



# Schallpegel- Messgerät SPM 100

**Im Bereich des akustischen Umweltschutzes gehört das Schallpegel-Messgerät zu den wichtigsten Hilfsmitteln zur korrekten Beurteilung von Schallereignissen. Das mikroprozessor-gesteuerte SPM 100 verfügt über normgerechte Zeit- und Frequenzbewertungsfiler und ist somit für die meisten Aufgaben im Bereich der Schallmesstechnik geeignet.**

## Allgemeines

Ohne ein entsprechendes Messgerät ist eine objektive Beurteilung von Schall nicht möglich, der als Lärm oder als Genuss empfunden werden kann.

Damit Schall überhaupt entstehen kann, ist eine Schallquelle und ein elastisches Medium (z. B. Luft) erforderlich, in dem sich die von der Schallquelle ausgehenden Schwingungen ausbreiten können. Die Schallquelle erzeugt Zonen mit Verdichtungen und Verdünnungen der Luftmoleküle und somit Luftdruckschwankungen, die dem immer vorhandenen atmosphärischen Luftdruck überlagert sind. Da die

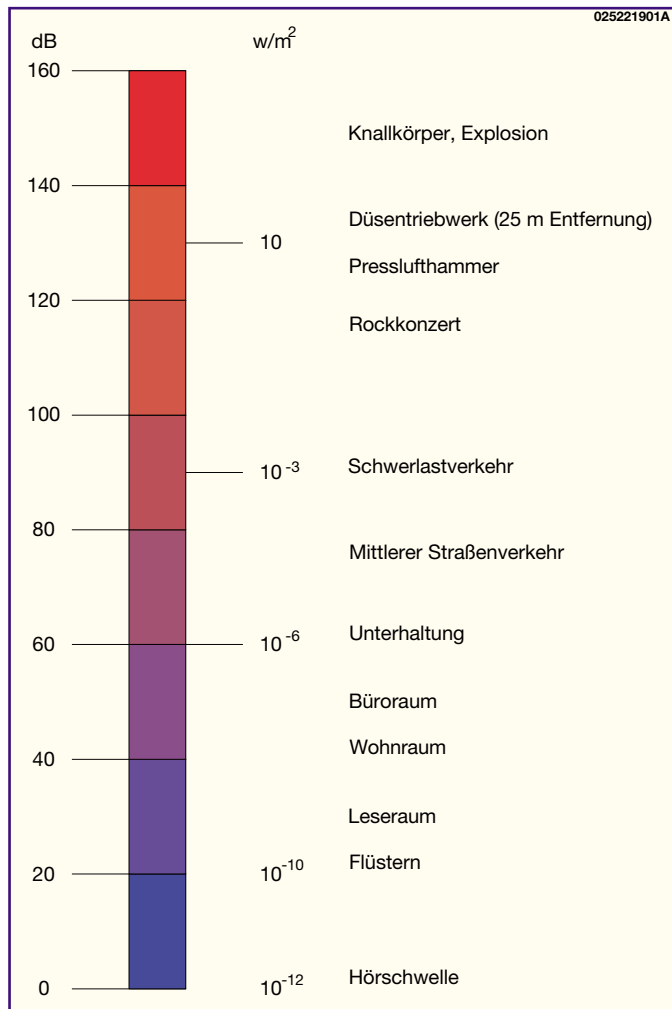
Ausbreitung wellenförmig erfolgt, spricht man von Schallwellen.

Sinusförmige Schwingungen erzeugen

reine Töne, während Geräusche aus einer Vielzahl von überlagerten Sinusschwingungen bestehen.

### Technische Daten: SPM 100

Erfassungsbereich:	30 dB - 125 dB (130-dB-Impuls)
Messbereiche:	30 dB - 70 dB, 50 dB - 100 dB, 80 dB - 130 dB
Genauigkeit:	± 1 dB
Auflösung:	0,1 dB, 2,5 dB bei Balkenanzeige
Bewertungsfiler:	A, C
Zeitkonstanten:	Slow, Fast, Impuls
Spannungsversorgung:	9-V-Blockbatterie
Abmessungen (B x H x T):	71 x 170 x 28 mm
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Analogausgang (AC, DC) • RS-232-Schnittstelle</li> <li>• Auto-Range-Funktion • Auto-Power-Off (deaktivierbar)</li> </ul>	



**Bild 1: Typische Schalldruckpegel von verschiedenen Geräuschen**

schwingungen aufnehmen und verarbeiten, die innerhalb eines bestimmten Frequenzbereichs liegen. So unterscheidet man zwischen Infraschall (unterhalb des Hörbereichs), Hörschall und Ultraschall (Schallschwingungen oberhalb des Hörbereichs).

