

# ELV-Schallpegelmeßgerät SPM 130



*Gehören Sie auch zu denjenigen, die gern wissen möchten, wie laut es tatsächlich ist (z. B. im Auto, am Arbeitsplatz, in lärmbelasteten Umgebungen usw.) oder möchten Sie vielleicht Ihre selbstgebauten High-End-Boxen einmessen? Mit Hilfe des neuen ELV-Schallpegelmessers ist dies alles möglich.*

## Allgemeines

Lärm wird von Menschen abhängig von ihrer seelischen und körperlichen Verfassung nur subjektiv beurteilt. Um trotzdem die genaue Größe festzustellen, benötigt man einen Helfer, der Schallpegel objektiv beurteilen kann — den Schallpegelmesser.

Das menschliche Ohr empfindet die Töne unterschiedlich stark. Tiefe Frequenzen nimmt man weniger wahr als hohe. In der ELV-Serie „Gehör-Mikrofon-Kopfhörer“ von Dr. Ivar Veit aus dem Hause Sennheiser Electronic KG, die in den Ausgaben Nr. 41 bis 48 des „ELV journal“ erschienen ist, werden unter anderem die Belange rund um das menschliche Gehör ausführlich beschrieben. Darüber hinaus ist diese Artikelserie in Form einer Broschüre unter der Bestellnummer 0404271 zum Preise von DM 9,95 direkt bei ELV erhältlich. An dieser Stelle soll die betreffende Thematik daher nicht weiter vertieft werden und der vorliegende Artikel auf den Schallpegelmesser konzentriert bleiben.

Bei der Messung von Schallpegeln haben sich 2 grundsätzliche Bewertungskurven herausgebildet, die den meisten praktischen Anforderungen gerecht werden.

Zum einen handelt es sich um die sogenannte A-Kurve, die eine ungefähr inverse Abbildung der Empfindlichkeit des menschlichen

Ohres darstellt. In Bild 1 ist der Frequenzverlauf eines normalhörenden Ohres bei unterschiedlichen Schallpegeln und in Bild 2 der Frequenzgang des A-Bewertungsfilters gezeigt. Damit bei Lärmmessungen der Schallpegelmesser genauso messen kann wie das menschliche Ohr hört, muß ein entsprechendes Filter (A-Bewertungsfilter) mit eingebaut werden.

Zum anderen besteht die Forderung, Schallpegel unbewertet, d. h. bei linearem Frequenzgang zu messen. Dies ist z. B. beim Einmessen einer Lautsprecherbox der Fall. Hier wird ohne Filter, also linear, über den gesamten Frequenzbereich von 20 Hz bis 20 kHz gemessen.

## Bedienung und Funktion

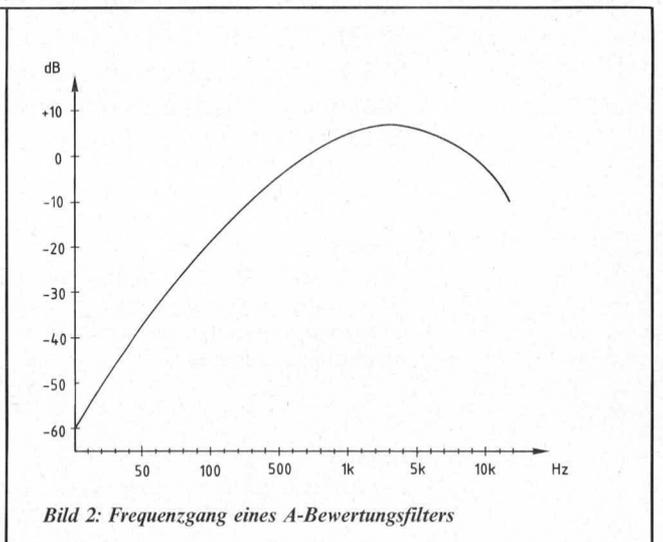
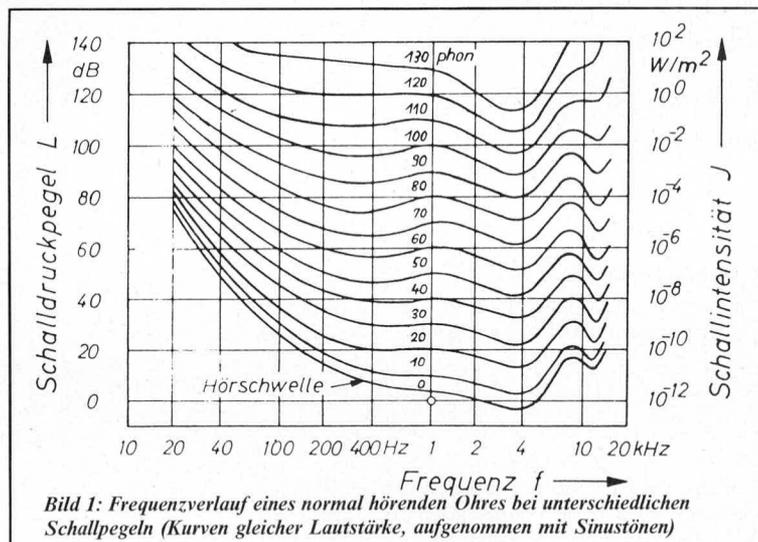
Auf der Frontseite des ELV-Schallpegelmessers SPM 130 sind zwei Drehschalter sowie ein Schiebeshalter angeordnet. Mit diesen drei Bedienelementen werden alle Funktionen des Gerätes eingestellt.

Mit dem Schiebeshalter wird zwischen den Bewertungsarten „linear“ (Stellung „lin“) und „A-Bewertung“ („dBA“) gewählt. Üblicherweise werden Messungen, bei denen der Mensch und seine Hörempfindungen eine Rolle spielen, unter Berücksichtigung des A-Bewertungsfilters vorgenommen. Dies ist bei fast allen Geräuschmessungen im Hinblick auf Lärmbelastigungen usw. der Fall.

Ein quasi unbewerteter, d. h. linearer Frequenzverlauf im Bereich von 20 Hz bis 20 kHz wird hingegen bei zahlreichen, rein technischen Messungen gewünscht wie sie z. B. bei der Einmessung von Lautsprecherboxen erfolgen.

