständigkeit halber, das Schaltbild eines Mittelwellen-Superhet-Empfängers beschreiben. Auf die Ausführung eines Layouts haben wir an dieser Stelle verzichtet, da der Nachbau nur auf einen kleinen Kreis von Experten beschränkt bleibt.

Mittelwellen-Superhet-Empfänger

In Bild 5 ist ein Anwendungsbeispiel für einen Mittelwellen-Superhet-Empfänger mit dem Siemens-IC des Typs TCA 440 dargestellt. In diesem IC sind alle für den Aufbau eines Superhet-Empfängers erforderlichen aktiven Komponenten enthalten. Der Empfangskreis besteht aus den parallel geschalteten Kondensatoren C 3 und C 6



sowie der Spule L 1. Das Antennensignal wird am Fußpunkt von L 1 eingekoppelt. Die Auskopplung erfolgt nahezu belastungsfrei über L 2 auf die beiden Eingänge Pin 1 und Pin 2 des im IC 1 enthaltenen HF-Vorverstärkers. Innerhalb des IC 1 gelangt dieser Ausgang auf einen der 2 Eingänge des Mixers.

Der zweite Mischereingang wird von dem internen Oszillator gespeist, dessen Frequenz in Verbindung mit C 2, C 4, C 5, C 8 sowie den Spulen L 3 bis L 5 festgelegt und mit C 2 verändert werden kann.

Wesentlich ist hierbei das gleichzeitige Abstimmen von C 2 und C 3, damit die Differenzfrequenz zwischen eingestellter Empfangsfrequenz und Oszillatorfrequenz immer bei 455 kHz liegt, und zwar unabhängig von der Empfangsfrequenz.

Der Mischerausgang (Pin 15 des IC 1) arbeitet auf den Schwingkreis L 8, L 9, C 10. Die Auskopplung erfolgt mittels L 10 über R 4 auf den Keramikfilter des Typs SF 455 D. Hierbei handelt es sich um einen Filter, der speziell für Zwischenfrequenzanwendungen entwickelt wurde und eine Mittenfrequenz von exakt 455 kHz besitzt. Vom Ausgang dieses Filters gelangt das Signal auf den Eingang des ebenfalls im IC 1 integrierten Zwischenfrequenzverstärkers (Pin 12). Hierbei handelt es sich um einen 4stufigen Verstärker, von dem 3 Stufen gleichzeitig über Pin 9 in ihrer Verstärkung geregelt werden können.

An Pin 7 des IC 1 steht das Ausgangssignal des Zwischenfrequenzverstärkers zur Verfügung. Der Schwingkreis C 13 L 11, der ebenfalls auf die Zwischenfrequenz abgestimmt wird, sorgt für eine zusätzliche Filterung und trägt zur Erhöhung des Ausgangssignals bei.

Über D 2, C 14, R 2 erfolgt die Demodulation und das NF-Signal steht zur Weiterverarbeitung mit einem handelsüblichen NF-Verstärker zur Verfügung.

Zur Regelung und damit Konstanthaltung des Ausgangssignalpegels unabhängig von der Höhe des Empfangssignals wird über R 3, C 16 eine weitere Pufferung vorgenommen und das so aufbereitete Signal auf den Verstärker-Steuereingang Pin 9 des IC 1 gegeben.

Zusätzlich besitzt das IC 1 die Möglichkeit der Verstärkungsregelung bereits in der HF-Vorstufe. Hierzu steht ein weiterer Ausgang des Mixers zur Verfügung (Pin 16), über den die Steuerung der HF-Vorstufe erfolgen kann. Pin 16 arbeitet auf den Schwingkreis L 6, C 9. Das Signal wird mittels L 7 ausgekoppelt und über D 1 in Verbindung mit R 1, C 15 gleichgerichtet und auf den entsprechenden Steuereingang Pin 3 des IC 1 gegeben. Im einfachsten Fall kann auf letztgenannte zusätzliche Verstärkungsregelung verzichtet werden, wobei dann Pin 3 auf Masse und Pin 16 auf +U_s zu legen ist.

Die Betriebsspannung U_s kann im Bereich zwischen 4,5 bis 15 V schwanken bei einer typischen Stromaufnahme von ca. 10 mA.

An Pin 10 kann zusätzlich ein Aussteuerungs-Anzeigeelement angeschlossen werden mit einem Meßbereichswert von 300 µA und einem Innenwiderstand von R_i = 1,5 kΩ.

Der Abgleich soll im nachfolgenden noch kurz beschrieben werden.

Zunächst wird der Oszillator mit Hilfe von L 3 bis L 5 sowie C 5 so eingestellt, daß mit C 2 der erforderliche Bereich von 1015 kHz bis 2055 kHz überstrichen werden kann. Gegebenenfalls kann es erforderlich sein, C 4 und C 5 über den angegebenen Bereich hinaus zu verändern.

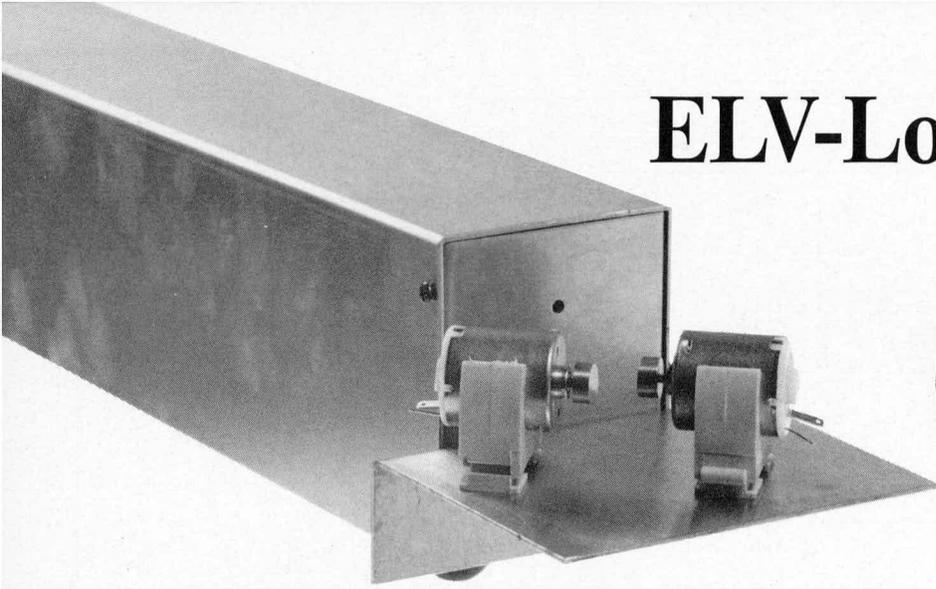
Anschließend wird durch Einstellung von L 1, L 2 sowie C 6 die Resonanzfrequenz des Empfangskreises so festgelegt, daß mit C 3 eine Einstellung zwischen 560 kHz und 1600 kHz möglich ist.

Hierbei ist Wert darauf zu legen, daß die gleichzeitige Einstellung von C 2 und C 3 bei der späteren Abstimmung immer eine konstante Zwischenfrequenz von 455 kHz ergibt.

Anschließend wird der Schwingkreis L 8 bis L 10, C 10 auf die Zwischenfrequenz von 455 kHz eingestellt. Gleiches gilt für L 6, L 7, C 9 sowie L 11, C 13.

In der kommenden Ausgabe des ELV journals stellen wir Ihnen das Prinzip der Frequenzmodulation sowie einen auch für Hobby-Elektroniker nachbaubaren UKW-Superhet-Empfänger vor.

ELV-Low-Cost-Show-Laser-Anlage



Die Lasertechnik findet immer mehr praktische Anwendungen. Nicht zuletzt durch zum Teil extrem günstige Preise für Laserröhren hält der Laser jetzt auch Einzug in das Hobby-Labor.

In dem hier vorliegenden Artikel beschreiben wir den Aufbau eines Lasernetzteils, das zusammen mit der Laserröhre in einem abgeschirmten Metallgehäuse Platz findet sowie ein professionelles Steuergerät, mit dessen Hilfe der Laserstrahl abgelenkt und die verschiedensten interessanten Figuren auf Wand oder Decke projiziert werden können.

Allgemeines

In dem ebenfalls in dieser Ausgabe veröffentlichten Artikel „LASER“ (Grundlagen), sind wesentliche Merkmale rund um die Lasertechnik ausführlich beschrieben. Die interessanten technischen Daten eines Qualitäts-Laserrohres, wie es von ELV für die hier vorgestellten Anwendungen vorgeschlagen wird, sind in Tabelle 1 aufgeführt. Ebenso die technischen Daten des zugehörigen Netzteils.

ELV ist dafür bekannt, auf Sicherheitsbestimmungen großen Wert zu legen und auf mögliche Gefahren aufmerksam zu machen. So weisen wir unsere verehrten Leser immer wieder darauf hin, daß z. B. der Umgang mit Netzwechselspannung lebensgefährlich ist und die einschlägigen VDE- und Sicherheitsbestimmungen unbedingt zu beachten sind. So wollen wir an dieser Stelle, bevor wir auf die hier vorgestellte Bauanleitung näher eingehen, zunächst auf mögliche Gefahren im Umgang mit Lasern im allgemeinen und den hier vorgestellten im besonderen, eingehen.

LASER gibt es in sehr unterschiedlichen Leistungsstufen sowie mit verschiedenen Wellenlängen. Großlaseranlagen sind z. B. in der Lage, selbst dicke Stahlplatten wie Butter zu zerschneiden. Entsprechend aufwendig sind die erforderlichen Sicherheitsvorkehrungen, damit beim Betrieb niemand Schaden nimmt.

In unserem Artikel wollen wir uns jedoch ausschließlich mit sog. Show-Lasern befassen, deren Strahlen sich im sichtbaren Betrieb des Lichtes befinden und meistens hellrot sind.

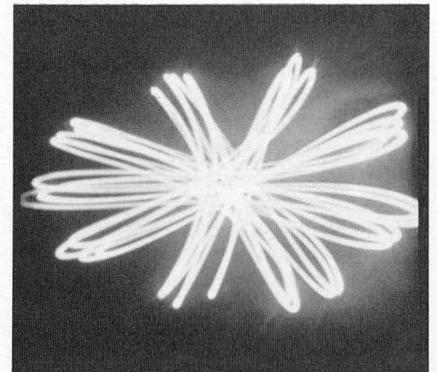
Nach unseren Informationen sind die gesetzlichen Sicherheitsbestimmungen für den Betrieb entsprechender Laseranlagen nicht sehr umfangreich. Dies ist vermutlich

darauf zurückzuführen, daß LASER, und hier insbesondere größere Anlagen extrem teuer sind und fast nur von Profis eingesetzt werden, die hinreichend verantwortungsvoll damit umzugehen in der Lage sind. Jeder einzelne, der eine Laseranlage in Betrieb nimmt, auch wenn es sich um Geräte kleinerer Leistungen handelt, sollte sorgfältig darauf achten, daß keinerlei Schäden durch den Betrieb der Anlage entstehen können.

Bei öffentlichen Anlagen in Diskotheken lautet die Bestimmung, daß die ins Publikum gelangende Strahlungsleistung kleiner als 0,5 sein muß. Hierbei liegt man nach den bisherigen praktischen Erfahrungen deutlich auf der sicheren Seite zumal sich die Laserstrahlen schnell bewegen und keine Dauerbestrahlung der Netzhaut erfolgen kann.

Bei sachgemäßer Anwendung gibt der ELV-LASER eine maximale Strahlungsleistung von 2 mW ab. Da der Strahlendurchmesser im Bereich der Austrittsöffnung sehr gering ist, d. h. eine hohe Bündelung aufweist, ist es unbedingt zu vermeiden, direkt in den Strahl zu blicken. Ein Auftreffen des Laserstrahls auf andere Körperteile als die Augen ist jedoch absolut ungefährlich. Selbst wenn z. B. die Hand längere Zeit unmittelbar vor die Austrittsöffnung gehalten würde, ist mit Sicherheit kein Schaden zu erwarten.

Für die Netzhaut hingegen, kann eine direkte Bestrahlung über mehrere Sekunden bei geringem Abstand Schäden hervorrufen. Andererseits sollte man die von den Strahlen des ELV-LASERS ausgehenden Gefahren nicht überbewerten. Ein kurzer Blickkontakt, der nur den Bruchteil einer Sekunde bei einem wandernden Strahl in Anspruch nimmt, ist selbst dann harmlos, wenn man sich nur 0,5 m von der Austrittsöffnung entfernt befindet. Hat der



Strahl erst einige Meter zurückgelegt und wurde er ggf. sogar mehrmals umgelenkt, ist selbst eine intensive Bestrahlung von mehreren Sekunden der Netzhaut ungefährlich, da die Energiedichten bereits deutlich abgenommen haben.

Sicherheitshalber empfehlen wir, bei den Experimenten mit dem ELV-LASER eine Schutzbrille zu tragen, die einen wesentlichen Strahlungsanteil herausfiltert. Wird der LASER später in Partykeller eingesetzt, sind selbstverständlich keine Schutzbrillen erforderlich, da die Strahlungsdosis durch die Distanz sowie das Umlenken auf niedrige Werte herabgesetzt wurde.

Da der LASER mit einer hohen Betriebsspannung arbeitet, ist diesem Punkt im Hinblick auf die Sicherheit ebenfalls große Aufmerksamkeit zu widmen.

Die Arbeitsspannung des Netzteils liegt bei ca. 1,8 kV, während zum Zünden der Laserröhre ca. 8 kV benötigt werden.

Die Betriebsspannung von LASER-Netzteilen kann 2000 V und mehr betragen. Für die Zündung einer Laserröhre ist noch eine wesentlich höhere Spannung erforderlich, die in der Größenordnung von 8000 V liegt. Eine Berührung spannungsführender Teile ist somit in höchstem Maße lebensgefährlich.