Für Schallmessungen und insbesondere auch für Lärmschutzmaßnahmen interessiert in erster Linie der Hörschall in einem Frequenzbereich von 16 Hz bis 16 kHz. Aber auch innerhalb des Hörbereichs ist das Hörvermögen des Menschen über den Frequenzbereich keineswegs linear und nimmt mit steigendem Alter stark ab. Daher ist es bei vielen Messungen sinnvoll, die frequenzabhängige Pegelverteilung zu ermitteln.

Ebenfalls ist die Lautstärkeempfindlichkeit des Menschen nicht linear, so dass bei geringer Lautstärke wesentlich feinere Unterschiede wahrgenommen werden als bei großen Lautstärken. Der Unterschied der Schallintensität zwischen der Reizschwelle (gerade wahrnehmbar) und der Schmerzgrenze ist enorm und reicht von  $10^{-12} W/m^2$  bis  $10 W/m^2$ . Um einen derart großen Wertebereich vernünftig darstellen zu können, erfolgt die Skalierung des Schallpegels (genaugenommen Schalldruckpegels) in Dezibel (dB).

Die Skala ist so ausgelegt, dass bei 0 dB die Hörschwelle liegt und bei 130 dB die Schmerzgrenze mit  $10 W/m^2$  erreicht wird. Typische Schalldruckpegel (Schallpegel) von verschiedenen Geräuschen sind in der Grafik in Abbildung 1 zu sehen. Dadurch ist die Zuordnung der Schallpegel in dB

Der Schalldruck, bzw. die Amplitude der Druckänderungen im elastischen Medium bestimmt die Lautstärke und die Frequenz die Tonhöhe. Neben Luft können als Ausbreitungsmedium auch feste Stoffe oder Flüssigkeiten dienen. Man spricht daher entweder von Körper-, Flüssigkeits- oder Luftschall. Das häufigste und wichtigste Ausbreitungsmedium ist natürlich die Luft.

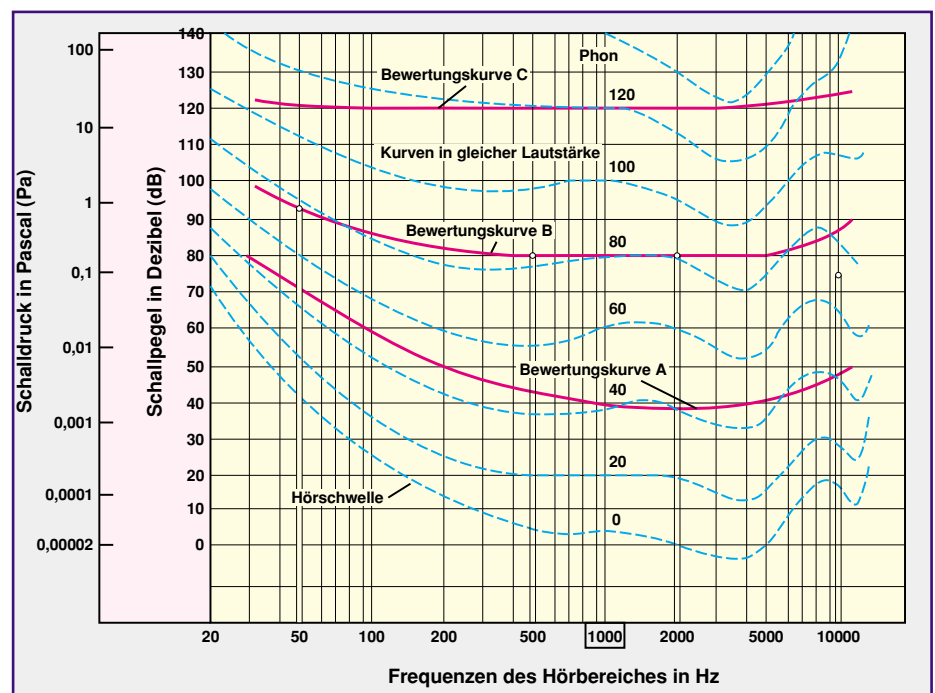
Als Schallquelle kann jeder feste Körper dienen, der zu elastischen Schwingungen angeregt wird. Wenn dieser Körper von Luft umgeben ist, hat man bereits eine Luftschall erzeugende Schallquelle.

Neben den zur Schallerzeugung konzipierten Lautsprechern gibt es sehr viele unerwünschte Schallquellen, deren Schallerzeugung häufig mit viel Aufwand unterdrückt werden muss. Unerwünschter Schall, als Lärm bezeichnet, wird unter anderem von Motoren, Maschinen oder dem Straßenverkehr hervorgerufen und kann bei zu großer Belastung die Gesundheit gefährden.