Der rechte Drehschalter dient zur Anwahl der drei Meßbereiche. In der linken Stellung „0“ wird der A/D-Wandler einschließlich des betreffenden Vorverstärkers getestet, d. h. auf der Anzeige erscheint „00.0“ bis „00.4“ (der linke Drehschalter steht hierbei in Stellung „F“). Größere Abweichungen deuten auf einen Defekt des Gerätes hin. In Stellung „70 dB“ werden Messungen von 40 dB bis 70 dB, in Stellung „100 dB“ von 70 dB bis 100 dB und in Stellung „130 dB“ von 100 dB bis 130 dB vorgenommen. Bei eingeschränkter Genauigkeit kann jeder Meßbereich um ca. 10 dB über- sowie unterschritten werden, wodurch sich eine hinreichende Überschneidung der drei Bereiche ergibt. Die Genauigkeit im gesamten definierten Meßbereich von 40 dB bis 130 dB liegt bei typ. 0,5 dB (!). Die typischen Meßbereichsgrenzen reichen von ca. 35 dB bis 135 dB. Dies bedeutet eine Dynamik von 100 dB (!) entsprechend einem Verhältnis von 1:100 000.

Wichtig ist in diesem Zusammenhang die Wahl des korrekten Meßbereiches. Dies ist jedoch auf einfache Weise möglich, indem



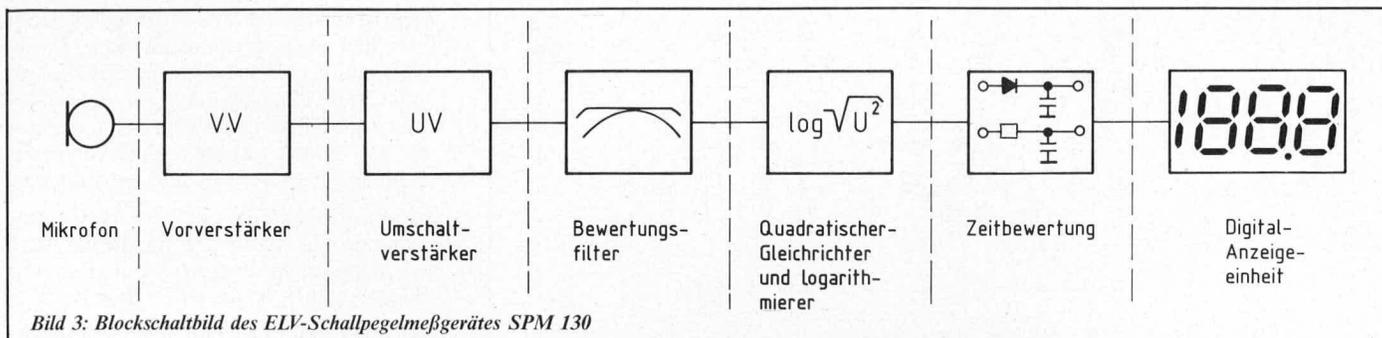


Bild 3: Blockschaltbild des ELV-Schallpegelmeßgerätes SPM 130

während einer Messung geprüft wird, ob der angezeigte Wert innerhalb der Meßgrenzen des eingestellten Meßbereiches liegt (in Stellung „100 dB“ also zwischen 70 dB und 100 dB). Von einer geringfügigen Meßbereichsüber- bzw. -unterschreitung einmal abgesehen, sind angezeigte Meßwerte außerhalb des definierten Bereiches nicht verwertbar, d. h. bei größeren Meßbereichsüber- bzw. -unterschreitungen (mehr als  $\pm 10$  dB) steigen die möglichen Meßfehler sprunghaft an. Diesem Punkt ist somit während der Messungen die nötige Aufmerksamkeit zu schenken, zumal mit einem kurzen Blick der angezeigte Meßwert und der eingestellte Meßbereich verglichen werden können.

Der linke Drehschalter dient zur Vorwahl der Zeitbewertung und gleichzeitig zum Einschalten des Gerätes.

In der Schalterstellung „Aus“ ist die Stromversorgung unterbrochen. Durch die Anwahl einer der drei Zeitbewertungsstellungen „S, F, I“ wird das Gerät gleichzeitig eingeschaltet.

In vielen Fällen weisen die zu messenden Geräusche Pegelschwankungen auf, deren Ausmaß durch die gewählte Zeitbewertung wesentlich mitbestimmt wird. Der ELV-Schallpegelmessgerät SPM 130 bietet hierzu drei der gebräuchlichsten Bewertungsmöglichkeiten.

1. In der Schalterstellung „S“ (Slow = langsam) besitzt das Gerät eine Zeitkonstante von 1 s. Hierdurch wird eine sichere Ableseung auch bei schwankenden Pegeln und die Weiterverarbeitung zu einem wirkungsäquivalenten Langzeit-Beurteilungswert ermöglicht. Schnelle Schwankungen werden ausgemittelt und kurze Impulse weitgehend unterdrückt.

2. Sollen hingegen die Unterschiede im Verlauf von wechselnden Schallereignissen sichtbar werden, empfiehlt sich die Schalterstellung „F“ (Fast = schnell, hier: aktuell) mit einer Zeitkonstanten von ca. 125 ms. Die Anzeige stellt sich schnell ein und folgt auch verhältnismäßig schnell wechselnden Schallstärken. In bestimmten Fällen wie z. B. beim Taktmaximalpegel-Verfahren ist diese Zeitbewertung obligatorisch.

3. In der Schalterstellung „I“ (Impuls) spricht das Gerät auch auf kurze impulsartige Schallereignisse an, d. h. die Anzeige erlaubt eine Aussage über die Intensität der Kurzzeitwahrnehmungen oder anderer Wirkungen auf den Menschen. In diesem Fall kommen zwei Zeitkonstanten zum Tragen, die bei Impulsen einen schnellen Anstieg (35 ms) und einen langsamen Abfall

(10 s) bewirken. Früher wurden Schallpegelmessgeräten mit der Zeitbewertung „I“ auch als Impulsschallpegelmessgerät bezeichnet (Achtung: Bei Anwahl dieses Bereiches kann die Anzeige zunächst in den Überlauf gehen. Es sind dann ca. 10 s zu warten bis die Anzeige auf einen Wert „heruntergelaufen“ ist, der kleiner als der zu erwartende Meßwert ist).

Welche Zeitbewertung im konkreten Fall einzustellen ist, hängt vom jeweiligen Einsatzfall in Verbindung mit der gewünschten Aussage ab (ist der Spitzenwert oder der Mittelwert oder die Schwankung von Interesse). Darüber hinaus gibt es einschlägige Meßnormen, Richtlinien und Vorschriften, die bei professionellem Einsatz von Schallpegelmessgeräten die genaue Vorgehensweise festlegen. In einer der nächsten Ausgaben des ELV Journal werden wir in einem separaten Artikel hierauf noch detaillierter eingehen.

### Zur Schaltung

In Bild 3 ist die prinzipielle Funktionsweise des ELV-Schallpegelmeßgerätes SPM 130 im Blockschaltbildcharakter dargestellt.