Um eine hohe Sicherheit zu erreichen, wurde der ELV-LASER in einem mechanisch sehr stabilen Metallgehäuse aus massivem 1,5 mm starkem Aluminium eingebaut, d. h. Netzteil und Laserröhre befinden sich zusammen in demselben Gehäuse. Das Gehäuse selbst ist wiederum mit dem Schutzleiter des 220 V Wechselspannungsnetzes verbunden. Wichtig ist hierbei natürlich, daß der Schutzleiter auch ordnungsgemäß angeschlossen wurde, und zwar nicht nur am Gehäuse, sondern auch

Tabelle I

1. Technische Daten der Laser-Röhre

- Helium-Neon-Rotlicht-Laser
- Farbe: intensives Hellrot
- Wellenlänge: $0,63 \pm 0,01 \mu\text{m}$
- Ausgangsleistung: 2 mW
- Aufwärmzeit: kleiner 1 Sekunde
- Strahldurchmesser am Austrittspunkt: $0,75 \pm 0,05 \text{ mm}$
- Strahlaufweitung: ca. $0,75 \text{ mm}$ auf 1 m/entspricht einem Strahldurchmesser von ca. 15 mm auf 10 m
- Zündspannung: 8000 V
- Brennspannung: $1150 \text{ V} \pm 100 \text{ V}$
(min. Vorwiderstand: $68 \text{ k}\Omega/4 \text{ Watt}$ – entspricht min. Versorgungsspannung von ca. 1500 V)
- Betriebsstrom: $5 \text{ mA} \pm 0,2 \text{ mA}$
- Abrißstrom: ca. 4 mA
- Lebensdauer: größer 5000 Stunden (typ. 20 000 Stunden)

2. Technische Daten des Laser-Netzteils

- Laser-Power-Supply Typ LPS 8000
- 220 V-Netzteil
- Betriebsspannung: $220 \text{ V} \pm 5\% / 50 \text{ Hz}$
- Leistungsaufnahme: 10 Watt
- Zündspannung: ca. 8 kV
- Abmessungen: $92 \text{ mm} \times 70 \text{ mm} \times 360 \text{ mm}$
(H x B x L)
- Gewicht: ca. 1600 g einschließlich Laser-Röhre
- Vollgekapseltes Aluminium-Ganzmetall-Gehäuse in universeller Langform
- Durch ideale Einbaumaße leicht zu Mehrfach-Lasern stapelbar
- Stativhalterung im Bodenteil
- Vorgefertigte Bohrungen zur Aufnahme der Ablenkeinheiten
- Rutschsicher durch große GummifüÙe

3. Laser-Steuer-Geräte LSG 7000

- Figurengröße: $0,35 \text{ m} \times$ Distanz von Laser zur Projektionsfläche, d. h. 35 cm auf 1 m, bzw. 3,50 m auf 10 m
- Öffnungswinkel: $2 \times \pm 5 \text{ Grad}$
- Stromversorgung: $12 \text{ V} = / 300 \text{ mA}$ -Steckernetzteil
- Betriebsfunktionen:
 - Automatik
 - Manuell
 - NF-Signal
 - Mono
 - Stereo
- Automatik-Einstellregler getrennt für beide Ablenkeinheiten
- Drehzahl-Einstellregler getrennt für beide Ablenkeinheiten
- Abmessungen $260 \text{ mm} \times 75 \text{ mm} \times 150 \text{ mm}$ (Basisgerät)
 $(\text{B} \times \text{H} \times \text{T})$ $110 \text{ mm} \times 80 \text{ mm} \times 90 \text{ mm}$ (Ablenkeinheiten)
- Gewicht: ca. 700 g (gesamt)

Angegeben sind typ. Werte. Technische Änderungen vorbehalten.

die zur Versorgung dienende Schutzkontakt-Netzsteckdose muß den VDE-Bestimmungen entsprechen.

Die vorstehenden Ausführungen sollen nun nicht als Abschreckung zum Bau der hier vorgestellten Laseranlage dienen, sondern vielmehr wurde so ausführlich auf die Sicherheitsbelange eingegangen, um das sorgfältige und verantwortungsbewußte Vorgehen beim Bau und beim späteren Betrieb dieser Laseranlage zu unterstützen.

Die hier vorgestellte Bauanleitung sollte jedoch nur von Profis in Angriff genommen werden, die hinreichend mit den VDE- und Sicherheitsbestimmungen vertraut sind und die aufgrund ihrer Erfahrungen den ansonsten verhältnismäßig einfachen Nachbau unter Berücksichtigung der Sicherheitsaspekte durchführen können.

Das Lasernetzteil

In Bild 1 ist das Netzteil zum Betrieb der von ELV vorgestellten Laserröhre dargestellt. Dieses LASER-Power-Supply des Typs LPS 8000 erzeugt aus der 220 V Netzwechselspannung sowohl die Betriebsspannung als auch die Zündspannung für die Laserröhre. Es darf nur mit angeschlossener Laserröhre betrieben werden, d. h. niemals im Leerlauf.

Der Transformator Tr 1 setzt die 220 V Netzwechselspannung auf ca. 600 V herauf. Die Leistung des Trafos ist mit 15 VA erheblich überdimensioniert. Der Vorteil liegt in der stabileren Ausgangsspannung, der geringeren Erwärmung sowie der höheren Betriebssicherheit. Letztgenanntem Punkt ist bei höheren Spannungen besondere Aufmerksamkeit zu widmen.

Eine doppelte Einweg-Gleichrichtung, bestehend aus D 12, D 13 in Verbindung mit C 39 bis C 41 (positiver Zweig) sowie D 14, D 15 in Verbindung mit C 42 bis C 44 (negativer Zweig), erzeugt hieraus die Betriebsspannung von ca. 1700 V (unter Last). Im Leerlauf, d. h. vor dem Zünden der Laserröhre kann diese Spannung auf ca. 2000 V ansteigen.

Die Widerstände R 91 bis R 102 sorgen für eine geringe Vorbelastung sowie für die gleichmäßige Aufteilung der Spannung an den 6 Kondensatoren.

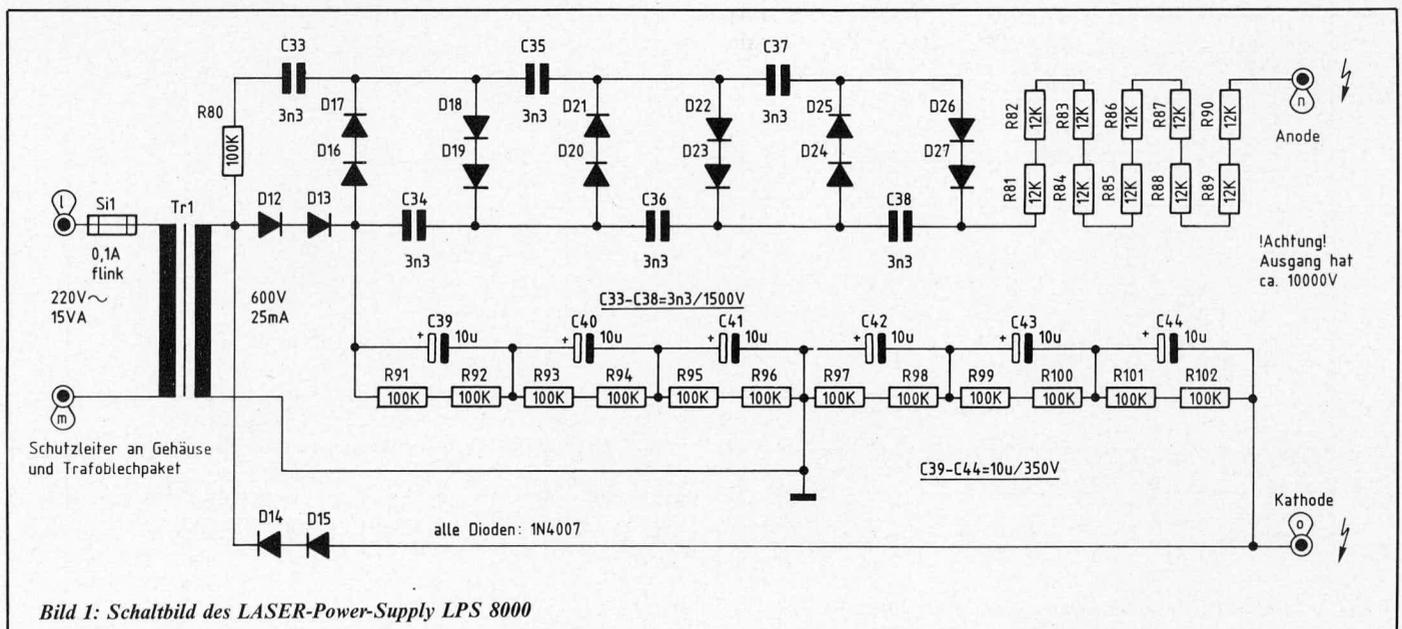


Bild 1: Schaltbild des LASER-Power-Supply LPS 8000

Die eigentliche Versorgungsspannung steht zwischen dem Minuspol von C 44 (Kathodenanschluß) und dem Pluspol von C 39 an. Wie der weitere Stromfluß zur Anode der Laserröhre verläuft, wird im weiteren erläutert. Zunächst wollen wir auf die Erzeugung der sehr hohen Zündspannung eingehen.

D 16 bis D 27 stellen in Verbindung mit den hochspannungsfesten Kondensatoren C 33 bis C 38 eine Dreifach-Spannungsvervielfacher-Schaltung dar. R 80 dient hierbei zur Strombegrenzung im Einschaltmoment sowie zum Schutz des Transformators bei einem Defekt der Spannungsvervielfacher-Schaltung (R 80 schlägt durch).

Mit Hilfe der Spannungsvervielfacher-Schaltung wird die im Leerlauf bei ca. 2000 V liegende Spitze-Spitze-Spannung des Trafos auf ca. 6000 V gebracht, und zwar bezogen auf den positiven Anschluß von C 39. Hinzu kommt die Leerlauf-Versorgungsspannung von ebenfalls ca. 2000 V, so daß sich am Verbindungspunkt C 38/D 27 und Platinenanschlußpunkt „o“ eine Zündspannung von ca. 8000 V ergibt. Diese Spannung finden wir in nahezu gleicher Höhe zwischen den Platinenanschlußpunkten „n“ und „o“, da an den Vorwiderständen R 81 bis R 90 kaum ein Spannungsabfall auftritt. Dies beruht darauf, daß die Laserröhre in nicht gezündetem Zustand eine nahezu vernachlässigbare Stromaufnahme besitzt.

Durch die hohe Zündspannung wird die Laserröhre im Bruchteil einer Sekunde aktiviert, wobei die Zündspannung im selben Moment durch die nun auftretende Strombelastung von ca. 5 mA zusammenbricht. Die Dioden D 16 bis D 27 gehen alle in leitenden Zustand über, so daß zwischen dem Pluspol von C 39 und dem Verbindungspunkt C 38/D 27 lediglich ein Spannungsabfall von $12 \times 0,6 \text{ V}$ (Flußspannung) = 7,2 V auftritt. Am Verbindungspunkt C 38/D 27 steht jetzt die Betriebsspannung bezogen auf den Platinenanschlußpunkt „o“ von ca. 1800 V an. Die Strombegrenzungswiderstände R 81 bis R 90 reduzieren diese Spannung durch den fließenden Strom auf ca. 1200 V (Zwischen Platinenanschlußpunkt „n“ und „o“). Durch den verhältnismäßig großen Innenwiderstand (Reihenschaltung aus R 81 bis R 90) findet eine gute Stromeinprägung statt, dadurch werden Netzspannungsschwankungen und Bauteiltoleranzen einschließlich der Laserröhre weitgehend ausgeglichen. Wesentlich beim Betrieb einer Laserröhre ist der ausreichend konstante Betriebsstrom und nicht die Kostanhaltung der Betriebsspannung. Abschließend sei darauf hingewiesen, daß alle verwendeten Bauteile die erforderliche Spannungsfestigkeit besitzen müssen, um Defekte zu vermeiden. Eine Ausgangszündspannung bis zu 10 000 V kann u. U. Überschlüge von mehreren cm bewirken. Das Gerät darf daher ausschließlich bei geschlossenem, vorschriftsmäßigem Gehäuse eingeschaltet werden. Vor dem Öffnen des Gehäuses muß das Gerät mindestens 1 Minute vorher vollkommen stromlos sein (Netzstecker ziehen), damit die Kondensatoren ausreichend Zeit haben, sich zu entladen.

Das Laser-Steuer-Gerät LSG 7000

Das von ELV entwickelte Laser-Steuer-Gerät LSG 7000 dient zur Ablenkung und Steuerung eines Laserstrahls, so daß die verschiedensten Figuren auf Wand oder Decke projiziert werden können.

Ausgehend von einer Kreisprojektion lassen sich aufgrund der Mehrfach-Strahlablenkung Formen erzeugen, die Ähnlichkeit haben mit den von der Oszilloskopie her bekannten Lissajousschen Figuren, jedoch in unserem Fall mit einer wesentlich höheren Vielfalt an Variationsmöglichkeiten. Die Funktionsweise ist wie folgt:

Ein Laserstrahl, der sowohl von der ELV-Laser-Röhre in Verbindung mit dem dazu passenden Laser-Power-Supply LPS 8000 erzeugt werden kann, als auch von einem nahezu beliebigen anderen Laser, wird auf die Ablenkeinheiten des ELV Laser-Steuer-Gerätes LSG 7000 gegeben.

Bei den Ablenkeinheiten handelt es sich um 2 besonders kontinuierlich und ruckfrei laufende Gleichstrommotoren, auf deren rotierender Achse ein Zylinder aufgesetzt ist, dessen Stirnfläche 5 Grad abgeschrägt und hochglanzverspiegelt ist.