Um die akustische Umweltverschmutzung durch Lärm in Grenzen zu halten, gibt es gesetzliche Regelungen, Vorschriften und Richtlinien. Zur Überprüfung der Grenzwerte sind dann entsprechende Messgeräte erforderlich, an die je nach Aufgabe

unterschiedliche Genauigkeitsanforderungen gestellt werden.

Das menschliche Gehör kann nur Schall-



**Bild 2: Die Grafik zeigt die erforderlichen Schalldruckpegel über die Frequenzen, die vom menschlichen Gehör als Kurven gleicher Lautstärke empfunden werden. Zusätzlich sind die frequenzabhängigen Bewertungsfilter A, B und C eingezeichnet.**

**Tabelle 1: Relativer Frequenzgang der genormten Frequenzbewertungskurven A, B, C und D**

Frequenz in Hz	Relativer Frequenzgang in dB			
	Kurve A	Kurve B	Kurve C	Kurve D
10	-70,4	-38,2	-14,3	
12,5	-63,4	-33,2	-11,2	
16	-56,7	-28,5	-8,5	
20	-50,5	-24,2	-6,2	
25	-44,7	-20,4	-4,4	
31,5	-39,4	-17,1	-3,0	
40	-34,6	-14,2	-2,0	-14
50	-30,2	-11,6	-1,3	-12
63	-26,2	-9,3	-0,8	-11
80	-22,5	-7,4	-0,5	-9
100	-19,1	-5,6	-0,3	-7
125	-16,1	-4,2	-0,2	-6
160	-13,3	-3,0	-0,1	-5
200	-10,9	-2,0	0	-3
250	-8,6	-1,3	0	-2
315	-6,6	-0,8	0	-1
400	-4,8	-0,5	0	0
500	-3,2	-0,3	0	0
630	-1,9	-0,1	0	0
800	-0,8	0	0	0
1000	0	0	0	0
1250	+0,6	0	0	2
1600	+1,0	0	-0,1	6
2000	+1,2	-0,1	-0,2	8
2500	+1,3	-0,2	-0,3	10
3150	+1,2	-0,4	-0,5	11
4000	+1,0	-0,7	-0,8	11
5000	+0,5	-1,2	-1,3	10
6300	-0,1	-1,9	-2,0	9
8000	-1,1	-2,9	-3,0	6
10000	-2,5	-4,3	-4,4	3
12500	-4,3	-6,1	-6,2	0
16000	-6,6	-8,5	-8,5	

zur Lautstärkeempfindung relativ einfach möglich.

L ist das Symbol für den Schalldruckpegel unter dem man den zwanzigfachen Logarithmus des im Augenblick der Messung herrschenden Schalldrucks (Symbol p) im Verhältnis zum international vereinbarten Bezugsschalldruck (p<sub>0</sub>) versteht.

Der Bezugsschalldruck beschreibt die Hörschwelle und ist mit 20 µN/m<sup>2</sup> definiert.

$$L = 20 \cdot \lg \frac{p}{p_0}$$

Für die Druckwerte werden jeweils die Effektivwerte verwendet.

Da die Skala des Schalldruckpegels nicht linear ist, bedeutet jede Verdopplung des abgegebenen Schallpegels eine Steigerung um 6 dB. Kommt zu einer Schallquelle mit einem Schalldruckpegel von z. B. 70 dB eine zweite Schallquelle mit der gleichen Schallenergie (also ebenfalls 70 dB) hinzu, so steigt der Gesamtschalldruckpegel auf 76 dB.

Das menschliche Gehör hat, wie bereits

erwähnt, nicht bei allen Frequenzen innerhalb des Hörbereichs die gleiche Empfindlichkeit, wie die Kurven mit gleichem Schalldruck bzw. gleichem Schalldruckpegel in Abbildung 2 über die Frequenz zeigen. Dies muss bei der Messung und der Bewertung von Schallpegeln durch Zuschalten entsprechender Filter berücksichtigt werden.

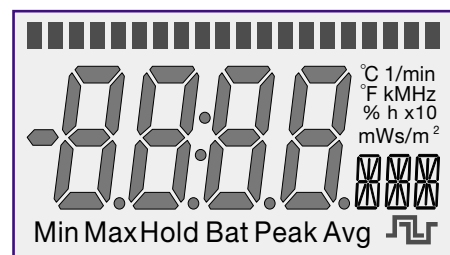
Das subjektive Empfinden (ein störendes Geräusch wird eher laut empfunden als ein angenehmes) kann bei Messungen natürlich nicht berücksichtigt werden.