Die zu messende Schallstärke wird von einer besonders hochwertigen Elektret-Mikrofonkapsel (Druckempfänger) in Back-Elektret-Technik mit integriertem Impedanzwandler empfangen. Bei dieser Mikrofonkapsel der Firma Sennheiser electronic des Typs KE 4-211-2 handelt es sich um ein System mit äußerst geringen Abmessungen (TO 18-Transistor-Gehäuse), weitem Übertragungsbereich (20 Hz bis 20 kHz), hohem

Geräuschspannungsabstand und großem Dynamikbereich (von ca. 35 dB bis ca. 135 dB) sowie Körperschallunempfindlichkeit durch Back-Elektret-Technik. Vorstehende Spezifikationen stellen eine wesentliche Voraussetzung für einen hochwertigen Schallpegelmessgerät dar. Low-Cost Mikrofonkapseln wie sie vielfach auf dem Markt günstig angeboten werden mit eingeschränktem Frequenzbereich, geringer Dynamik usw. sind für den Einsatz im SPM 130 absolut ungeeignet.

Das Mikrofon arbeitet auf einen Vorverstärker (VV), der sich gemeinsam mit der Mikrofonkapsel in einem abschirmenden Metallröhrchen befindet. Diese Maßnahme ist wichtig, um auch die im kleinsten Meßbereich auftretenden Spannungen im Bereich von  $10 \mu\text{V}$  (10 millionstel Volt) verarbeiten zu können.

Vom Vorverstärker aus führt eine ca. 1 Meter lange Zuleitung zum Eingang des Basisgerätes. Durch die Loslösung des Vorverstärkers mit dem Mikrofon vom Basisgerät ergibt sich eine hohe Flexibilität der Meßmöglichkeiten bei gleichzeitiger Minimierung der Schallfeldstörungen durch das Gerät.

Der Umschaltverstärker bietet die Möglichkeit der Verstärkungsumschaltung in drei Bereichen.

Es folgt das Bewertungsfilter, wobei zwischen „lin“ und „dBA“ gewählt werden kann.