Fällt der Laserstrahl auf die erste Spiegelfläche, so wird er um $90 \text{ Grad} \pm 5 \text{ Grad}$ in x- und y-Richtung abgelenkt. Bei gleichmäßiger Drehung der Spiegelfläche ergibt sich daraus ein Kreis. Diese Kurvenform wird auf die Spiegelfläche der zweiten identisch arbeitenden Ablenkeinheit gegeben. Hier erfolgt eine weitere Ablenkung um ebenfalls $90 \text{ Grad} \pm 5 \text{ Grad}$, wobei hier nicht ein feststehender Strahl, sondern die Kreisfunktion in sich abgelenkt wird. Je nach Drehzahlverhältnissen der beiden rotierenden Spiegelflächen zueinander können die verschiedensten Formationen und Figuren an Wand oder Decke projiziert werden, wobei mit Hilfe des Steuergerätes ein fortlaufender automatischer Wechsel in kontinuierlicher Übergangsfolge der Projektionen möglich ist.

Die beiden Ablenkeinheiten sind Bestandteil des Laser-Steuer-Gerätes LSG 7000 und werden direkt über eine nahezu beliebig lange Verbindungsleitung von dem Basisgerät angesteuert.

Das Basisgerät nimmt nun eine NF-gesteuerte, manuelle oder automatische Steuerung der Drehzahlen der beiden Elektromotoren der Ablenkeinheiten vor. Die beiden Ablenkeinheiten können gemeinsam oder auch vollkommen unabhängig voneinander betrieben werden.

Mit dem ganz links bzw. ganz rechts auf der Frontplatte angeordneten Wahlschalter können 3 Grundbetriebsarten für die Ablenkeinheiten gewählt werden:

1. „Automatik“

Hierbei wird die Drehzahl einer Ablenkeinheit automatisch-fortlaufend zwischen langsam und schnell verändert, und zwar in Form einer Dreiecksfunktion. In der Praxis bedeutet dies, daß die Ablenkeinheit aus dem Stand bzw. von sehr langsamen Drehzahlen kontinuierlich schneller dreht, um nach Erreichen der maximalen Drehzahl

wieder langsamer zu werden, anschließend wieder schneller, langsamer usw.

Die Zeitspanne zwischen niedrigster und höchster Drehzahl, d. h. die Automatikwechselgeschwindigkeit kann mit dem Einstellregler „Automatikwechsel“ im Bereich zwischen ca. 1 und 10 Sekunden gewählt werden. Der Einstellregler „Drehzahl“ dient hierbei zur Festlegung der maximalen Drehzahl.

2. „Manuell“

In dieser Stellung ist nur der Einstellregler „Drehzahl“ wirksam, d. h. die Drehzahl der betreffenden Ablenkeinheit kann zwischen 0 und Maximum eingestellt werden. Sie bleibt auf dem gewählten Wert konstant erhalten.

3. „NF“

Hierbei dient ein angeschlossenes NF-Sprach- oder Musiksignal zur Frequenz- und amplitudenabhängigen Drehzahlsteuerung. Auf der Rückseite des Basisgerätes befindet sich eine DIN-Stereo-Diodenbuchse, wobei der linke Kanal die Ablenkeinheit 1 und der rechte Kanal die Ablenkeinheit 2 steuert. Als Ansteuerungspegel eignet sich der genormte 0 dB-Pegel, der von handelsüblichen Vorverstärkern oder Receivern zur Verfügung gestellt wird. Mit dem Einstellregler „Drehzahl“ kann auch hierbei wieder der Drehzahlbereich, in dem sich der NF-gesteuerte Drehzahlwechsel bewegen soll, festgelegt werden.

Auf der übersichtlich gestalteten Frontplatte des Basisgerätes ist in der Mitte ein Schalter für Mono- bzw. Stereobetrieb angeordnet. Im Stereobetrieb arbeiten beide Ablenkeinheiten vollkommen unabhängig voneinander, während beim Monobetrieb die Steuerkommandos für beide Ablenkeinheiten von den Bedienelementen auf der linken Hälfte der Frontplatte des Steuergerätes erteilt werden. Lediglich die Einstellung der Absolutdrehzahlen mit den Reglern „Drehzahl“ erfolgt für Ablenkeinheit 1 und Ablenkeinheit 2 noch getrennt.

Nachdem wir die vielfältigen Einstell- und Funktionsmöglichkeiten des Laser-Steuer-Gerätes ausführlich beschrieben haben, kommen wir im folgenden zur Schaltungsbeschreibung des Steuergerätes.

Zur Schaltung des ELV-Steuer-Gerätes LSG 7000

Obwohl es sich hierbei um eine verhältnismäßig komplexe und umfangreiche Schaltung handelt, ist sie doch keineswegs so kompliziert, wie es im ersten Moment vielleicht den Anschein hat. Es finden ausschließlich preiswerte und handelsübliche Bauelemente Verwendung, die zudem keinerlei besondere Ansprüche an die Handhabung stellen.

Die vom Steckernetzteil kommende 12 V-Versorgungsspannung wird an die Platinenanschlußpunkte „e“ (+) und „f“ (Schaltungsmasse/-) gelegt. D 7 dient dem Verpolungsschutz. Mit dem Festspannungsregler IC 9 des Typs 7808 wird in Verbindung mit den beiden Kondensatoren C 16 und C 17 eine stabilisierte 8 V-Versorgungsspannung erzeugt.

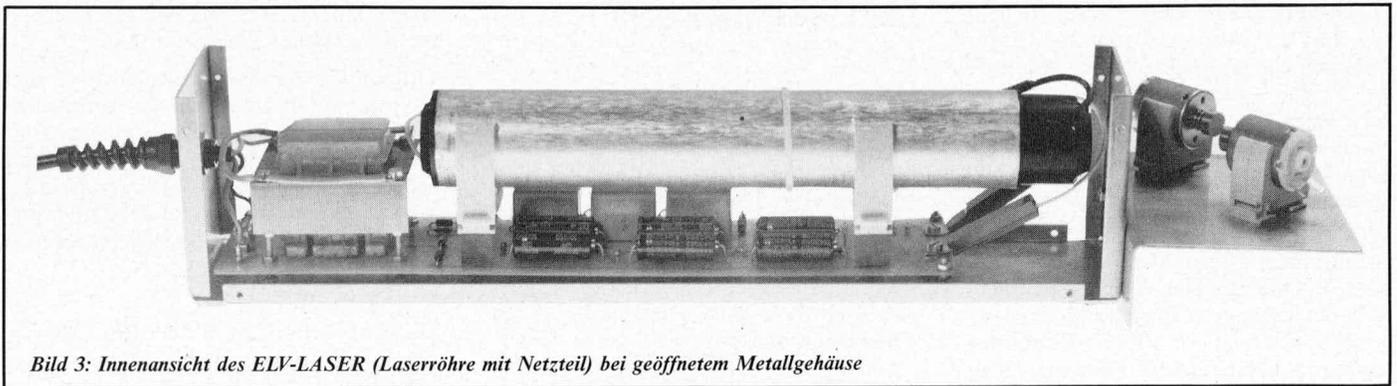


Bild 3: Innenansicht des ELV-LASER (Laserröhre mit Netzteil) bei geöffnetem Metallgehäuse

Da der mit OP 1–8 aufgebaute Schaltungsteil weitgehend identisch ist mit dem Schaltungsteil, der mit OP 9–16 aufgebaut ist, wollen wir uns bei der Beschreibung auf die obere Hälfte (OP 1–8) konzentrieren, die zur Ansteuerung der Ablenkeinheit 1 dient.

Aus Gründen der Übersichtlichkeit beginnen wir mit dem Ausgang und der davorgeschalteten Endstufe und nicht, wie sonst üblich, mit dem Eingang.

Der Elektromotor der Ablenkeinheit 1 wird an die Platinenanschlußpunkte „c“ und „d“ angeschlossen. Er wird direkt über den Leistungs-Endstufentransistor T 3 aus der ungestabilisierten 12 V-Versorgungsspannung des Steckernetzteils gespeist (also vor dem Festspannungsregler). Über R 38 findet eine Rückkopplung auf den nicht invertierenden (+) Eingang (Pin 3) des OP 8 statt. Der Ausgang des OP 8 (Pin 1) stellt sich so ein, daß die über R 40, T 2 und T 3 gesteuerte, am Ausgang (Platinenanschlußpunkt „c“) anstehende Spannung mit der über R 36 auf Pin 2 des OP 8 gelangenden Spannung identisch ist.

Befindet sich der Schalter S 2 b in Mittelstellung („Manuell“), ist er also offen, kann mit R 33 eine Ausgangsspannung zwischen ca. 0 V und +4 V eingestellt werden. Dies entspricht einer Drehzahl der Ablenkeinheit 1 von 0 – Maximum.

Spannungen größer als 4 V sollten nicht an den Spezialmotoren anliegen. Mit dem Trimmer R 34 kann eine Nullpunktverschiebung vorgenommen werden, die bewirkt, daß bei der minimal mit R 33 eingestellten Drehzahl in Stellung „Manuell“ der zugehörige Ablenkmotor nicht ganz stehenbleibt, sondern noch langsam weiterdreht. Je nach individuellen Anforderungen kann dies gewünscht sein, oder auch nicht. Die Möglichkeit ist jedenfalls vorhanden.

Wird der Schalter S 2 b in Stellung „Automatik“ gebracht, so ist durch die niederohmige Ansteuerung des oberen Punktes von R 33 durch den Ausgang (Pin 7) des OP 7 die manuelle Steuerung ausgeschaltet, d. h. die Vorspannungserzeugung über R 32 ist wirkungslos. Die Ansteuerung der Endstufe erfolgt jetzt durch den Dreiecksgenerator (OP 5,6) über den Pegelumsetzer OP 7 sowie den Einstellregler R 33. Dieser ist weiterhin wirksam, legt jedoch jetzt nur noch die Maximaldrehzahl fest, während der Dreiecksgenerator die Drehzahl automatisch in diesem mit R 33 gewählten Bereich variiert. Im einzelnen arbeitet die Schaltung wie folgt:

OP 5 arbeitet in Verbindung mit R 23, R 24 sowie C 10 als Integrierer. Der nachgeschaltete, als Komparator dienende OP 6 gibt an seinen Ausgang (Pin 7) eine Rechteckspannung über R 23, R 24 auf den Eingang des OP 5, und zwar in Abhängigkeit von der Dreieck-Ausgangswechselspannung an Pin 1. Es handelt sich somit um ein rückgekoppeltes, selbstschwingendes System. Die Arbeitsfrequenz kann über R 24 im Bereich von ca. 1 : 11 variiert werden.

Zur Steuerung der Ablenkeinheit und damit der Endstufe ist eine Dreiecksspannung zwischen 0 V und + 4 V erforderlich. Aus diesem Grunde ist der Differenzverstärker OP 7 eingefügt, der die Ausgangsspannung des OP 5 (Pin 1) in diesen gewünschten Bereich verschiebt.

In der dritten Stellung des Schalters S 2 b („NF“) erfolgt die Ansteuerung nicht mehr über den Dreiecksgenerator, sondern in ähnlicher Weise ebenfalls niederohmig über den Ausgang (Pin 7) des OP 4.

Dieser als Pufferverstärker arbeitende OP erhält sein Signal aus der aufbereiteten, am Eingang angeschlossenen NF-Spannung.

Diese wird an die Platinenanschlußpunkte „a“ und „b“ gelegt und über C 1, R 1, C 2 auf die erste NF-Filter/Verstärkerstufe gegeben, die mit OP 1 und Zusatzbeschaltung aufgebaut wurde. R 12, C 5 legen die obere Grenzfrequenz und R 13, C 4 die untere Grenzfrequenz fest. Es folgt eine zweite, mit OP 2 ähnlich aufgebaute Verstärkerstufe.

Daran schließt die mit OP 3, D 6 bestückte Gleichrichterstufe an, wobei R 16, R 17, C 8 den Integrierer/Speicher bilden. Es folgt der bereits erwähnte OP 4 mit Zusatzbeschaltung, der zusätzlich eine Pegelverschiebung vornimmt, damit das an Pin 7 anstehende Ausgangssignal in dem gewünschten Bereich zwischen 0 und 4 V bleibt.

Je nach Größe des NF-Eingangssignals unter Berücksichtigung der Frequenz (Filterbandbreite 35–1600 Hz) steht am Ausgang (Pin 7) des OP 4 und damit am Einstellregler R 33 eine mehr oder weniger große Gleichspannung zur Steuerung des Ablenkmotors 1 an. Die Aufladezeitkonstante (R 16/C 8) wurde hierbei bewußt kleiner gewählt als die Entladezeitkonstante (R 17/C 8). Ein Paukenschlag wird somit schnell in eine Drehzahlerhöhung umgewandelt, um langsamer abzuklingen.

Durch die Auslegung des Filterbereiches ist somit in gewissem Rahmen eine rhythmus-

gesteuerte Drehzahlsteuerung der Ablenkeinheiten möglich.

Mit dem Kippschalter S 2 a wird in Verbindung mit R 6 bis R 11, D 3 bis D 5 sowie T 1 eine LED-Anzeige der 3 Betriebszustände erreicht. Diese für eine einfache Anzeige etwas aufwendige Schaltung ist erforderlich, da die verwendeten 2poligen Kippschalter mit Mittelstellung in der Mittelstellung selbst keinen Kontakt besitzen.

Die Mono-/Stereoumschaltung wird über S 1 a angezeigt und über S 1 b durchgeführt. In der eingezeichneten Stellung von S 1 b wird die Endstufe für die Ablenkeinheit 2 von den gleichen Ansteuerbausteinen gespeist (OP 4 bzw. OP 7), die auch für die Ablenkeinheit 1 zuständig sind.

Wird S 1 b in Stellung „Stereo“ gebracht, so wird die mit OP 16 und Zusatzbeschaltung aufgebaute Endstufe für die Ablenkeinheit 2 jetzt vollkommen unabhängig von den Schaltungsteilen für die Ablenkeinheit 1 gespeist. Hierzu dienen die Operationsverstärker OP 9 bis OP 15, die identisch aufgebaut sind, wie die bereits beschriebenen (OP 1 bis OP 7).