Die Frequenzbewertung bei Schallpegel-Messgeräten erfolgt nach genormten Filterkurven gemäß DIN IEC 651. Man unterscheidet dabei zwischen A-, B-, C- und D-Bewertung (Tabelle 1), wobei die Filterkurve A die weitaus wichtigste ist, da diese Kurve auf die frequenzabhängige Empfindlichkeit des menschlichen Gehörs abgestimmt ist. Im Bereich der Lärm-Messtechnik kommt nahezu ausschließlich diese Filterkurve zum Einsatz. Bewertungen nach Filterkurve C sind nur in wenigen Fällen vorge-

schrieben, während die Filterkurve B die geringste Bedeutung hat. Die Filterkurve D dient ausschließlich zur Frequenzbewertung bei der Messung von Flugzeuglärm.

Zur Ermittlung von Schalldruckpegeln gelten je nach Messaufgabe unterschiedliche Messvorschriften und Normen. Darin ist unter anderem festgelegt, welche Filterkurve zu verwenden ist und welche Genauigkeitsanforderungen an das Schallpegelmessgerät mindestens gestellt werden.

Bei der Messung von Schallpegeln muss neben der Frequenzbewertung auch eine Zeitbewertung erfolgen. Drei verschiedene Zeitbewertungen S (Slow), F (Fast) und I (Impuls) sind genormt und sollten daher bei einem guten Schallpegel-Messgerät nicht fehlen.



**Bild 3: LC-Display des SPM 100 während des Displaytests.**

Da Schallpegel häufig sehr stark schwanken, sollte eine möglichst große Anzeigedynamik vorhanden sein und verschiedene Messbereiche müssen sich hinreichend überlappen. Des Weiteren sollten Schallpegel-Messgeräte Anzeigen für Übersteuerung und die Messbereichsunterschreitung haben.

Die Genauigkeit von genormten Schallpegel-Messgeräten ist in DIN IEC 651 in vier Genauigkeitsklassen aufgeteilt, deren Fehlergrenzen in Tabelle 2 zu sehen sind.

Da das Schallfeld durch den Schallpegelmessgerät möglichst wenig beeinflusst werden soll, werden auch an die mechanische Konstruktion gewisse Anforderungen gestellt. Wichtig ist dabei, dass durch ein stromlinienförmiges Gehäuse im Mikrophonbereich Reflektionen verhindert werden.

### ELV-Schallpegel-Messgerät SPM 100

Alle zuvor aufgestellten Forderungen werden vom neuen ELV-Schallpegel-Messgerät erfüllt. In drei Messbereichen ist das SPM 100 in der Lage Schallpegel zwischen 30 dB und 125 dB (130-dB-Impuls) zu erfassen und anzuzeigen, wobei auch eine Autorangefunktion zur Verfügung steht.

Der Dynamikumfang jedes Messbereichs beträgt 50 dB mit 0,1 dB Auflösung. Neben der digitalen Anzeige steht auch eine zwanzigstufige Analog-Balkenanzeige mit 2,5 dB Auflösung je Teilstrich zur Verfügung.

Die Frequenzbewertung kann wahlweise nach Filterkurve A oder C erfolgen und für die Zeitbewertung stehen die Zeitkonstanten Fast (F), Slow (S) und Impuls (I) zur Verfügung.

Eine Max-Hold-Funktion bringt den maximal gemessenen Schallpegel ständig zur Anzeige.