Die soweit aufbereitete vom Mikrofon abgegebene NF-Wechselspannung gelangt auf

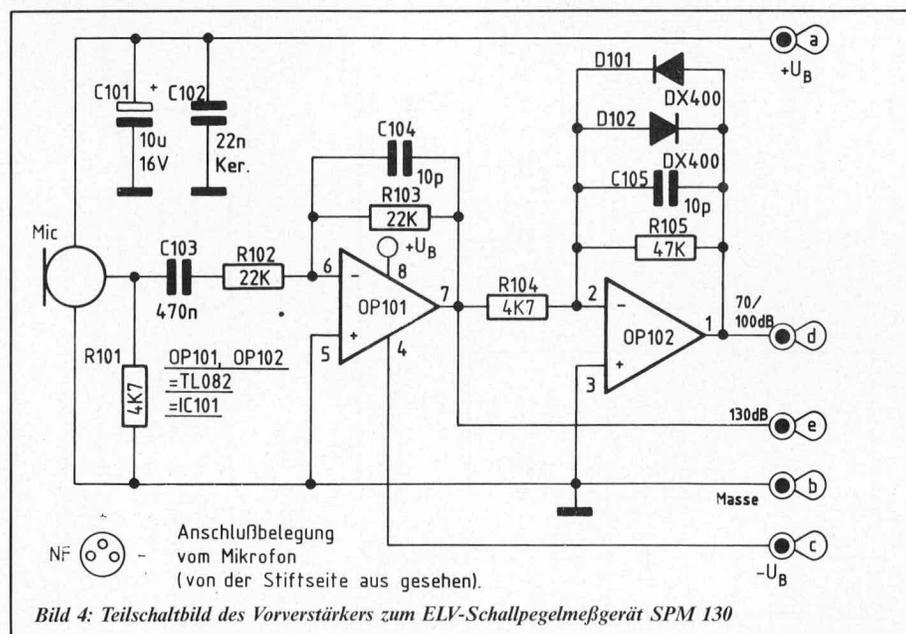


Bild 4: Teilschaltbild des Vorverstärkers zum ELV-Schallpegelmeßgerät SPM 130

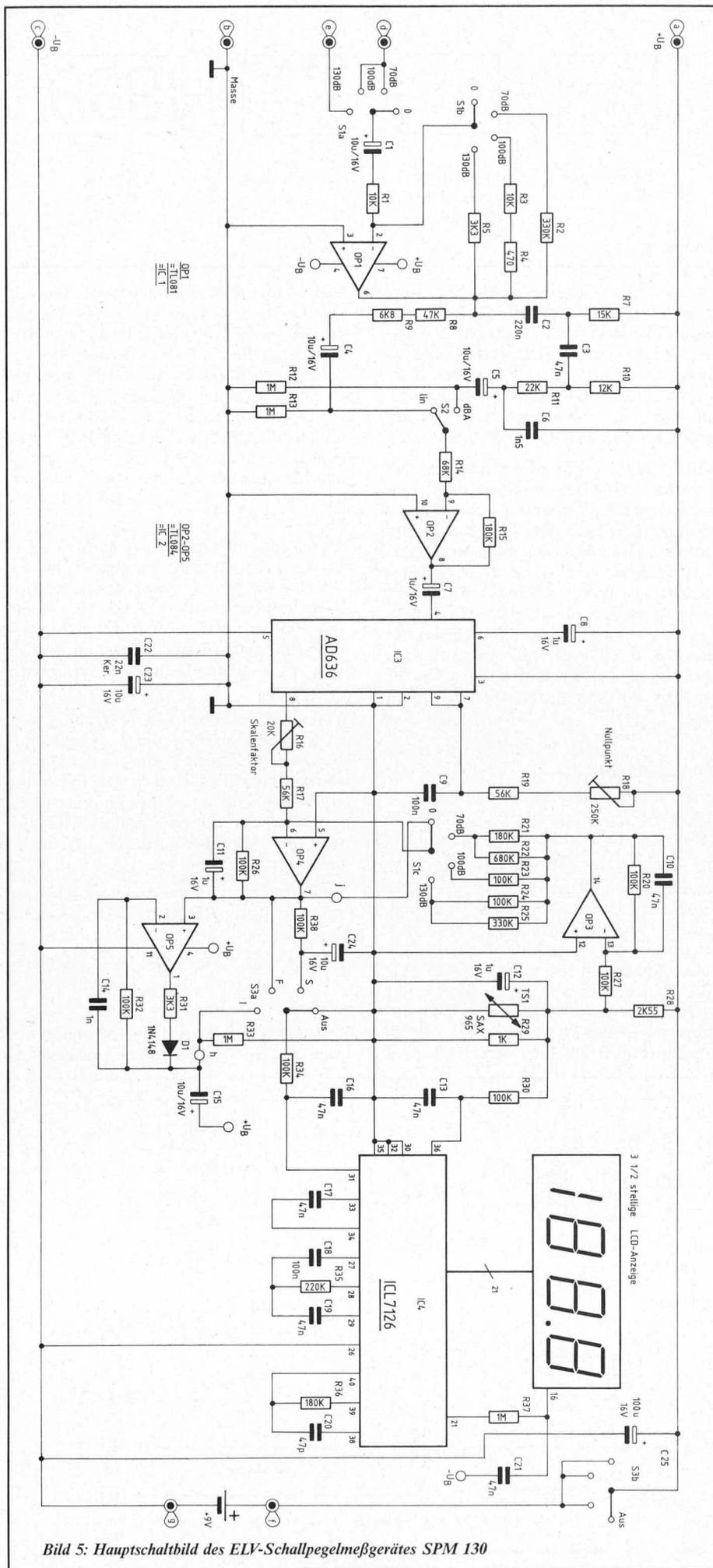


Bild 5: Hauptschaltbild des ELV-Schallpegelmeßgerätes SPM 130

einen quadrierenden Gleichrichter mit nachgeschaltetem Logarithmierer. Das Logarithmieren ist erforderlich, um eine linear verlaufende Gleichspannung in eine logarithmische Kurvenform zu bringen, die später von einem entsprechenden digitalen Spannungsmesser verarbeitet werden kann.

Zuvor durchläuft die so aufbereitete Gleichspannung eine Zeitbewertung, die die Auswahl zwischen Spitzenwertmessung und verschiedenen Integrationszeiten bietet.

Den Abschluß bildet eine Digital-Anzeige-einheit, auf der der Meßwert des betreffenden Schallereignisses direkt in dB abgelesen werden kann.

Nachdem wir die grundsätzliche Funktionsweise des SPM 130 betrachtet haben, wenden wir uns der ausführlichen Schaltungsbeschreibung zu.

In Bild 4 ist die auf einer separaten Platine aufgebaute Mikrofon-Vorverstärkereinheit dargestellt. Die zu messenden Schallereignisse werden von der Elektret-Mikrofonkapsel aufgenommen und in elektrische NF-Wechselnungssignale umgesetzt. Über C 103, R 102 gelangen diese Signale auf die erste als Impedanzwandler geschaltete Verstärkerstufe, die mit OP 101 und Zusatzbeschaltung aufgebaut ist. Der Verstärkungsfaktor wird durch die beiden Widerstände R 103 und R 102 festgelegt und beträgt exakt 1 — bei einer Phasendrehung von 180 Grad. Der Ausgang (Pin 7 von OP 101) wird zur direkten Weiterverarbeitung im 130 dB-Bereich an den Platinenanschlußpunkt „e“ geführt.

Für die beiden kleineren Meßbereiche ist eine weitere Verstärkung um den Faktor 10 mit Hilfe des OP 102 erforderlich, bevor diese Signale über die Verbindungsleitung zum Basisgerät geleitet werden (Platinenanschlußpunkt „d“). Der Verstärkungsfaktor wird hier durch die beiden Widerstände R 105 und R 104 festgelegt. Werden Messungen im 130 dB-Bereich vorgenommen, können die Eingangsamplituden so groß werden, daß der Ausgang des OP 102 in die Begrenzung fährt. Dies wiederum könnte zu unerwünschten Rückwirkungen (z. B. über die Versorgungsspannung) auf die erste Verstärkerstufe führen, obwohl der betreffende Ausgang („d“) in diesem Falle gar nicht benutzt wird. Hier schaffen die beiden im Rückkopplungszweig liegenden reststromarmen Begrenzerdioden D 101, 102 Abhilfe. Bei Messungen in den beiden unteren Bereichen (70/100 dB) sind aufgrund der entsprechend kleineren Amplituden diese Dioden wirkungslos.

Die Kondensatoren C 101 und C 102 dienen der allgemeinen Stabilisierung und Schwingungsunterdrückung. R 101 stellt den erforderlichen Belastungswiderstand für den gepufferten Mikrofonausgang dar.

Die Versorgungsspannung wird über die Anschlußpunkte „a“ (positive Batteriespannung) und „c“ (negative Batteriespannung) zugeführt, während der Platinenanschlußpunkt „b“ (Masse) mit dem internen, künstlich erzeugten Schaltungsmassepunkt des Basisgerätes verbunden wird. „d“ und „e“ stellen die beiden Signalausgänge dar. Als Zuleitung wird eine 4adrige, flexible, isolierte, abgeschirmte, ca. 1 Meter lange Leitung

verwendet, deren Abschirmung am Massepunkt „b“ liegt.

Sehen wir uns nun die Schaltung des Basisgerätes in Abbildung 5 an.

Über den Bereichswahlschalter S 1a gelangt das vom Vorverstärker kommende NF-Signal auf den Eingang des Umschaltverstärkers (OP 1 mit Zusatzbeschaltung). Die Verstärkungsumschaltung erfolgt mit S 1b, wobei das Verhältnis des im Rückkopplungs-zweig liegenden Widerstandes zu R 1 den Verstärkungsfaktor bestimmt. C 1 dient zur gleichspannungsmäßigen Entkopplung.

Je nach Stellung des Schiebeschalters S 2 gelangt das vom Ausgang (Pin 6) des OP 1 kommende NF-Signal entweder über das A-Bewertungsfilter (C 2, C 3, C 6, R 7, R 10, R 11) oder direkt über R 8, R 9 auf den invertierenden Verstärker OP 2, dessen Ausgang (Pin 8) auf den Eingang (Pin 4) des IC 3 arbeitet. C 4, C 5, C 7 dienen lediglich der gleichspannungsmäßigen Entkopplung.

Das IC 3 des Typs AD 636 stellt ein weiteres wesentliches Bauelement innerhalb der Schaltung des SPM 130 dar. Ursprünglich als echter Effektivwertwandler konzipiert, besitzt dieses IC einen dB-Ausgang (Logarithmierer), der in Verbindung mit dem vorgeschalteten echten Effektivwertwandler eine Ausgangsspannung liefert, die den Logarithmus des entsprechenden Gleichrichtertes darstellt. Diese an Pin 8 des IC 3 zur Verfügung stehende Gleichspannung gelangt auf den mit OP 4 und Zusatzbeschaltung aufgebauten invertierenden Verstärker. Der genaue Verstärkungsfaktor wird mit R 16 eingestellt (Skalenfaktor).

Je nach Stellung des für die Zeitbewertung zuständigen Drehschalters S 3a wird entweder die Ausgangsspannung des OP 4 (Pin 7) direkt abgegriffen (schnelle Ansprechgeschwindigkeit) oder über das R/C-Glied R 38/C 24 (Zeitkonstante ca. 1 s) oder über den Spitzenwertgleichrichter aufgebaut mit OP 5 und Zusatzbeschaltung. Die Aufladzeitkonstante wird hierbei durch R 31/C 15 und die Entladzeitkonstante durch R 33/C 15 festgelegt.