Zum Nachbau

Da es sich bei der Laserröhre mit dem zugehörigen Netzteil sowie dem Laser-Steuer-Gerät um zwei vollkommen getrennte Geräte handelt, wollen wir auch beim Nachbau eine getrennte Beschreibung vornehmen.

Aufbau des Lasernetzteils

Grundsätzlich gestaltet sich der Nachbau des Laser-Power-Supply LPS 8000 recht einfach, hält man sich genau an die vorliegende Beschreibung. Dennoch sollten sich aus Sicherheitsgründen, wie eingangs bereits erwähnt, nur Profis damit befassen, die hinreichend mit den einschlägigen VDE- und Sicherheitsbestimmungen vertraut sind. Gegebenenfalls kann dieser Teil der ELV-Show-Laser-Anlage auch separat als Fertigerät bezogen werden. Der Aufbau des Laser-Steuer-Gerätes LSG 7000 hingegen ist für jedermann geeignet, der etwas Erfahrung im Umgang mit Selbstbauelektronik besitzt. Hier treten keinerlei gefährliche Spannungen auf, da die gesamte Schaltung einschließlich der Ablenkeinheiten des LSG 7000 mit einem kleinen 12 V/300 mA-Steckernetzteil betrieben wird.

Doch kommen wir zunächst zur eigentlichen Laseranlage. Anhand des Bestückungsplanes werden zunächst die Widerstände, Kondensatoren und Dioden sowie Siche-

rungshalter und Lötstifte auf die Platine gesetzt und verlötet. Die beiden Hochspannungsanschlußblaschen werden mit 2 Schrauben M 3 x 6 mm sowie 2 Muttern M 3 auf der Bestückungsseite der Leiterplatte montiert. Zum Schutz vor unbeabsichtigtem Lösen der Muttern wird zwischen Anschlußblase und Mutter jeweils ein Federring eingefügt.

Als nächstes wird der Transformator auf die Platine gesetzt und verlötet.

Die Laserröhre findet ihren Halt durch zwei Kunststoffhalterungen, die das Rohr ca. dreiviertel umschließen. Sie sind so weit dehnbar, daß die Laserröhre, bevor die Halterungen montiert sind, von oben eingedrückt werden kann.

Die Kunststoffhalterungen werden unter Zwischenfügen von 2 10 mm starken Plexiglas-Distanzstücken mit je einer Schraube M 4 x 20 mm mit der Leiterplatte fest verschraubt. Die genaue Positionierung der Kunststoffhalterungen sowie der vorher einzusetzenden Laserröhre ist der Abbildung 3 zu entnehmen.

Die Befestigung der Leiterplatte im Aluminiumgehäuse geschieht wie folgt (zuvor ist eine evtl. vorhandene Schutzfolie vom Aluminium abzuziehen):

Im Bereich des Transformators besitzt die Gehäuseunterhalbshale 4 Bohrungen, durch die von außen, also von der Gehäuseunterseite her, 4 Schrauben M 3 x 50 mm gesteckt und mit je einer Mutter M 3 auf der Gehäuseinnenseite fest verschraubt werden. Aus Sicherheitsgründen wird eine zweite Kontermutter fest aufgezogen. Als

nächstes folgt auf jede der Schrauben eine dritte Mutter, die nur so weit aufgedreht wird, daß die später darübersetzte Leiterplatte einen Abstand von 10 mm zur Gehäuseunterseite besitzt.

Die Gehäusebodenplatte besitzt 2 weitere Bohrungen in der Nähe der gegenüberliegenden Stirnseite, die ebenfalls der Leiterplattenbefestigung dienen. Hier werden 2 Schrauben M 3 x 15 mm von der Bodenplattenunterseite eingesetzt und jeweils mit zunächst einer Mutter, anschließend einer Kontermutter und danach einer dritten Mutter zur Abstandserzielung verschraubt.

Auch hier muß sich ein Abstand von 10 mm zwischen Platinenunterkante und Bodenblechinnenseite ergeben.

Bevor die Leiterplatte ins Gehäuse gesetzt wird, ist die Stativhalterung von unten in die Bodenplatte einzusetzen und von innen mit Federscheibe und Mutter fest zu verschrauben. Eine zusätzliche Kunststoffkappe, die über die Mutter gesetzt und verklebt wird, verhindert Spannungsüberschläge in diesem Bereich (Abstand zur Leiterplatte ist an dieser Stelle nur gering).

Als nächstes wird die Leiterplatte von oben über die 4 Schrauben M 3 x 50 mm gesetzt und langsam abgesenkt. Bevor die Schrauben in das Blechpaket des Transformators eintauchen, sind auf jede dieser 4 Schrauben 2 Muttern M 3 aufzuschrauben und gemeinsam mit dem Absenken der Leiterplatte weiterzuschrauben, d. h. diese 8 Muttern (4 x 2 Stück) befinden sich zwischen Leiterplattenoberseite und Blechpaket des Transformators.

Laser Netzteil

Widerstände

12 k Ω R 81-R 90
100 k Ω R 80, R 91-R 102

Kondensatoren

3,3 nF/1500 V C 33-C 38
10 μ F/350 V C 39-C 44

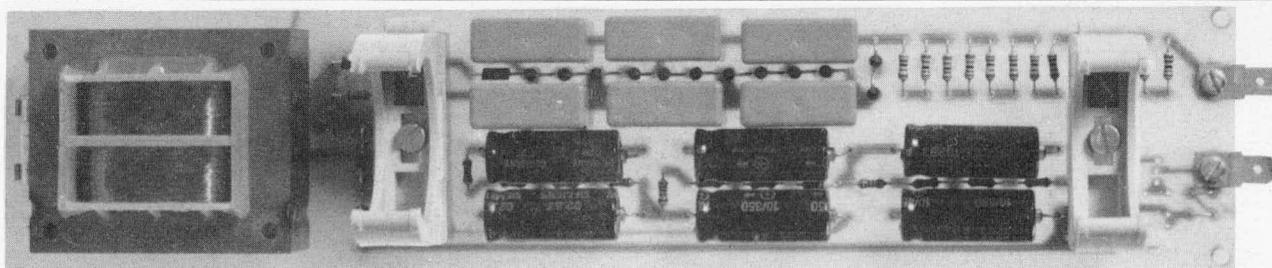
Halbleiter

1N4007 D 12-D 27

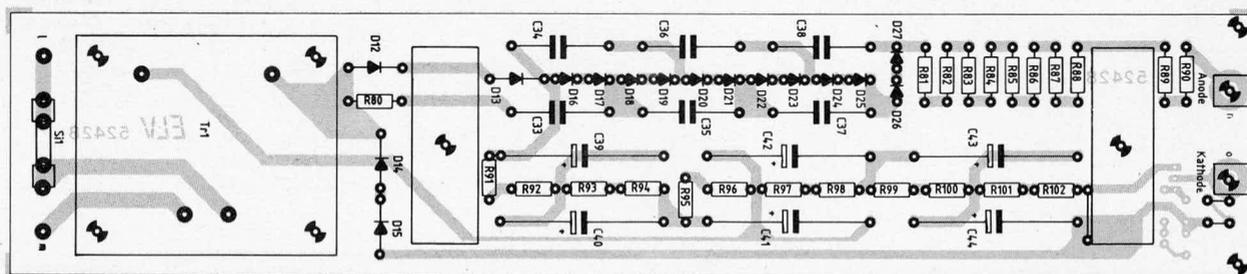
Sonstiges

Sicherung 0,1 A flink Si 1
Trafo prim: 220 V/15 VA ... Tr 1
sek: 600V/25 mA

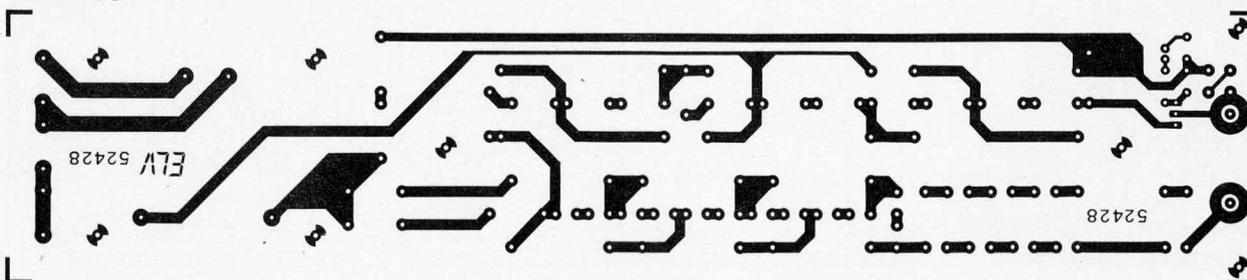
- 1 Alu-Gehäuse
- 1 Platinensicherungshalter
- 2 Kunststoffhalterungen 38 mm \varnothing
- 2 Plexiglas Distanzstücke
- 6 Federringe 3,2 mm
- 2 Kfz-Flachstecker
- 4 Schrauben M 3 x 50
- 2 Schrauben M 3 x 15
- 2 Schrauben M 4 x 20
- 2 Schrauben M 3 x 6
- 4 Lötösen 3,2 mm
- 32 Muttern M 3
- 2 Muttern M 4
- 2 Lötstifte
- 4 Gummifüße



Ansicht der fertig bestückten Platine des LASER-Netzteils



Bestückungsplan des LASER-Netzteils



Leiterbahnseite der Platine des LASER-Netzteils (Originalgröße: 285 mm x 59 mm)

Nachdem die Leiterplatte auf den unteren Muttern aufliegt und sich somit in einem Abstand von 10 mm zur Bodenplatte befindet, wird die Leiterplatte mit den 4 unteren der zuletzt genannten 8 Muttern fest verschraubt. Die 4 oberen Muttern werden so weit nach oben gedreht, daß sie gerade an die Unterseite des Transformator-Blechpaketes anstoßen. Ist dies erledigt, wird der Transformator im Bereich des Durchtritts der 4 Schrauben von der Lack-schicht sorgfältig befreit, um anschließend 4 Lötösen und danach 4 Federringe und 4 Muttern aufzusetzen.

Nachdem die Netzkabeldurchführung mit Zugentlastung und Knickschutztülle in die Gehäuserückseite eingeschraubt und das Netzkabel durchgeführt wurde, kann der Schutzleiter an jede der 4 Lötösen am Transformator angelötet werden. Die beiden anderen Adern der Netzzuleitung werden mit den Platinenanschlußpunkten „l“ und „m“ verbunden.

Die Anode der Laserröhre (die Seite, in der sich die deutlich sichtbare ca. 15 mm lange Verdickung in der Zuleitung befindet) wird an den positiven Hochspannungsanschluß (Platinenanschlußpunkt „n“) angeschlossen, d. h. der entsprechende Steckanschluß wird auf die zugehörige

Stückliste: ELV-Low-Cost- Show-Laser-Anlage

Widerstände

390 Ω	.....	R 5-R 7, R 11, R 41, R 42, R 46
2,2 kΩ	.....	R 39, R 78
3,3 kΩ	.....	R 13, R 52, R 54
10 kΩ	.....	R 8-R 10, R 15, R 35, R 40, R 43-R 45, R 79
12 kΩ	.....	R 22, R 61
15 kΩ	.....	R 21, R 60
28 kΩ	.....	R 28
33 kΩ	.....	R 4, R 12, R 14, R 50, R 51, R 53, R 70
47 kΩ	.....	R 25, R 30, R 64, R 69
100 kΩ	.....	R 16, R 23, R 26, R 27, R 31, R 32, R 36, R 38, R 55, R 62, R 65-R 67, R 71, R 74, R 75, R 77
150 kΩ	.....	R 29, R 68
180 kΩ	.....	R 3, R 19, R 49, R 58
220 kΩ	.....	R 2, R 18, R 48, R 57
330 kΩ	.....	R 17, R 20, R 56, R 59
5 kΩ, Trimmer liegend	...	R 34, R 73
100 kΩ, Trimmer, liegend	..	R 1, R 47
100 kΩ, Poti, 6 mm, lin.	..	R 33, R 72
1 MΩ, Poti, 6 mm, lin.	...	R 24, R 63

Kondensatoren

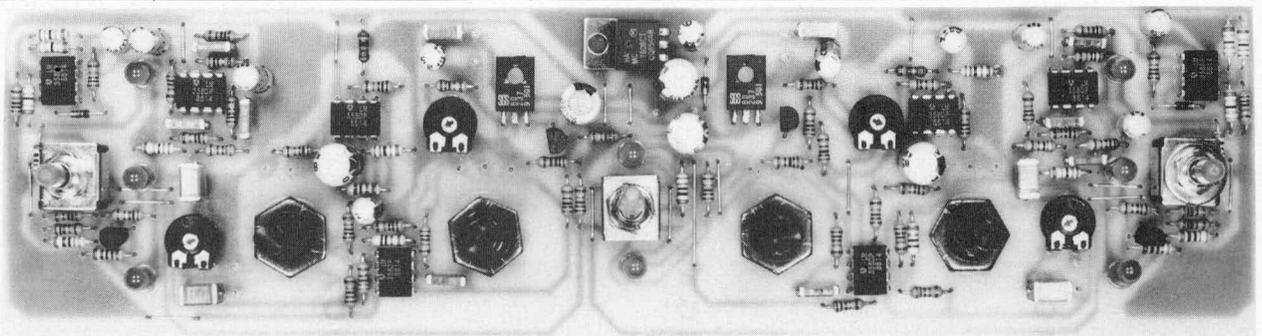
1 nF	.....	C 3, C 5, C 7, C 11, C 20, C 22, C 24, C 28
47 nF	.....	C 14, C 31
100 nF	.....	C 1, C 2, C 18, C 19
1 µF/16 V	.....	C 4, C 6, C 21, C 23
4,7 µF/16 V	.....	C 8, C 25
10 µF/16 V	.....	C 9, C 10, C 13, C 26, C 27, C 30
100 µF/16 V	.....	C 15-C 17, C 32