**Tabelle 2: Nach DIN IEC 651 sind für Schallpegel-Messgeräte 4 Genauigkeitsklassen definiert**

Genauigkeitsklasse	0	1	2	3
Fehlergrenzen	± 0,4 dB	± 0,7 dB	± 1,0 dB	± 1,5 dB

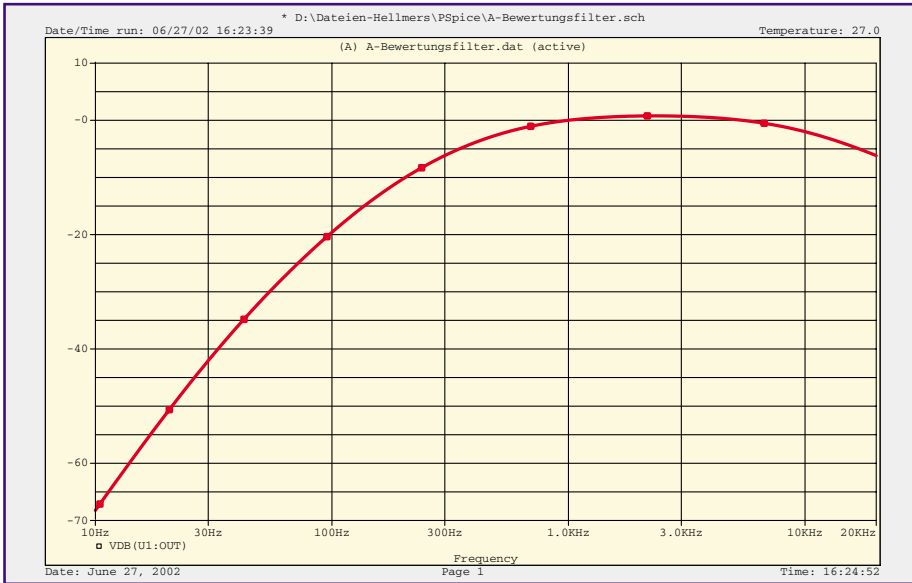


Bild 4: Frequenzverlauf des A-Bewertungsfilters

An Besonderheiten sind ein Analogausgang und eine serielle Schnittstelle vorhanden. Über den Analogausgang ist das Gerät als Front-End einsetzbar und mit Hilfe der seriellen Schnittstelle können Messwerte zu einem PC übertragen und weiterverarbeitet werden.

Sobald die Batteriespannung des Gerätes unterhalb des erlaubten Wertes absinkt, wird dies im Display angezeigt.

### Bedienung und Funktion

Dank Mikroprozessorsteuerung und einem großen LC-Display (Abbildung 3) ist die Bedienung des Gerätes sehr übersichtlich und einfach. Die komplette Bedienung des Gerätes erfolgt über eine 8-Tasten-Folientastatur, wobei die beiden oberen Taster zum Ein- und Ausschalten des SPM 100 dienen.

Die Max-Hold-Funktion kann mit einer darunter angeordneten Taste aktiviert und deaktiviert werden. Bei aktiver Max-Hold-

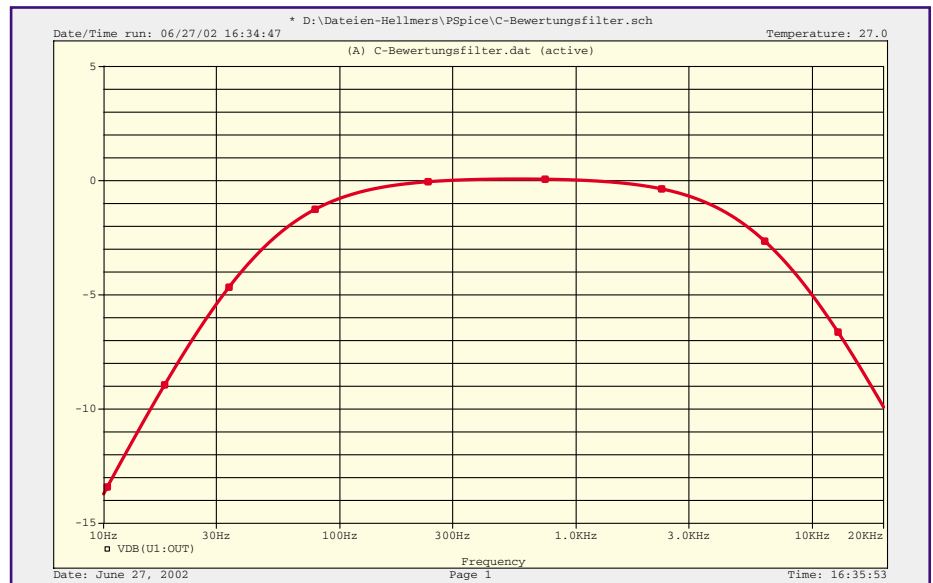


Bild 5: Frequenzverlauf des C-Bewertungsfilters

Funktion wird während des Messzeitraumes der jeweils auftretende Maximalwert gespeichert und ständig zur Anzeige ge-

bracht. Im Display erscheint die Anzeige „Max Hold“.

Mit Hilfe der Taste F/S/I kann die gewünschte Zeitbewertung ausgewählt werden. Bei den Zeitbewertungen F und S wird grundsätzlich der Effektivwert des Signals angezeigt, wobei entsprechende Mittelungszeiten festgelegt sind. Die Zeitkonstante für F (Fast) beträgt 125 ms und für S (Slow) 1000 ms. Laut DIN IEC 651 darf nach dem Abschalten des Signals für einen Abfall der Anzeige um 10 dB bei F höchstens 0,5 Sekunden und bei S höchstens 3 Sekunden benötigt werden. Für die langsame Zeitbewertung (S) erscheint im Display zusätzlich „AVG“ für die Mittelwertbildung. Bei eingeschalteter Zeitbewertung I (zusätzliche Displayanzeige Peak) bezieht sich die Anzeige des Schallpegelmessers auf das Maximum des Kurzzeiteffektivwertes des Signals. Ein Effektiv-

wert-Gleichrichter mit kurzer Mittelungszeit und ein Spitzenwertdetektor mit langer Abfallzeitkonstante ermöglichen diese Funktion.