Über R 34 wird dann eine dieser 3 Spannungen auf den Meßeingang (Pin 31) des A/D-Wandlers IC 4 des Typs ICL 7126 gegeben. Dieses IC setzt eine Gleichspannung, die zwischen den Anschlußpins 30 und 31 anliegt, in einen Digitalwert um, der anschließend direkt auf dem LC-Display abgelesen werden kann.

Die zugehörige Referenzspannung steht zwischen den Anschlußpins 35 und 36 an, wobei Pin 32 eine interne Referenzspannung generiert, die typ. 2,8 V unterhalb der positiven 9 V-Versorgungsspannung liegt.

Eine Besonderheit stellt in diesem Zusammenhang der Temperatursensor Ts 1 des Typs SAX 965 dar. In Verbindung mit R 28 und R 29 ist die Einflußgröße dieses Temperatursensors so dimensioniert, daß sich die über R 30 auf Pin 36 des IC 4 gegebene Referenzspannung in dem Maße mit der Temperatur verändert, wie durch die gleiche Temperaturänderung die Ausgangsspannung des IC 3 driftet. Hierdurch wird auf höchst elegante Weise eine automatische Temperaturkompensation des IC 3 vorgenommen,

die bei entsprechender Genauigkeit für die Verwendung des dB-Ausganges erforderlich ist.

In gleichem Maße wie die Referenzspannung müssen sich auch die Kompensationsströme für die 3 Meßbereiche verändern, jedoch mit unterschiedlichen Vorzeichen. Hierzu dient der als Inverter geschaltete OP 3, der über R 27 direkt an die Referenzspannung angekoppelt ist. Bei einer Temperatur von 25°C fällt über Ts 1 eine Referenzspannung von ca. 470 mV ab.

R 21 bis R 25 sind so dimensioniert, daß sich eine Pegelverschiebung am Ausgang (Pin 7) des OP 4 ergibt, die entsprechend den 3 Meßbereichen jeweils eine Differenz von 30 dB ausmacht.

Zur „Nullpunkt“-Einstellung dient R 18, mit dessen Hilfe ein zusätzlicher Gleichstrom in den Logarithmierer eingespeist wird. Dies ist erforderlich, um eine Meßbereichsverschiebung auf den gewünschten Wert vornehmen zu können. Hierbei wird als „Nullpunkt“ ein Meßpunkt am oberen Meßbereichsende gewählt, auf den bei entsprechendem Eingangssignal die Anzeige mit R 18 anschließend einzustellen ist. Auf den insgesamt einfach durchzuführenden Abgleich des SPM 130 wird im weiteren Verlauf dieses Artikels noch ausführlich eingegangen.

### Zum Nachbau

Die gesamte Schaltung findet auf 2, verhältnismäßig kompakt aufgebauten, einseitigen Leiterplatten Platz. Die Bestückung der Platinen wird in gewohnter Weise anhand der Bestückungspläne vorgenommen.

Zuerst werden die niedrigen und anschließend die höheren Bauelemente auf die Platinen gesetzt und verlötet. Auf der Vorverstärkerplatine ist C 101 und auf der Basisplatine C 12 und der Temperatursensor Ts 1 liegend einzubauen.

Grundsätzlich wäre es wünschenswert, wenn sich der Temperatursensor in unmittelbarer Nähe des zu kompensierenden IC 3 befinden würde. Da die Schaltung jedoch üblicherweise im verhältnismäßig ausgeglichenen Raumtemperaturbereich betrieben wird und darüber hinaus in einem Gehäuse untergebracht ist, das weitgehend homogene innere Temperaturverhältnisse erwarten läßt, entspricht die vorliegende Anordnung den praktischen Erfordernissen. Bei plötzlich auftretenden Temperaturstürzen von mehr als 10 Grad kann mit der vollen Genauigkeit erst nach Ablauf von ca. einer halben Stunde gerechnet werden, nachdem sich die Temperaturverhältnisse wieder stabilisiert haben.

Folgende Bauelemente sind bei der Basisplatine auf der Rückseite anzulöten: R 35, C 1, C 13, C 16 bis C 20 sowie C 25. Der Anschluß von C 25 erfolgt direkt an die Löt-punkte Pin 4 (+ Pol) und Pin 11 (- Pol) des IC 2.

In die 6 Bohrungen für den Schiebeschalter S 2 werden Lötstifte eingesetzt, die auf 2 mm zu kürzen sind. Hier sind anschließend die Löt-pins des Schiebeschalters anzulöten.

Damit auch das LC-Display die erforderliche Aufbauhöhe erhält wird zunächst eine 40polige Fassung in die entsprechenden Bohrungen gesetzt und verlötet. Anhand der

Abbildung 7 wird eine zweite Fassung eingesteckt, die später das LC-Display trägt. Die verwendeten IC-Fassungen sind hierzu in Längsrichtung aufzutrennen, d. h. die Zwischenstege abzuschneiden.

Die beiden jeweils mit „h“ bezeichneten Platinenanschlußpunkte auf der Basisplatine werden mit einer ca. 35 mm langen, flexiblen, isolierten Leitung auf der Bestückungsseite verbunden, während die beiden Anschlußpunkte „j“ auf der Leiterbahnseite durch einen ca. 25 mm langen, isolierten Leitungsabschnitt ihre Verbindung erhalten.

Der Batterieclip ist an die Platinenanschlußpunkte „f“ (Pluspol, rot) und „g“ (Minuspol, schwarz) zu löten.

Die Mikrofonkapsel wird, ohne die Anschlußbeinchen zu kürzen, von der Bestückungsseite aus in die zugehörigen Bohrungen der Vorverstärkerplatine gesetzt und auf der Leiterbahnseite verlötet. Anschließend sind die Anschlußbeinchen unmittelbar an der Stelle, an der sie aus der Leiterplatte heraustreten, im 90 Grad Winkel abzuknicken, damit das Mikrofon beim späteren Einsatz nach vorne aus dem Abschirmröhrchen herauschaut.

Nachdem auch die 4adrige, flexible, isolierte Zuleitung einschließlich der Abschirmung an die 5 Platinenanschlußpunkte „a“ bis „e“ der Vorverstärkerplatine gelötet wurde, kann der Einbau dieser kleinen Platine in das ca. 100 mm lange Metall-Abschirmröhrchen erfolgen. Die Vorverstärkerplatine wird hierbei soweit in das Abschirmröhrchen eingeschoben, daß die Unterseite der Mikrofonkapsel gerade eben nicht mehr auf der Stirnseite des Abschirmröhrchens hervortritt, d. h., die Vorderseite der Mikrofonkapsel ragt ca. 3 mm weit aus dem Abschirmröhrchen heraus. In dieser Stellung wird mit einem möglichst heißem LötKolben eine Lötverbindung zwischen Innenwandung des Metall-Abschirmröhrchens und der Schaltungsmasse der Vorverstärkerplatine hergestellt, und zwar möglichst im hinteren Leiterplattenbereich, damit die Mikrofonkapsel nicht unnötig erhitzt wird und auf keinen Fall mit dem LötKolben in direkte Berührung kommt.