Halbleiter

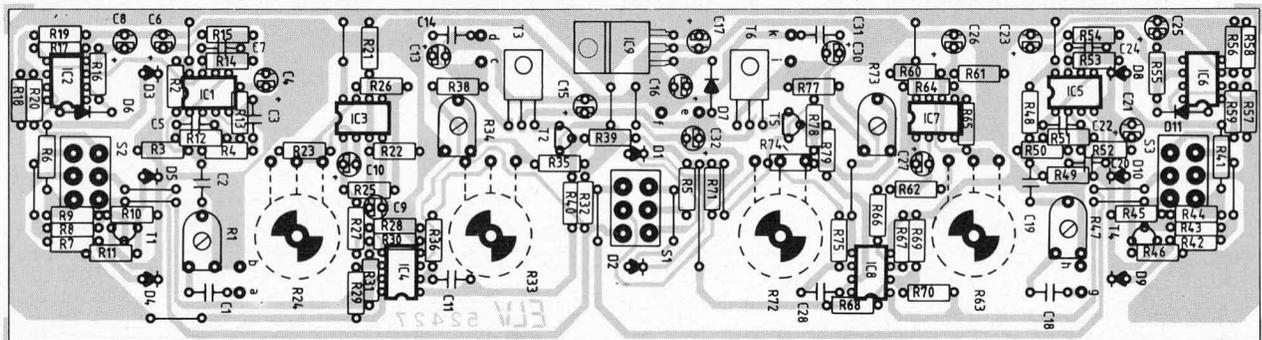
LM 358	.....	IC 1-IC 8
7805	.....	IC 9
BC 558	.....	T 2, T 5
BC 548	.....	T 1, T 4
BD 237	.....	T 3, T 6
1N4148	.....	D 6, D 11
1N4001	.....	D 7
LED, 5 mm, rot	.....	D 1-D 5, D 8-D 10

Sonstiges

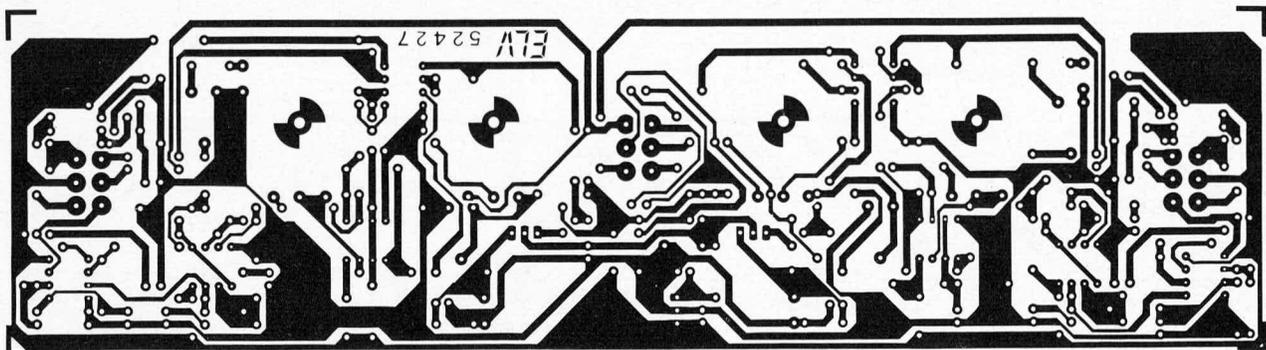
Kippschalter 2 x um	.....	S 1
Kippschalter 2 x um +0	.....	S 2, S 3
1 Alu-Platte		
2 Spezial-Gleichstrommotore		
2 Kunststoffhalterungen 24 mm Ø		
2 Schrauben M 4 x 10		
2 Muttern M 4		
3 Schrauben M 3 x 10		
3 Muttern M 3		
660 cm flexible Leitung 2 x 0,4 mm ²		
2 Klinkenstecker		



Ansicht der fertig bestückten Platine des LASER-Steuer-Gerätes LSG 7000



Bestückungsplan des LASER-Steuer-Gerätes LSG 7000



Leiterbahnseite der Platine des LASER-Steuer-Gerätes LSG 7000 (Originalgröße: 245 mm x 64 mm)

Stecklasche auf der Leiterplatte aufgesteckt. In gleicher Weise wird der Katodenanschluß der Laserröhre mit dem Platinenanschlußpunkt „o“ verbunden.

Nun wird die Sicherung Si 1 eingesetzt und das Gehäuseoberteil aufgeschraubt.

Für eine gute Stand- und Rutschfestigkeit sorgen 4 Gummifüße, die selbstklebend an jeder Ecke der Bodenplatte angebracht werden.

Wird die Ablenkeinheit nicht montiert, so sind die entsprechenden Gehäusebohrungen mit den passenden Schrauben fest zu verschließen. Mit Ausnahme der Laserstrahlaustrittsbohrung dürfen keine Öffnungen im Gehäuse vorhanden sein.

Die entsprechenden VDE- und Sicherheitsbedingungen sind sorgfältig zu beachten.

Aufbau des Laser-Steuer-Gerätes LSG 7000

Sieht der Schaltplan zunächst auch etwas aufwendig aus, so ist der Nachbau doch recht einfach durchzuführen, zumal sämtliche Bauelemente mit Ausnahme der Aus- und Eingangsbuchsen auf einer einzigen übersichtlichen Leiterplatte untergebracht sind.

Zunächst werden anhand des Bestückungsplanes in gewohnter Weise die niedrigen und anschließend die höheren Bauelemente auf die Platine gesetzt und verlötet. Auch die 3 Kippschalter sind direkt von der Bestückungsseite her in die entsprechenden Bohrungen auf der Leiterplatte zu setzen und auf der Rückseite zu verlöten.

Als Besonderheit werden die 10 Lötstifte für die Platinenanschlußpunkte a-k auf der Platinenrückseite (Leiterbahnseite) eingesetzt und verlötet, da die zugehörigen Aus- und Eingangsleitungen von dieser Seite aus anzuschließen sind.

Ebenso sind die Achsen der 4 Einstellpotentiometer von der Platinenrückseite her durch die entsprechenden Bohrungen zu stecken und auf der Bestückungsseite zu verschrauben. Die zugehörigen Lötanschlüsse sind auch hier auf der Leiterbahnseite anzulöten.

Die Befestigung der Platine erfolgt auf einfachste Weise über die 3 Kippschalter an der Gehäusefrontplatte. Hierzu ist zunächst je eine Mutter ca. 5 mm weit auf jeden der 3 Kippschalterhäse zu schrauben, anschließend die Frontplatte darübersetzen, um zuletzt die Fixierung über je eine weitere Mutter von der Frontplattenvorderseite aus vorzunehmen.

Jetzt kann die Frontplatte in die vorliegende Nut der Gehäuseunterhalbschale gesetzt werden und die Befestigung der Leiterplatte im Gehäuse ist bereits vollzogen.

Zur Verbindung nach außen werden in die Gehäuserückwand 2 3,5 mm Klinkenbuchsen für die Ausgänge zur Ansteuerung der Ablenkeinheiten geschraubt sowie eine weitere 3,5 mm Klinkenbuchse zum Anschluß des 12 V/300 mA-Steckernetzteils.

Ungefähr in der Mitte der Gehäuserückwand ist die 5polige Diodenbuchse für den NF-Eingang anzubringen und mit 2 Schrauben M 3 x 6 mm sowie 2 Muttern zu verschrauben.

Die Verbindung zwischen den Buchsen und den Platinenanschlußpunkten a-k erfolgt mit 5 2adrigen flexiblen isolierten Zuleitungen.

Hierbei ist auf die Polarität beim Versorgungsspannungsanschluß zu achten sowie beim Anschluß der Diodenbuchse (an den mittleren Anschlußpin werden die beiden Masseleitungen angeschlossen). Die Polarität der Ablenkeinheiten spielt grundsätzlich keine Rolle, wobei es sinnvoll ist, die Schaltungsmasse an den Innenring zu legen und den Steueranschluß (Platinenanschlußpunkt „c“ bzw. „i“) an den Kontakt, der die Steckerspitze speist.

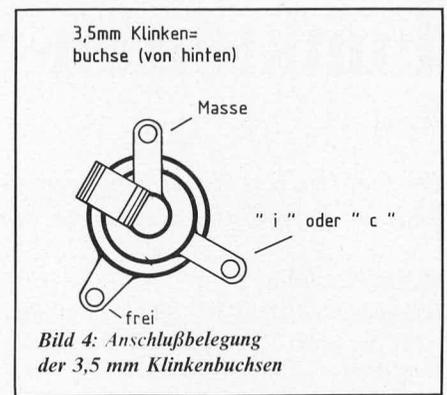
Die genaue Anschlußbelegung ist in Bild 4 nochmals ausführlich dargestellt.

Nachdem die Gehäuseoberhalbschale aufgesetzt und verschraubt wurde, ist das Basisgerät fertiggestellt.

Jetzt sind noch die Ablenkeinheiten zu montieren.

Montage der Ablenkeinheiten

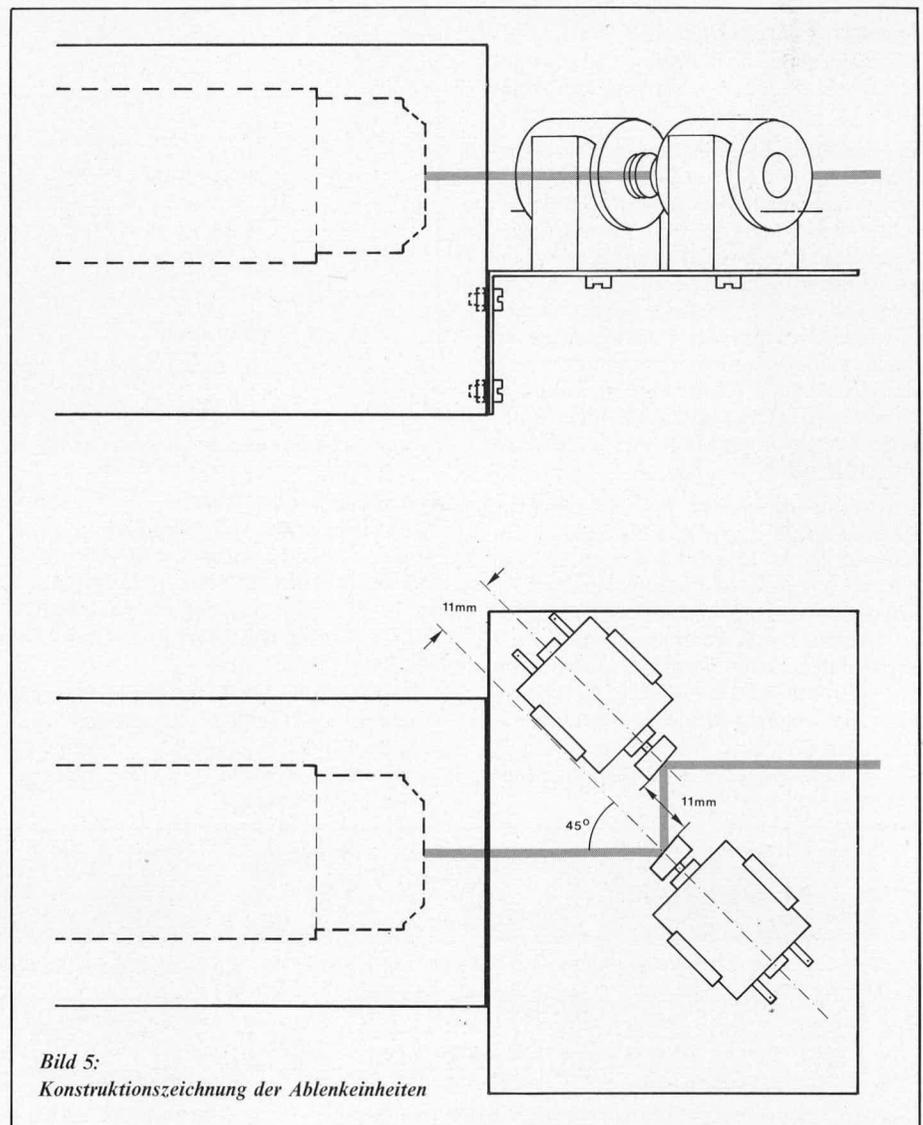
Die gesamte Konstruktion der Ablenkeinheiten besteht aus einer rechtwinklig abgekanteten stabilen Aluminiumträgerplatte, die später so anzuordnen ist, daß der Laserstrahl direkt auf die Spiegelflächen der Ablenkeinheiten auftrifft. Die Montage am Gehäuse des ELV-Lasers ist aus Bild 5 er-



sichtlich. Es können jedoch auch andere Laser hierdurch gesteuert werden.

Die beiden Elektromotoren werden ähnlich der Laser-Röhre über 2 Kunststoffhalterungen mit der Trägerplatte verbunden. Hierzu werden die Halterungen jeweils mit einer Schraube M 4 x 15 mm sowie einer Mutter M 4 mit der Trägerplatte fest verbunden. Die genaue Positionierung ist Bild 5 zu entnehmen.

Zuvor werden die beiden Elektromotoren von oben in die Halterungen geschoben und mit ausreichend langen 2adrigen Zuleitungen mit 3,5 mm Klinkensteckern versehen. Nachdem alle Verbindungen hergestellt wurden, steht dem Einsatz der ELV-Show-Laser-Anlage nichts mehr im Wege.



Funkuhren-Schaltssystem DCF 7000

Teil II

Im zweiten Teil dieser 3teiligen Artikelserie stellen wir Ihnen den Aufbau der Peripherieschaltungen vor.

Zum Nachbau

Nachdem sowohl die Funktionsweise, als auch die praktische Schaltung des ELV-Funkuhren-Schaltsystems DCF 7000 ausführlich beschrieben wurde, wollen wir nun an den praktischen Nachbau herangehen.

Insgesamt besteht das System aus 7 Einzelplatinen, von denen in der Grundversion (ohne Helligkeitsverknüpfung und Schnittstellen) nur 3 Platinen erforderlich sind.