Die Taste „A/C“ dient zur Auswahl des Frequenzbewertungsfilters, wobei die beiden in Abbildung 4 und Abbildung 5 dargestellten Kurvenverläufe zur Verfügung stehen.

Durch einen kurzen Tastendruck auf die Taste „Autorange“ wird je nach Signalpegel automatisch die Messbereichsauswahl vorgenommen. Die Autorangefunktion kann jederzeit durch einen kurzen Tastendruck auf „Up“ oder „Down“ beendet werden. Mit Hilfe dieser Tasten ist dann manuell eines der drei zur Verfügung stehenden Messbereiche (30 - 70 dB, 50 - 100 dB oder 80 - 130 dB) auszuwählen.

Zusätzlich verfügt das Gerät über einen analogen Messwertausgang, so dass das SPM 100 auch als Front-End in einer Messanordnung zu nutzen ist. Eine serielle Schnitt-

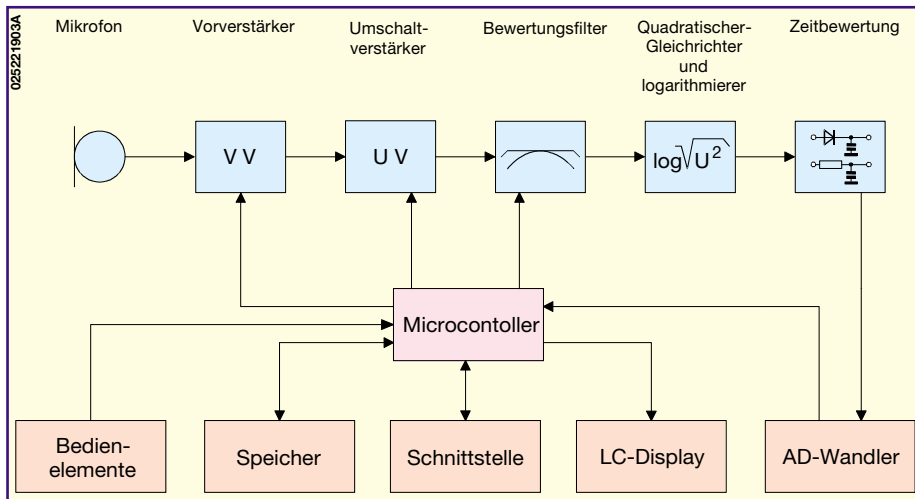


Bild 6: Das Blockschaltbild verschafft einen Überblick über die einzelnen Baugruppen des SPM 100

stelle steht an einer 6-poligen Western-Modular-Buchse zur Verfügung und dient zur Messwertübertragung zu einem PC.

**Blockschaltbild**

Die einzelnen Baugruppen des SPM 100 sind in Abbildung 6 zu sehen und ermöglichen einen Überblick über die prinzipielle Funktionsweise des Gerätes. Der zu erfassende Schalldruckpegel wird zuerst von einem hochwertigen Elektret-Mikrofon aufgenommen. Von da aus gelangt das Signal auf einen empfindlichen, rauscharmen Vorverstärker, dessen Verstärkung je nach Schalldruckpegel in drei Stufen veränderbar ist.

Um die extrem unterschiedlichen Schalldruckpegel verarbeiten zu können, ist zur Messbereichsumschaltung ein Umschaltverstärker nachgeschaltet, dessen Verstärkung ebenfalls vom Mikrocontroller vorgegeben wird.

Es folgen zwei vom Mikrocontroller umschaltbare Bewertungsfilter, wobei zwischen „dBA“ und „dBC“ gewählt werden kann.

Vom Ausgang des Bewertungsfilters gelangt das im Pegel angepasste NF-Signal auf einen quadrierenden Effektivwert-Gleichrichter mit nachgeschalteter Zeitbewertung. Hier können vom Mikrocontroller zwei verschiedene Integrationszeiten und die Impulsmessung ausgewählt werden.

Über einen Dual-Slope-AD-Wandler mit hoher Auflösung werden die analogen Messwerte in digitale Daten umgewandelt und zur weiteren Verarbeitung zum zentralen Mikrocontroller gegeben. Der Controller sorgt für die korrekte Anzeige auf dem LC-Display, transferiert die Informationen in digitaler Form zur seriellen Schnittstelle und sorgt für die Speicherung der gewünschten Einstellungen im extern angeschlossenen EEPROM nach dem Ausschalten der Betriebsspannung.

Wie bereits erwähnt, erfolgt die Bedienung des SPM 100 über eine 8-Tasten-Folientastatur, die direkt am Mikrocontroller angeschlossen ist.