Ist der Aufbau soweit erfolgt, kann auch der Anschluß der ca. 1 Meter langen Zuleitung an die Basisplatine erfolgen, um vor dem endgültigen Zusammenbau das Gerät in Betrieb zu nehmen und abzugleichen.

### Abgleich und Inbetriebnahme

Nachdem die Bestückung beider Platinen nochmals sorgfältig überprüft wurde, kann die Schaltung unter Zwischenfügen eines Strommessers mit der 9 V-Batteriespannung verbunden werden. Der linke Drehschalter befindet sich hierbei in Stellung „Aus“, der rechte in Stellung „0“ und der Schiebeschalter auf „lin“. Es darf jetzt keine Stromaufnahme meßbar sein. Das Display ist erloschen.

Als nächstes wird der linke Drehschalter in Stellung „F“ (Fast = schnell, aktuell) gebracht. Die Stromaufnahme liegt jetzt im Bereich zwischen 4 mA und 10 mA (typ. 6 mA). Auf der Anzeige erscheint ein Wert zwischen „00.0“ und „00.4“. Ist dies nicht der Fall, muß die Schaltung zunächst auf Löt-

brücken, Bestückungsfehler o. ä. besonders im Bereich der ICs 2, 4 untersucht werden.

Bei korrekter Anzeige wird jetzt der rechte Drehschalter in den Meßbereich „70 dB“ gebracht. Durch mehr oder weniger lautes Besprechen des Mikrofons kann sowohl in diesem als auch in den beiden übrigen Meßbereichen die grundsätzliche Funktionsweise überprüft werden, um anschließend den exakten Abgleich vorzunehmen.

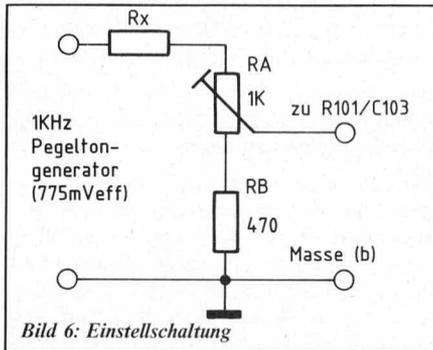


Bild 6: Einstellschaltung

Hierzu leistet z. B. der ultraklirarme 1 kHz-Pegeltongenerator aus dem ELV Journal, Nr. 45, gute Dienste. An die Platinenanschlußpunkte „c“ und „e“ (Masse) des Pegeltongenerators wird die in Bild 6 dargestellte kleine Einstellschaltung angeschlossen, die ggf. frei zu verdrahten ist. Der Mittelabgriff des 1 kΩ-Trimmers wird über eine kurze, abgeschirmte Leitung mit dem Vorverstärkereingang verbunden, wozu der Mittelabgriff der Elektret-Mikrofonkapsel für den Zeitraum der folgenden Einstellung abzulöten ist (der Punkt, an dem sich R 101 und C 103 treffen). Die beiden anderen Mikrofonanschlüsse können angeschlossen bleiben oder falls gewünscht, ebenfalls abgeklemmt werden. Der Masseanschluß der in Bild 6 gezeigten Testschaltung wird mit der Schaltungsmasse des Vorverstärkers verbunden, und zwar möglichst in der Nähe des entsprechenden Mikrofonanschlußbeinchen. Zu beachten ist, daß der Pegeltongenerator mit einer vollkommen getrennten Stromversorgung zu speisen ist (z. B. zweite 9 V-Blockbatterie).

Die Kalibrierung der 3 Meßbereiche erfolgt durch Anlegen einer NF-Testspannung, die der Abgabespannung der Mikrofonkapsel bei dem zugehörigen Schallpegel entspricht. In Tabelle I ist die Vorgehensweise für den kompletten Abgleich aufgeführt. Der linke Drehschalter befindet sich hierbei auch weiterhin in Stellung „F“ und der Schiebeshalter in Stellung „lin“.

Der erste Abgleichschritt wird im Meßbereich 130 dB ausgeführt. Bei Rx handelt es sich um eine Brücke, und der Trimmer RA wird so eingestellt, daß eine 1 kHz-Testspannung von 631 mV<sub>eff</sub> auf den Eingang des Vorverstärkers gelangt. Mit dem Spindeltrimmer R 18 zur „Nullpunkt“-Einstellung wird die Anzeige jetzt auf 130 dB eingestellt.

Eine direkte Nullpunkt-Einstellung ist nicht möglich, da aufgrund des eingeschränkten Meßbereiches die Anzeige nicht bis auf „00.0“ im realen Betrieb herunterreicht. Es ist deshalb erforderlich, eine genau bekannte Eingangsspannung, die z. B. dem Meßbereichsendwert entspricht, zu wählen und anschließend den so verschobenen „Nullpunkt“ einzustellen.

Beim zweiten Abgleichschritt wird jetzt eine Spannung von 20 mV<sub>eff</sub> auf den Vorverstärkereingang gegeben und nun der Skalenfaktor mit R 16 in der Weise abgeglichen, daß auf der Anzeige ein Wert von 100 dB erscheint.

Durch den zweiten Abgleichschritt (Skalenfaktor) kann sich der Nullpunkt wieder geringfügig verschieben, da dieser, wie bereits erwähnt, nicht wirklich im Nullpunkt eingestellt wurde. Als dritter Abgleichschritt ist daher die „Nullpunkt“-Einstellung bei einer Eingangsspannung von 631 mV<sub>eff</sub> zu wiederholen (Anzeige mit R 18 auf 130 dB).

Der vierte Abgleichschritt erfolgt analog dazu, bei einer Eingangsspannung von 20 mV<sub>eff</sub>, wobei die Anzeige mit R 16 auf 100 dB zu bringen ist.

Vorstehend beschriebene Schritte sind so oft zu wiederholen, bis beide Werte (100 dB und 130 dB) ohne nachgleichen zu müssen bei den betreffenden Eingangsspannungen auf der Anzeige erscheinen.

Nun wird im Meßbereich „70 dB bis 100 dB“ bei einer Eingangsspannung von 20 mV<sub>eff</sub> das Anzeigergebnis überprüft. Aufgrund der exakten Schaltungsdimensionierung in Verbindung mit der hohen Genauigkeit der verwendeten Bauelemente müßte sich die Anzeige automatisch auf 100 dB einstellen, bei einer maximalen Abweichung von ± 0,5 dB. Ein Abgleich ist in dieser Stellung nicht vorgesehen.