1. Anzeigenplatine
2. Basisplatine
3. Aktiv-Antennenplatine
4. Parallelschnittstellenplatine
5. Seriellschnittstellenplatine
6. Drehschalterplatine (zur Seriellschnittstellenplatine)
7. Helligkeitssteuerplatine

Nachfolgend wollen wir mit der Beschreibung des Aufbaus der Peripherieschaltungen beginnen.

Die Aktiv-Antennenplatine

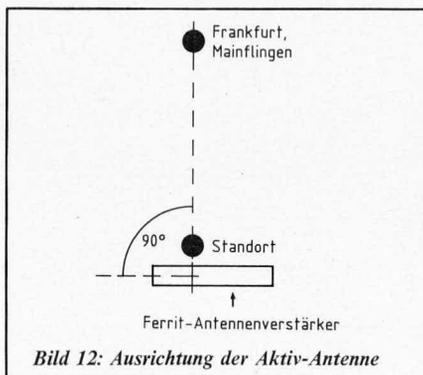
Die Bestückung der Platine wird in gewohnter Weise anhand des Bestückungsplanes (Bild 11) vorgenommen.

Bei der Aktiv-Empfangsantenne ist zu beachten, daß die Spulen L 101/L 102 abzugleichen sind. Durch geringfügiges Verschieben auf dem Ferritstab (Vorsicht, Zuleitungen nicht abreißen) kann ein Feinabgleich des Empfangskreises auf die Sendefrequenz von 77,500 kHz vorgenommen werden. Die optimale Einstellung ist an einer möglichst hohen Spannung an Pin 10 des ICs 201 zu erkennen. Das Spannungsmaximum ist stark von der jeweiligen Empfangslage abhängig und liegt im Bereich zwischen 50 mV und 800 mV.

Die fertig aufgebaute und abgegliche Aktiv-Antenne kann anschließend in ein Kunststoffrohr eingebaut werden. Hierzu wird sie mit etwas Schaumstoff umwickelt, um dann vorsichtig in das Rohr geschoben zu werden. Die Rohrenden können mit 2 kreisrunden Leiterplattenausschnitten abgedeckt und verklebt werden. Es besteht auch die Möglichkeit, die gesamte Anordnung mit Gießharz auszufüllen, wodurch sich eine besonders widerstandsfähige Ausführung ergibt.

Die Verbindung mit der Basisstation erfolgt über eine 2adrige isolierte abgeschirmte Zuleitung. Die beiden Innenleiter verbinden die Anschlußpunkte „a“ von der Antennenplatine mit der Basisstation sowie die beiden mit „b“ bezeichneten Punkte. Die Verbindung der Schaltungsmassen „c“ erfolgt über die Abschirmung.

Die Aktiv-Antenne wird so ausgerichtet, daß sie sich senkrecht zur gedachten Linie befindet, die von Frankfurt/Mainflingen aus durch den Standort des Gerätes läuft (Bild 12). Je weiter sich der Standort von Frankfurt entfernt befindet, desto größere Bedeutung kommt dem Aufstellort der Antenne zu. Betonhochhäuser und Tiefgaragen wirken nicht zuletzt aufgrund ihrer Stahlbewehrung wie ein Faraday'scher Käfig, der den Empfang unmöglich machen kann. Beim Aufstellort der Antenne ist daher für ungehinderten Empfang zu sorgen. Aufgrund der besonders hochwertigen Empfängerkonstruktion ist im allgemeinen jedoch auch bei weniger optimalen Verhältnissen ein zuverlässiger Empfang möglich.



Die Helligkeitssteuerung

Zur Vermeidung von Störeinstreuungen wurde die entsprechende Impulsformerelektronik in direkter Nähe zum Lichtsensor angeordnet. Am Ausgang werden lediglich rein digitale Signale mit hohen Störabständen übertragen.

Die Bestückung der Platine der Helligkeitssteuerung wird anhand des Bestückungsplanes in Bild 13 in gewohnter Weise vorgenommen. Es empfiehlt sich ein Überziehen mit Schutzlack.

Soll die Schaltung immer bei demselben Helligkeitspegel schalten, d. h. ist ein späteres Verstellen über R 706 nicht mehr erforderlich, bietet das Auffüllen des Schutzröhrchens mit Gießharz einen besonders guten Schutz. Zunächst wird das Schutzröhrchen im Bereich des LDR 05 gut abgedichtet (z. B. mit Knetmasse), um anschließend von der Rückseite her Gießharz einzufüllen. Nachdem das Gießharz ausgehärtet ist, kann die Knetmasse entfernt und der vordere Sensorteil vergossen werden.

Die Verbindung der Helligkeitssteuerung erfolgt über eine 2adrige abgeschirmte Zuleitung. Die beiden Innenadern werden mit den Platinenanschlußpunkten „p“ (+ 5 V) und „q“ (Steuerleitung) verbunden, während die Abschirmung an Platinenanschlußpunkt „r“ (Schaltungsmasse) zu legen ist. Die gleichen Punktbezeichnungen befinden sich auf der Basisplatine.

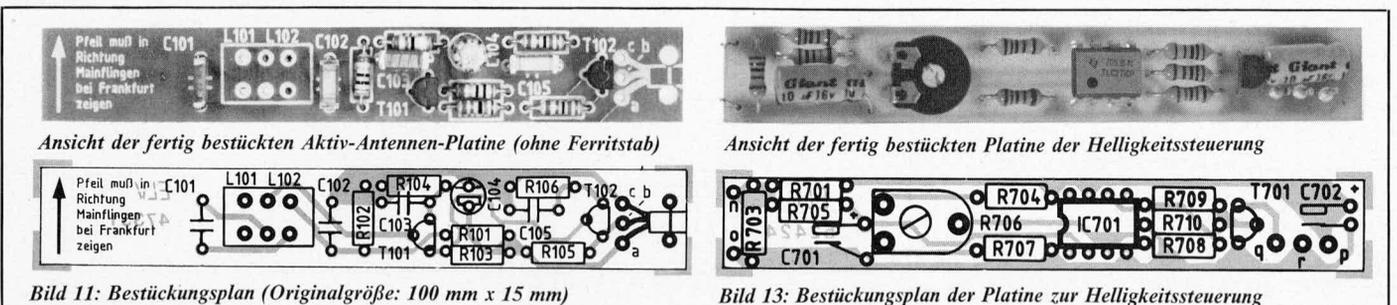
Die Leitungslänge kann ohne weiteres 10 Meter und mehr betragen.

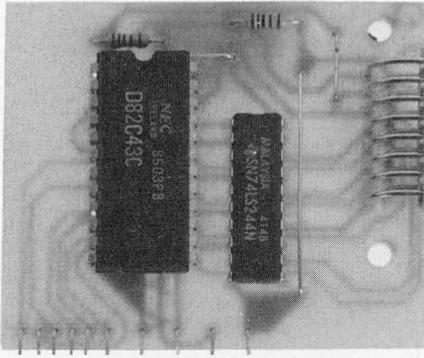
Die Parallelschnittstelle

Neben der 15poligen Buchsenleiste befinden sich nur noch 4 Bauelemente auf der Leiterplatte, die anhand des in Bild 14 dargestellten Bestückungsplanes auf die Platine zu setzen und zu verlöten sind.

Die Verbindung mit der Basisplatine der DCF 7000 erfolgt über 10 Silberdrahtabschnitte mit einer Länge von ca. 10 mm. Diese werden in die am unteren Platinenrand befindlichen 10 Bohrungen gesetzt, und zwar so, daß sie ca. 1 mm auf der Leiterbahnseite hervorstehen. Nachdem sie verlötet wurden, sind sie auf der Bestückungsseite um 90 Grad, d. h. nach unten abzuwinkeln.

Ist der im weiteren Verlauf dieses Artikels beschriebene Aufbau der Basisstation fertiggestellt, wird die Parallelschnittstelle senkrecht zur Basisplatine angeordnet, indem die 10 Silberdrahtabschnitte durch die entsprechenden, in einer Reihe liegenden, Bohrungen gesteckt und auf der Platinenunterseite der Basisplatine verlötet werden. Die Unterkante der Parallelschnittstellenplatine liegt dabei direkt auf der Bestückungsseite der Basisplatine auf. Hierdurch ist ein ausreichender mechanischer Halt gewährleistet.





Ansicht der fertig aufgebauten Parallelschnittstelle

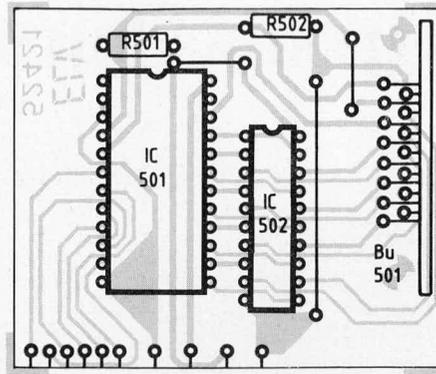


Bild 14: Bestückungsplan der Parallelschnittstelle

Ergänzend zu den in der Schaltungsbeschreibung gemachten Angaben, wollen wir an dieser Stelle noch einige weitere Hinweise zum Betrieb der Schnittstelle geben.

Die Parallelschnittstelle der DCF 7000 ist Centronics kompatibel. Ein entsprechender Drucker mit Centronics-Schnittstelle kann daher direkt angeschlossen werden.

Pro Sekunde wird dann das komplette Datentelegramm in einer Zeile ausgedruckt. Zu beachten ist hierbei, daß der Drucker auf „Auto linefeed ON“ eingestellt ist, damit bei jedem „Carriage Return“ auch ein Zeilenvorschub erfolgt.

Die Seriellschnittstelle

Diese Schnittstelle besteht aus insgesamt 2 Leiterplatten, wobei die eigentliche Elektronik auf einer etwas größeren und der Drehschalter im rechten Winkel dazu auf einer kleinen Zusatzplatine angeordnet ist.

Anhand der in Bild 15 gezeigten Bestückungspläne dieser beiden Platinen

werden die Bauelemente eingesetzt und auf den Leiterbahnseiten verlötet.

Die Schalterplatine wird im rechten Winkel an die entsprechenden Lötflächen auf der Leiterbahnseite der Elektronikplatine angesetzt und mit reichlich Lötzinn verlötet.

Die Befestigung und Kontaktierung mit der Platine der Basisstation erfolgt in ähnlicher Weise wie bei der Parallelschnittstelle.

Zunächst werden 20 Silberdrahtabschnitte mit einer Länge von 10 mm in die entsprechenden 20 Bohrungen in der Nähe der Unterkante der Leiterplatte der Seriellschnittstelle eingefügt. Sie sollten ca. 1 mm auf der Leiterbahnseite hervorstehen, auf der sie dann zu verlöten sind.

Nachdem sie um 90 Grad nach unten abgewinkelt wurden, können sie durch die entsprechenden 20 Bohrungen auf die Basisplatine gesteckt werden. Die Unterkante der Seriellschnittstellenplatine liegt dabei direkt auf der Bestückungsseite der Basis-

platine an, und die Platinen selbst stehen in einem rechten Winkel zueinander. Nun kann die Verlötlung auf der Leiterbahnseite der Basisplatine erfolgen. Evtl. überstehende Silberdrahtabschnitte sind zu kürzen.

Als zusätzliche mechanische Fixierung befinden sich auf der Anzeigenplatine 3 kleine Lötflächen in dem Bereich, in dem die Seriellschnittstellenplatine auf die Anzeigenplatine trifft. Mit etwas Lötzinn kann hier eine Verbindung geschaffen werden, die aus elektrischer Sicht nicht erforderlich ist, jedoch zur mechanischen Stabilisierung beiträgt.

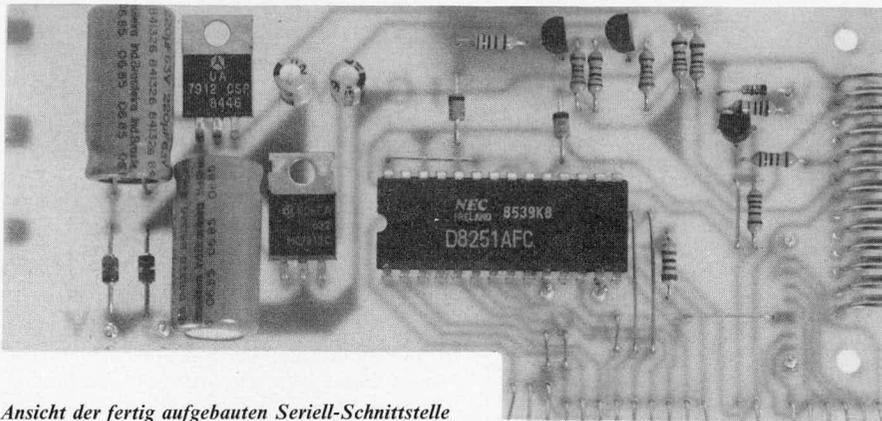
Ergänzend zu den in der Schaltungsbeschreibung gemachten Angaben, wollen wir an dieser Stelle noch einige weitere Hinweise zum Betrieb der Seriellschnittstelle geben. Diese betreffen im wesentlichen den „Handshake“.

Ist die DCF 7000 bereit Daten auszugeben, wird dies durch die Aktivierung der „DTR-Handshakeleitung“ angezeigt. Daraufhin kann ein externes Gerät (z. B. Drucker oder Rechner) mit V24-Anschluß die „CTS-Handshakeleitung“ aktivieren. Die DCF 7000 sendet dann pro Sekunde ein komplettes Datentelegramm, das mit dem ASCII-Zeichen für „CR“ (0 DH) abgeschlossen ist.

Wird der „CTS-Eingang“ deaktiviert, unterbricht die Datensendung.

Die Datenübertragung selbst erfolgt mit 8 Datenbits, 2 Stopbits und einem ungeraden Paritätsbit.

In der kommenden Ausgabe stellen wir Ihnen den Aufbau der Basisstation mit Anzeigen- und Basisplatine vor.



Ansicht der fertig aufgebauten Seriell-Schnittstelle

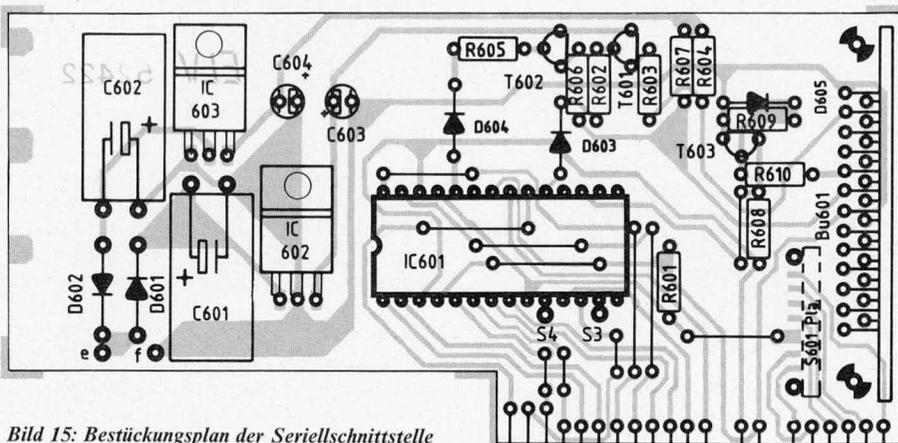
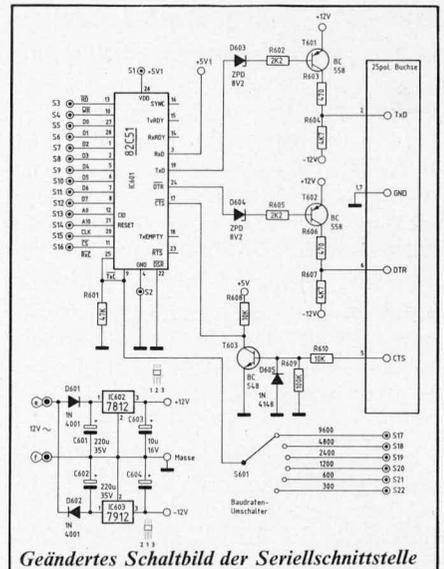
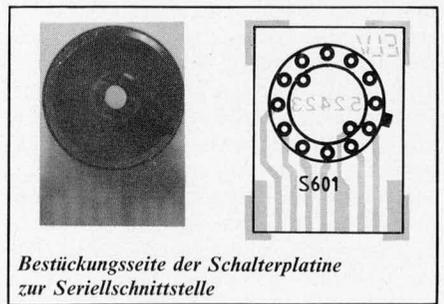


Bild 15: Bestückungsplan der Seriellschnittstelle



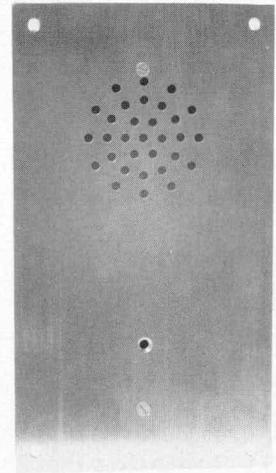
Geändertes Schaltbild der Seriellschnittstelle



Bestückungsseite der Schalterplatte zur Seriellschnittstelle

Komfort-Elektronik-Türsprechanlage

Als Ergänzung zur Komfort-Haustelefon-Anlage TZ 2000 (ELV journal, Nr. 35)



Über eine nur aus 3 Adern bestehende, nahezu beliebig lange Verbindungsleitung wird die Elektronik-Türsprechstelle an die Telefonzentrale TZ 2000 angeschlossen. Von jedem der 10 angeschlossenen Telefone aus kann durch Wählen der Ziffer „0“ die Verbindung zur Türsprechstelle aufgebaut werden. Durch eine besonders ausgefeilte Schaltungstechnik kann über den Lautsprecher der Türsprechstelle eine verhältnismäßig hohe Lautstärke abgegeben werden, ohne daß es zu Rückkopplungserscheinungen über das ebenfalls in der Türsprechstelle integrierte Electret-Kondensator-Mikrofon kommt. Mit dem an der Tür stehenden Teilnehmer kann eine Unterhaltung geführt werden, ähnlich wie es über zwei Telefonapparate möglich ist.

Soll der Teilnehmer eingelassen werden, kann durch Wählen einer „4“ vom Telefonapparat aus ein vorhandener elektrischer Türöffner automatisch für 4 s betätigt werden, ohne daß die Verbindung dabei vorzeitig unterbrochen wird.

Darüber hinaus zeichnet sich diese Türsprechanlage durch weitere Besonderheiten wie vollautomatische Sprachsteuerung, Vorrangschaltung usw. aus — insgesamt handelt es sich um eine wirklich komfortable, hohen Anforderungen genügende Elektronik-Türsprechanlage.

Allgemeines

Im „ELV journal“, Nr. 35, stellten wir Ihnen die Komfort-Haustelefon-Anlage TZ 2000 vor. Diese als private Nebenstellenanlage konzipierte Telefonzentrale kann 2 bis 10 ganz normale „Posttelefonapparate“ in gewohnter Weise miteinander verbinden.

In diesem Artikel stellen wir jetzt in Ergänzung zur TZ 2000 eine Elektronik-Türsprechstelle vor, die anstelle des mit der Ziffer „0“ erreichbaren Telefons angeschlossen wird.

Neben der komfortablen und einfachen Bedienung zeichnet sich das Gerät durch eine hohe Sprachverständlichkeit, speziell auch im Bereich der Türsprechstelle, aus.

In der Praxis werden große Anforderungen an die Leistungsfähigkeit einer wirklich brauchbaren Türsprechstelle gestellt. Durch die vom Straßenlärm herrührenden Umweltgeräusche kann ein Lautsprecher leicht übertönt bzw. ein Mikrofonvorverstärker zugesteuert werden. Als Hauptproblem ist in diesem Zusammenhang die Rückkopplung vom Lautsprecher auf das Mikrofon der Türsprechstelle zu nennen. Ohne aufwendige, schaltungstechnische Maßnahmen werden bereits kleine, vom Lautsprecher abgegebene Signale vom Mikrofon

aufgenommen, verstärkt, wieder auf den Lautsprecher gegeben usw., d. h., der Kreis ist geschlossen, ein Übersteuerungspfeifton die Folge.

Prinzipiell gibt es zwei Möglichkeiten zur Vermeidung dieser Rückkopplungen.

1. Kompensation des Außenmikrofon-Signalanteils und damit Eliminierung aus dem Mischsignal.

Eine mathematisch exakte Berechnung des Innenstellen-Signals aus dem Mischsignal ist nicht möglich, da mehr unbekannt als unabhängige Gleichungen vorhanden sind. Das Verfahren ist nur unter der Hilfenahme einer „angenommenen Anlagenimpedanz“ möglich und führt zu den bekannten Symmetrieschaltungen.

Praktische Erfahrungen zeigen, daß bei der Verwendung sehr verschiedenartiger Telefonapparate mit unterschiedlichen Amplituden- und Phasengängen kein überzeugendes Ergebnis zu erzielen ist, denn eine Kompensation ist nur dann einwandfrei, wenn Amplitude und Phasenlage gleich bzw. um 180 Grad phasenverschoben sind.

Reine Symmetrieschaltungen enden somit zwangsläufig in einem Kompromiß zwischen vertretbarer Mikrofonempfindlich-

keit, ausreichender Lautsprecherlautstärke, kritischer akustisch-mechanischer Konstruktion der Außenstelle sowie Einschränkung der Typenvielfalt der verwendeten Telefonapparate.

2. Vollautomatische Umschaltung der Sprechwege

Hierbei kommt für den gedachten Verwendungszweck ausschließlich eine von der Innenstelle sprachgesteuerte Anwendung in Frage, damit evtl. Verkehrslärm die Anlage nicht blockiert. Die Möglichkeit ein symmetriertes Signal zur Sprachsteuerung zu verwenden, ist nach unseren Erfahrungen ebenfalls nicht günstig, da aufgrund der Apparatevielfalt ein schlecht symmetriertes Signal kein gutes Umsteuerkriterium ist.

Es wurde daher eine verhältnismäßig aufwendige Schaltung entwickelt, die weitgehend unabhängig von der Impedanz des verwendeten Telefons, eine vollautomatische Sprachsteuerung vornimmt, wodurch sich eine gegensinnige Empfindlichkeit von Mikrofon und Lautsprecher ergibt. Selbst bei recht hoher Lautstärke des in der Türsprechstelle enthaltenen Außenlautsprechers werden hierdurch Rückkopplungen wirksam unterdrückt. Dominierend ist

Teil 1

hierbei die Innenstelle, d. h., wenn hier gesprochen wird, ist der Mikrofon-Sprechkanal von der Türsprechstelle zur Innenstelle unempfindlich geschaltet, wobei kleine Sprechpausen durch eine Speicherung überbrückt werden. Wird von der Innenstelle nicht mehr gesprochen, schaltet die Elektronik sanft auf das Mikrofon der Türsprechstelle um. Im selben Moment, in dem von der Innenstelle wieder gesprochen wird, erfolgt das Zurückschalten nahezu verzögerungsfrei, so daß keine Silben verschluckt werden.

Neben der vollautomatischen Verstärkungsregelung zur Umschaltung der Sprechkanäle besitzt die hier vorgestellte Türsprecheinrichtung eine weitere automatische Verstärkungsanpassung. Diese zusätzliche selbsttätige Regelung trägt dem unterschiedlichen Sprechabstand zwischen außenstehendem Besucher und Mikrofon ausgedrückt Rechnung und vermeidet Übersteuerungsverzerrungen, die sich in ungünstigen Fällen auch negativ auf die Umsteuerlogik auswirken könnten. Auf diese Weise ist eine gute Sprachverständlichkeit über einen großen Dynamikbereich möglich.

Durch die hochwertige und ausgereifte Schaltungstechnik ist ein angenehmes Hören und Sprechen beider Teilnehmerseiten bei guter Sprachverständlichkeit möglich.

Bedienung und Funktion

Es klingelt an der Haustür.

Von einem beliebigen, an der TZ 2000 angeschlossenen Telefonapparat wird der Hörer abgenommen und eine „0“ gewählt. Hierdurch wird von der TZ 2000 die Verbindung von dem betreffenden Apparat zur Türsprechstelle hergestellt.

Der Teilnehmer am Innenapparat spricht in den Telefonhörer und der außenstehende Besucher hört klar und deutlich, mit guter Lautstärke die gesprochenen Worte.

Legt der Teilnehmer am Innenapparat eine Sprechpause ein, so werden nach Ablauf einer kurzen Verzögerung, die zur Überbrückung von sehr kleinen Sprechpausen dient (kleiner als 1 s), die beiden Verstärkungskanäle (vom Mikro zum Innenapparat bzw. vom Innenapparat zum Lautsprecher) umgesteuert, d. h., die Empfindlichkeit des Mikrofons wird „sanft“ heraufgeführt bei gleichzeitiger Reduzierung der Verstärkung im Sprechkreis des Innenapparates.

Der außenstehende Besucher kann jetzt in das Mikrofon der Türsprechstelle sprechen und sein Anliegen vortragen. Die Worte sind in der von Telefonapparaten gewohnter Weise im Hörer zu vernehmen.

Im selben Moment, in dem der Teilnehmer am Innenapparat wieder zu sprechen beginnt, schaltet die Verstärkungsregelung vollautomatisch und nahezu verzögerungsfrei die Verstärkung vom Innenapparat zum Außenlautsprecher wieder herauf und dementsprechend vom außen liegenden Mikrofon zum Innenapparat herunter.

Da diese Umsteuerungsvorgänge automatisch und mit Sicherheit überlappungsfrei

gesteuert werden, sind Rückkopplungsercheinungen im Bereich üblicher Lautstärken (die hier sogar recht hoch angesetzt werden können) ausgeschlossen.

Als besonderes Feature besitzt die Türsprecheinrichtung eine Vorrangschaltung. Diese arbeitet in Verbindung mit Telefonen die eine sog. „Erdtaste“ besitzen (z. B. Telefone, die an postalischen Nebenstellenanlagen betrieben werden). Durch Betätigen der Erdtaste wird die Verbindung von diesem Apparat zur Türsprechstelle vorrangig aufgebaut, auch wenn gerade ein Gespräch zwischen 2 anderen Teilnehmerstellen abläuft; dieses wird dann unterbrochen. Der Vorteil liegt darin, daß in jedem Fall der Kontakt zum außenstehenden Besucher verzögerungsfrei aufgenommen werden kann. Man muß also nicht auf den Komfort der Türsprechstelle verzichten, weil gerade ein internes Telefonat dem entgegen steht (es kann immer nur ein Verbindungsaufbau zwischen zwei Teilnehmern gleichzeitig erfolgen, d. h., die übrigen Teilnehmer finden beim Abheben ihres Hörers das Besetzzeichen vor).

Die Vorrangschaltung arbeitet, wie bereits erwähnt, nur mit Telefonapparaten, die eine Erdtaste besitzen (ohne Erdtaste ist diese Funktion nicht gegeben, der Betrieb der Anlage in den übrigen Merkmalen jedoch uneingeschränkt möglich).

Möchte man den außenstehenden Besucher einlassen, kann durch Wählen der Zahl „4“ an dem Innenapparat, der gerade mit der Außenstelle in Verbindung steht, der elektrische Türöffner für ca. 4 s aktiviert werden. Hierzu besitzt die in der Basisstation der TZ 2000 enthaltene Zusatzschaltung der Türsprecheinrichtung einen Relaisausgang mit leistungsfähigem Arbeitskontakt (max. 42 V Gleich- oder Wechselspannung, max. 5 A). Dieser wird einfach der Türöffnerbetätigungsstaste parallel geschaltet, sofern Betriebsspannung und Strom in dem genannten Bereich des Relaiskontaktes liegen.