Gleiches gilt für den „40 dB bis 70 dB“ Meßbereich, bei dem eine Eingangsspannung von 631 μV<sub>eff</sub> angelegt wird und eine Anzeige von 70 dB auf dem Display erscheinen müßte. Auch hier liegen Abweichungen von ± 0,5 dB im Rahmen der Toleranz.

Sollten sich deutlich höhere Abweichungen ergeben, ist die Schaltung insbesondere im Hinblick auf die korrekt eingebauten Widerstandswerte zu untersuchen. Kleinere Abweichungen können, falls gewünscht, dadurch ausgeglichen werden, daß im „100 dB“-Bereich R 23 und im „70 dB“-Bereich R 21 oder R 22 individuell anzupassen sind. Hierzu werden diese Widerstände durch Trimmer ersetzt, der genaue Wert eingestellt, d. h., die Anzeige bei der betreffenden 1 kHz-Testspannung auf 100 dB bzw. 70 dB gebracht. Anschließend wird der Widerstandswert des Trimmers gemessen, um diesen durch eine Kombination aus Festwiderständen zu ersetzen. Im allgemeinen wird diese Vorgehensweise jedoch nicht erforderlich sein.

Voraussetzung für vorstehend genannte Abgleichmethode ist der exakte Felderlauf-Übertragungsfaktor der Mikrofonkapsel, die bei 10 mV/Pa liegt. Hierbei können jedoch Abweichungen von ± 2,5 dB auftreten. Damit sich dennoch eine entsprechend hohe Genauigkeit von ± 0,5 dB erreichen läßt, wurde jede einzelne Kapsel im ELV-Labor überprüft und ausgemessen. Zu jeder Mikrofonkapsel wird daher ein Korrekturfaktor mitgeliefert, der sich im Bereich von ca. 0,7 bis 1,4 bewegen kann. Mit diesem Faktor sind die in der Tabelle I angegebenen 1 kHz-Testspannungen zu multiplizieren und das Ergebnis für den Abgleich zugrunde zu legen.

Anhand des folgenden kleinen Beispiels soll die einfache Umrechnung aufgezeigt werden:

Liegt dem betreffenden Mikrofon ein Korrekturfaktor von 1,2 bei, so ist beim ersten Abgleichschritt eine Testspannung von 631 mV x 1,2 = 757,2 mV einzustellen. Der zweite Abgleichschritt wird mit einer Eingangsspannung von 20 mV x 1,2 = 24 mV durchgeführt usw.

Abschließend sei noch darauf hingewiesen, daß die eingestellten Testspannungen mit einem Voltmeter gemessen werden sollten, das auch bei einer Frequenz von 1 kHz genaue Messungen erwarten läßt.

### Zur Endmontage

Sind alle Test- und Abgleichergebnisse zur Zufriedenheit ausgefallen, wird der Testgenerator abgeklemmt und die Mikrofonkapsel in der bereits beschriebenen Weise wieder angelötet. Durch mehr oder weniger lautes Besprechen des Mikrofons in den verschiedenen Meßbereichen, ist die grundsätzliche Funktionsweise nochmals zu prüfen, wie auch die Funktion der 3 Zeitbewertungen des linken Drehschalters und der Stellung „dBA“ des Schiebeshalters (hier ist kein separater Abgleich erforderlich).

Die Basisplatte wird in die Gehäuseoberhalbchale des Handmeßgehäuses eingesetzt und mit 2 10 mm langen Knippingschrauben auf der Batteriefachseite festgeschraubt. 2 5 mm lange Distanzröllchen sorgen für den korrekten Abstand zwischen Gehäuseinnenseite und Leiterplatte. Auf der gegenüberliegenden Seite wird die Platine mit etwas Zwei-Komponenten- oder Sekundenkleber festgesetzt.

Die Zuleitung zum Vorverstärker wird durch eine 4 mm-Bohrung in der Stirnseite geführt, und auf der Leiterbahnseite der Basisplatte an die entsprechenden Punkte angelötet. Es ist sorgfältig darauf zu achten, daß die Abschirmung keine Kurzschlüsse verursacht. Als Zulentlastung dient ein Kabelbinder. Anschließend ist die Gehäuserückwand aufzuschrauben.

Die Vorverstärkerplatine im Metall-Abschirmröhrchen sollte vor Umwelteinflüssen

Tabelle I					
Schritt	Meßbereich	1 kHz-Testspannung U <sub>eff</sub>	Rx (Bild 6)	Anzeige	Anzeige einstellen mit:
1.	100 dB-130 dB	631 mV ± 63,1 Pa	Brücke	130 dB	R 18
2.	100 dB-130 dB	20 mV ± 2 Pa	39 kΩ	100 dB	R 16
3.	100 dB-130 dB	631 mV ± 63,1 Pa	Brücke	130 dB	R 18
4.	100 dB-130 dB	20 mV ± 2 Pa	39 kΩ	100 dB	R 16
5.	70 dB-100 dB	20 mV ± 2 Pa	39 kΩ	100 dB	—
6.	40 dB- 70 dB	631 μV ± 0,063 Pa	1 MΩ	70 dB	—

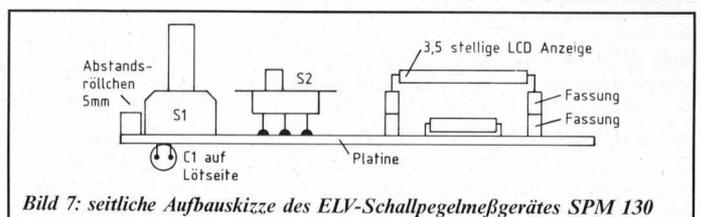


Bild 7: seitliche Aufbauskiizze des ELV-Schallpegelmeßgerätes SPM 130

möglichst gut geschützt sein. Hier bietet sich ein Vergießen dieses Schaltungsteiles an.

Um die Mikrofonkapsel zu schützen, wird zunächst der Rand mit der Vorderseite der Kapsel mit Tesafilm umwickelt, damit in die Schalleintrittsöffnung auf keinen Fall Vergußmasse eindringen kann. Als nächstes wird die Stirnseite mit Knetmasse abgedichtet, und zwar so, daß sich die Knetmasse mehrere Millimeter weit in das Abschirmröhrchen hineindrückt. Jetzt wird das Abschirmröhrchen senkrecht gestellt und von der Rückseite aus mit Vergußmasse vorsichtig aufgefüllt.

Nach dem Aushärten der Vergußmasse (ca. 24 Stunden) richtet man das Röhrchen auf, entfernt die Knetmasse auf der Stirnseite und füllt jetzt vorsichtig diesen Teil bis zum Rand mit Vergußmasse auf. Die Mikrofonkapsel ragt jetzt mindestens 2 bis 3 mm auf der Stirnseite des Abschirmröhrchens aus der Vergußmasse heraus. Nachdem auch dieser Teil der Vergußmasse ausgehärtet und die Mikrofonkapsel von Tesafilm befreit ist, steht dem Einsatz dieses interessanten Schallpegelmeßgerätes nichts mehr im Wege.