Nachdem der Türöffner wieder ausgeschaltet wurde (automatisch nach ca. 4 s) ist die Verbindung weiterhin aufgebaut, d. h., die Unterhaltung könnte fortgesetzt werden.

Durch erneutes Wählen der Zahl „4“ kann der Türöffner wiederum für ca. 4 s betätigt werden. Dieser Vorgang kann beliebig oft wiederholt werden, bis der Hörer des Innenapparates aufgelegt und die Verbindung damit automatisch abgebrochen wird.

Zur angenehmen Handhabung trägt darüber hinaus eine Stummschaltung bei, die während der Wählvorgänge sowohl zum

Verbindungsaufbau als auch zum Anschalten des Türöffners die entsprechenden Knackgeräusche wirksam unterdrückt. Wenn überhaupt, so sind nur minimale Impulssignale vernehmbar, die jedoch keineswegs störend wirken.

Da die Türsprechstelle den Kanal „0“ belegt, kann der an dieser Stelle eingesetzte Telefonapparat nicht mehr unter „0“ erreicht werden. Im einfachsten Fall bedeutet dies, daß der ursprünglich unter „0“ angesprochene Apparat abgeklemt wird.

Nicht umsonst heißt die TZ 2000 jedoch Komfort-Haustelefon-Anlage, denn auch hier bietet die TZ 2000 etwas Besonderes.

Durch eine interne Umschaltung, d. h., durch Parallelschalten der Teilnehmereingangsschaltung „0“ zur Teilnehmereingangsschaltung „8“ innerhalb des Basisgerätes wird eine „Luxus-Parallelschaltung“ erreicht, wobei der ursprünglich an der Stelle „0“ angeschlossene Telefonapparat unverändert dort bestehen bleibt (die Veränderung wurde lediglich im Basisgerät vorgenommen). Die Wirkungsweise ist jetzt wie folgt:

Wird von einem beliebigen anderen Telefonapparat die Zahl „8“ gewählt, läutet sowohl das Telefon mit der Nr. „8“ als auch das Telefon, das ursprünglich die Nr. „0“ besaß. Soweit arbeitet die Schaltung nicht ungewöhnlich. Die Besonderheit liegt jedoch darin, daß sich die beiden Apparate „8“ und „0“ auch gegenseitig anrufen können. Wird von Apparat „8“ die Zahl „8“ gewählt, so läutet der ursprünglich mit „0“ angesprochene Apparat und kann durch Abnehmen des Hörers mit Apparat „8“ in Verbindung treten.

In umgekehrter Richtung funktioniert die Anlage genauso, d. h. der ursprüngliche Apparat „0“ kann ebenfalls durch Wählen einer „8“ mit dem Apparat „8“ in Verbindung treten. Dies ist eine für viele Anwendungsfälle günstige Betriebsart, denn durch Wählen einer einzigen Zahl (hier „8“) werden 2 Apparate gleichzeitig angesprochen, wobei diese sich trotzdem gegenseitig anrufen können.

Auch beim Anschluß der Türsprecheinrichtung können auf diese Weise weiterhin 10 Telefonapparate an der TZ 2000 betrieben werden.

Nachdem wir die Bedienung und Funktion der Anlage ausführlich beschrieben haben, wollen wir uns jetzt der Schaltungsbeschreibung zuwenden (die Beschreibung der Komfort-Haustelefon-Anlage TZ 2000 selbst finden Sie im „ELV journal“, Nr. 35, auf den Seiten 24 bis 29).

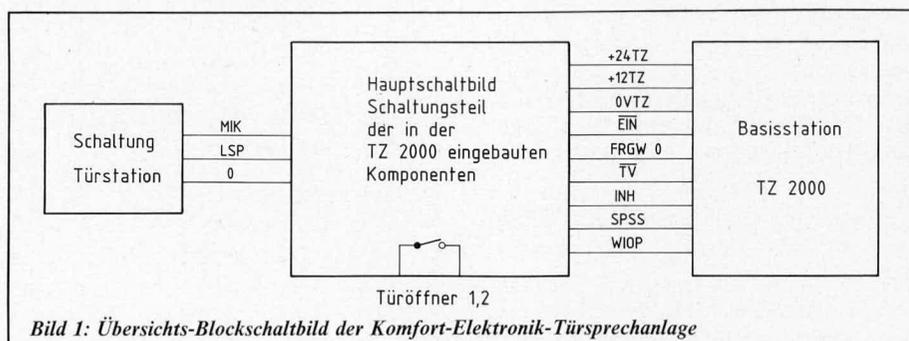


Bild 1: Übersichts-Blockschaltbild der Komfort-Elektronik-Türsprechanlage

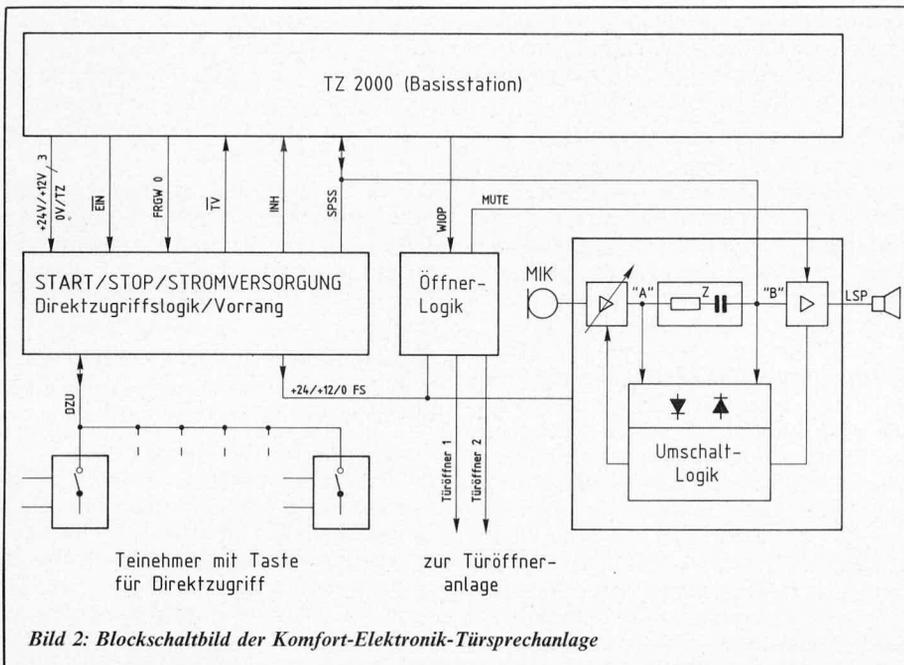


Bild 2: Blockschaltbild der Komfort-Elektronik-Türsprechanlage

Zur Schaltung

Die Abb. 1 vermittelt im Blockschaltbildcharakter einen ersten Eindruck von der Türsprecheinrichtung, die als Ergänzung zur Basisstation der Komfort-Haustelefon-Anlage TZ 2000 möglich ist. Links ist die Schaltung der eigentlichen Türsprechstelle dargestellt, die mit 3 Leitungen mit der Schaltung – der eigentlichen Türsprecheinrichtung – verbunden ist, die sich mit in dem Gehäuse der Basisstation der TZ 2000 befindet.

Der mittlere Block kennzeichnet das in Bild 4 detailliert aufgeführte Hauptschaltbild der Türsprecheinrichtung. Dieser Schaltungsteil wird über 9 Einzeladern mit der Basisplatine der TZ 2000 verbunden.

Der Türöffnerkontakt befindet sich ebenfalls auf der Zusatzplatine der Türsprecheinrichtung innerhalb der Basisstation.

Bild 2 schlüsselt die einzelnen Funktionsblöcke der Türsprecheinrichtung etwas detaillierter auf.

Rechts finden wir den eigentlichen Sprachteil mit der Umschaltlogik. In der Mitte ist die Türöffnerlogik angeordnet und ganz links der weitgehend digital arbeitende Schaltungsteil für die Ablaufsteuerung (Start/Stop/Stromversorgung/Direktzugriffslogik).

Bei der nun folgenden detaillierten Schaltungsbeschreibung beginnen wir mit der in Bild 3 gezeigten Türstation. Hier sehen wir sämtliche Komponenten, die in der eigentlichen Türsprechstelle enthalten sind.

Die Schaltung der Türstation steht über die Platinenanschlußpunkte „j“, g“ (Schaltungsmasse) sowie „k“ (Lautsprecheranschluß) und „h“ (Signal- und Versorgungsleitung) mit der Hauptstelle in Verbindung.

Vom Lautsprecher einmal abgesehen sind die weiteren Komponenten für die Realisierung des Mikrofonvorverstärkers zuständig.

Die Stromschleife MIK-Masse dient der Sprachsignalübertragung in Form von de-

finierten Strom-Änderungen (Stromeinprägung) und gleichzeitig der Stromversorgung des Vorverstärkers und Electret-Kondensator-Mikrofons.

Das Netzteil besteht aus dem Stromregler T 54/R 215, der Spannungsstabilisierung D 167 und dem Pufferkondensator C 77. Es belastet die Schleife mit einem Konstantstrom von ca. 4 mA und arbeitet damit rückwirkungsfrei auf die zu übertragenden Sprachsignale.

Der temperaturstabile CMOS-Verstärker IC 22 (OP 14) des Typs CA 3130 arbeitet gleichstrommäßig als Spannungsfolger und puffert die durch R 217/R 218 festgelegte Spannung.

T 55 vergleicht diese mit dem Spannungsabfall an R 222 und arbeitet somit als Stromregler. Der Ruhestrom beträgt durch T 55 ca. 8 mA. Daraus ergibt sich ein Gesamtstromfluß von $8 \text{ mA} + 4 \text{ mA} = 12 \text{ mA}$.

Das über R 216/C 78 gespeiste Electret-Kondensator-Mikrofon gibt seine Sprech-

wechselspannung über C 79 auf den nicht invertierenden (+) Eingang (Pin 3) des OP 14. Die sehr hoch angesetzte Wechselspannungsverstärkung wird durch das Widerstandsverhältnis $R 220/R 219$ festgelegt und beträgt fast 40 dB. Die untere Grenzfrequenz wird mit C 80 und die obere mit C 81/C 82 festgelegt.

Die Sprechwechselspannung wird symmetrisch zur Ausgangsruhespannung des IC 22 und damit auch zum Ruhestrom des Transistors T 55 überlagert. Der Spannungshub am Ausgang des OP 14 (IC 22) liegt bei normalen Sprachsignalen bei ca. $0,6 V_{SS}$. Dynamikspitzen, die weit über $1,4 V_{SS}$ liegen können, werden durch D 168, D 169 begrenzt. Eine Übersteuerung der Schleife wird somit vermieden.

Die hier gewählte, etwas ungewöhnliche Betriebsart der Stromeinprägung erlaubt einerseits einen Empfangsverstärker mit 0Ω Eingangswiderstand und damit Verminderung kapazitiver Einstreuungen. Andererseits arbeitet der Mikrofonverstärker gegen Induktionsbrummen an. Einer durch Induktionsspannung verursachten Stromänderung in der Schleife wird der Stromregler mit entsprechendem Gegenregeln antworten, sofern er nicht durch Spannungs- oder Frequenzgrenzen überfordert ist.

Durch das Ausregeln von Störgrößen werden diese in Form von Spannungsschwankungen zwischen MIK und Masse anstehen. Rückwirkungen auf die Spannungsstabilisierung D 167/C 77 werden jedoch durch die Stromquellenspeisung verhindert. T 54/R 215 erfüllen ihre Aufgaben wesentlich besser als ein einfacher Entkopplungswiderstand.

Aufgrund der hochohmigen Bauteile muß der Mikrofonverstärker, der später unter rauen Bedingungen einwandfrei arbeiten muß, gut gegen Feuchtigkeit geschützt werden.

Hierauf gehen wir im Kapitel „Zum Nachbau“ noch näher ein.

In der kommenden Ausgabe des „ELV journal“ stellen wir Ihnen das Hauptschaltbild sowie den Nachbau vor.

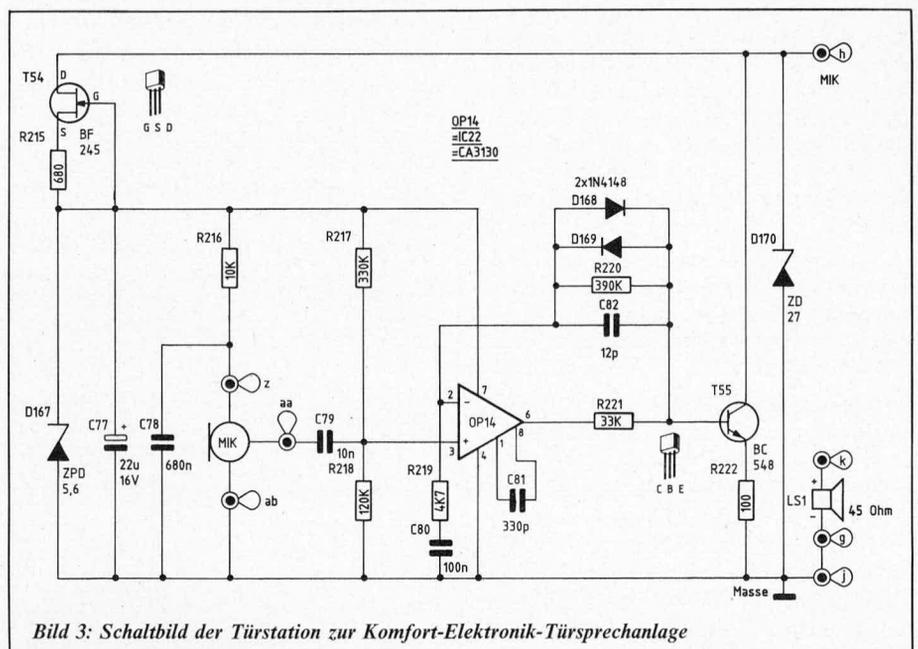


Bild 3: Schaltbild der Türstation zur Komfort-Elektronik-Türsprechanlage