## Stückliste: Schallpegelmeßgerät

### Widerstände

470 Ω	.....	R 4
1 kΩ	.....	R 29
2,55 kΩ	.....	R 28
3,3 kΩ	.....	R 5, R 31
6,8 kΩ	.....	R 9
10 kΩ	.....	R 1, R 3
12 kΩ	.....	R 10
15 kΩ	.....	R 7
22 kΩ	.....	R 11
27 kΩ	.....	R 17
47 kΩ	.....	R 8
68 kΩ	.....	R 14, R 19
100 kΩ	.....	R 20, R 23, R 24, R 26, R 27, R 30, R 32, R 34, R 38
180 kΩ	.....	R 15, R 21, R 36
220 kΩ	.....	R 35
330 kΩ	.....	R 2, R 25
680 kΩ	.....	R 22
1 MΩ	.....	R 12, R 13, R 33, R 37
50 kΩ, Spindeltrimmer	.....	R 16
100 kΩ, Spindeltrimmer	.....	R 18

### Kondensatoren

47 pF	.....	C 20
1 nF	.....	C 14
1,5 nF	.....	C 6
22 nF, Keramik	.....	C 22
47 nF	.....	C 3, C 10, C 13, C 16, C 17, C 19, C 21
100 nF	.....	C 9, C 18
220 nF	.....	C 2
1 µF/16 V	.....	C 7, C 8, C 11, C 12
10 µF/16 V	.....	C 1, C 4, C 5, C 15, C 23, C 24
100 µF/16 V	.....	C 25

### Halbleiter

TL 081	.....	IC 1
TL 084	.....	IC 2
AD 636	.....	IC 3
ICL 7126	.....	IC 4
IN4148	.....	D 1

### Sonstiges

SAX 965	.....	TS 1
1 LCD-Anzeige 3,5stellig	.....	
2 Präzisionsdreheschalter 4.3 S	.....	
1 Schiebeschalter 2 x um	.....	
1 9 V-Batterieclip	.....	
15 Lötstifte	.....	
1 m 4adrige abgeschirmte Leitung	.....	
2 40polige IC-Fassung (für LCD-Anzeige)	.....	
2 Abstandsrollchen 5 mm	.....	
2 Knippingschrauben	.....	

### Mikrofonverstärker

#### Widerstände

4,7 kΩ	.....	R 101, R 104
22 kΩ	.....	R 102, R 103
47 kΩ	.....	R 105

#### Kondensatoren

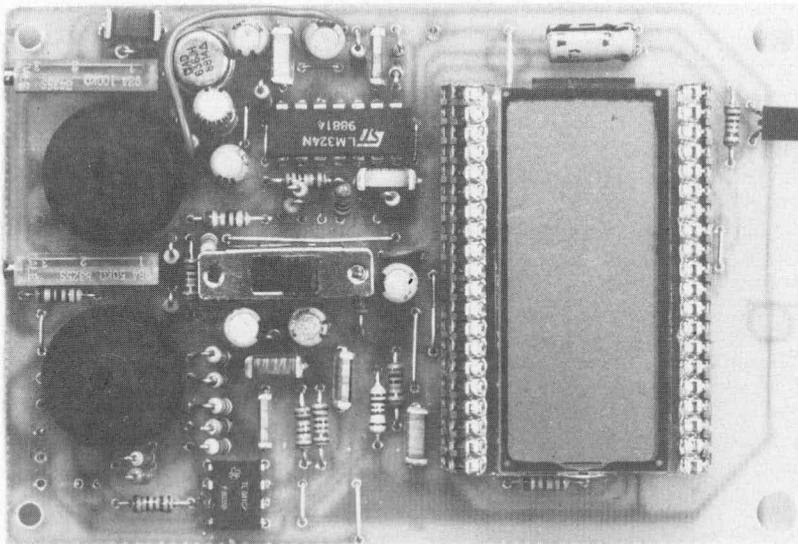
10 pF	.....	C 104, C 105
22 nF, Keramik	.....	C 102
470 nF	.....	C 103
10 µF/16 V	.....	C 101

#### Halbleiter

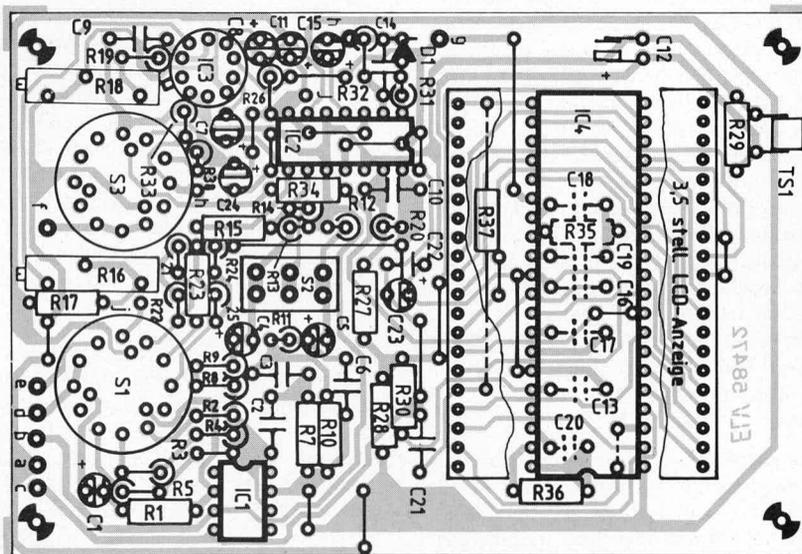
TL 082	.....	IC 101
DX 400	.....	D 101, D 102

#### Sonstiges

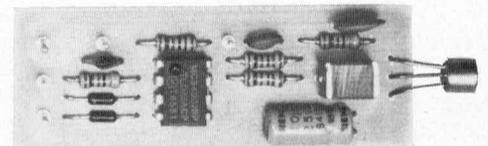
5 Lötstifte	.....	
1 Mikro, Sennheiser KE 4-211-2	.....	
1 Metallrohr	.....	



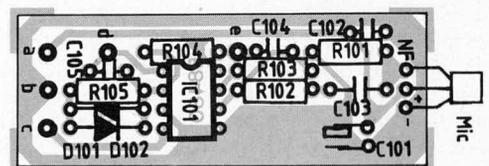
Ansicht der fertig aufgebauten Basisplatte des ELV-Schallpegelmeßgerätes SPM 130



Bestückungsseite der Basisplatte des ELV-Schallpegelmeßgerätes SPM 130



Ansicht der fertig bestückten Vorverstärkerplatte



Bestückungsseite der Vorverstärkerplatte