**Schaltung**

Nachdem die einzelnen Funktionsgruppen des Schallpegel-Messgerätes erläutert wurden, kommen wir nun zur detaillierten Schaltungsbeschreibung. Zur besseren Übersicht ist das Gesamtschaltbild in die Teilschaltbilder Analogteil mit AD-Wandler (Abbildung 7), Mikrocontroller-Einheit (Abbildung 8) und Spannungsversorgung (Abbildung 9) aufgeteilt.

**Analogteil**

Betrachten wir zuerst den Analogteil in

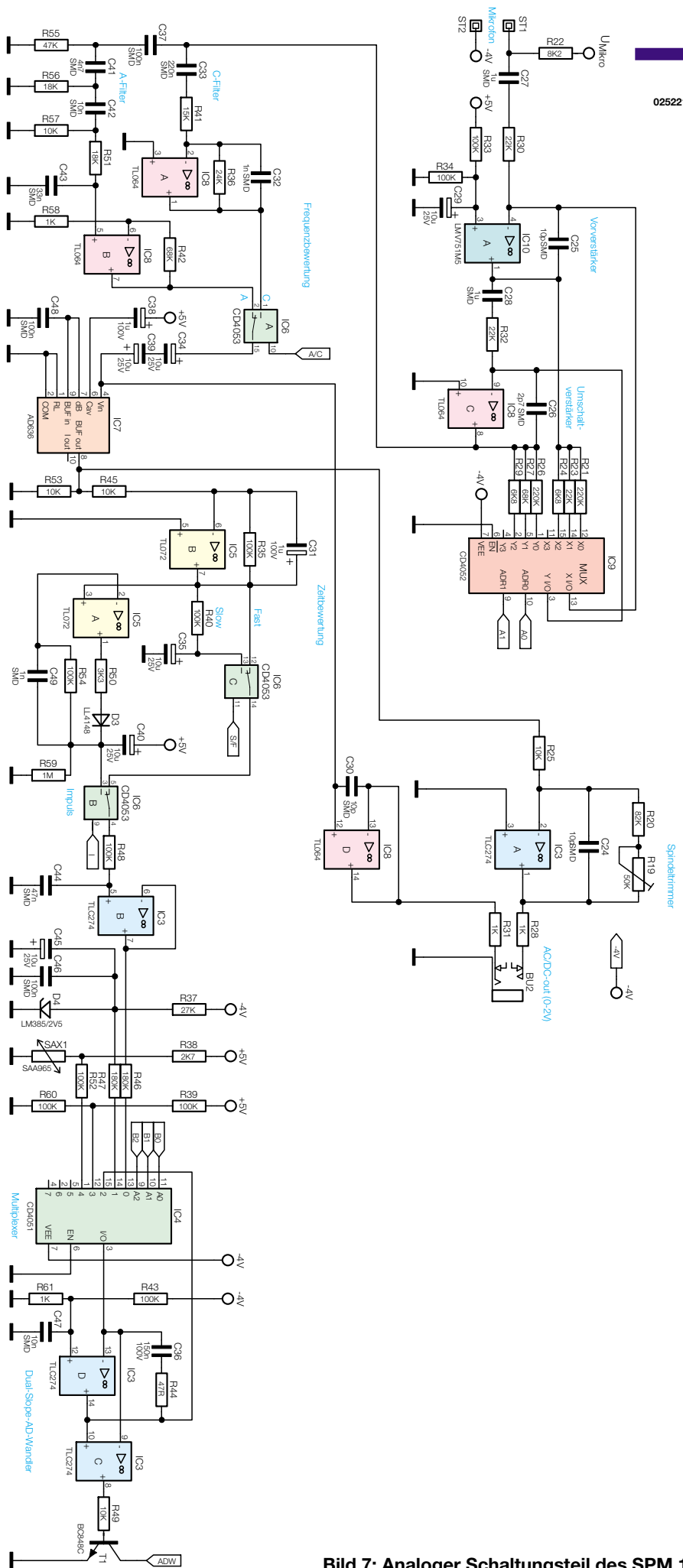


Bild 7: Analoger Schaltungsteil des SPM 100

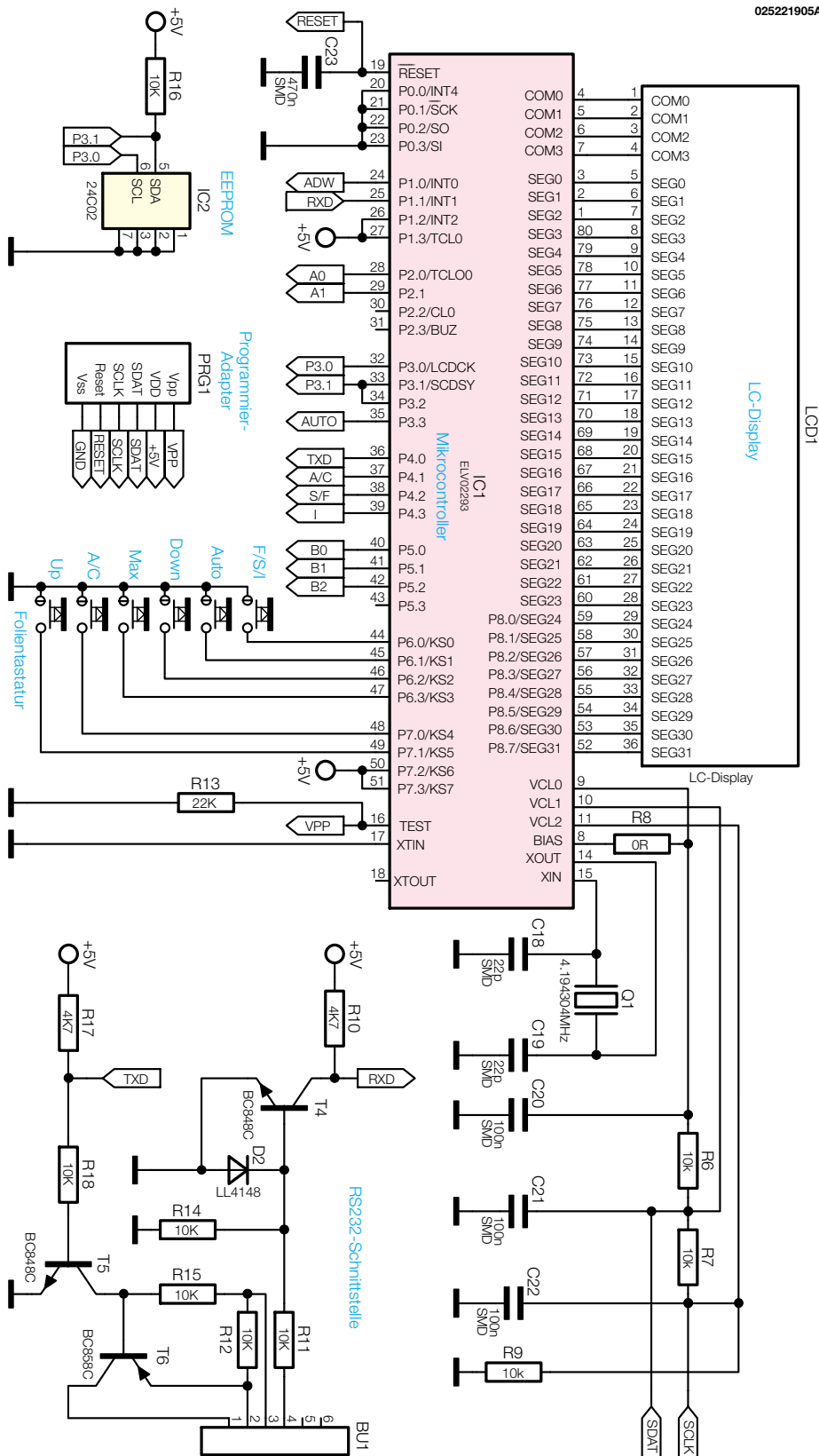


Bild 8: Mikrocontrollereinheit des SPM 100

Abbildung 7, wo das hochwertige selektierte Mikrofon über ein abgeschirmtes Kabel an ST 1 und ST 2 angeschlossen wird. Der im Mikrofon integrierte Vorverstärker wird über R 22 mit Spannung versorgt und die Signalauskopplung erfolgt wechsellspannungsmäßig über C 27.

Die Verstärkung des mit IC10 realisierten rauscharm-invertierenden Vorverstärkers wird durch den Widerstand im Rückkopplungszweig (R 21, R 23, R 24) im Verhältnis zum Widerstand R 30 bestimmt. Je nachdem welcher Kanal vom CMOS-Multiplexer IC 9 durchgeschaltet

ist, erhalten wir eine Signalverstärkung von - 10,2 dB, 0 dB oder + 20 dB. Der Kondensator C 25 im Rückkopplungszweig dient ausschließlich zur Schwingneigungsunterdrückung.

Über den zur galvanischen Entkopplung dienenden Kondensator C 28 gelangt das Signal auf den, ebenfalls als invertierender Verstärker arbeitenden Umschaltverstärker (IC 8 C). Bei diesem Verstärker wird ebenfalls durch Umschalten der Rückkopplungswiderstände mit IC 9 die Verstärkung eingestellt, wobei die Verstärkungsstufen -10,2 dB, +9,8 dB und +20,0 dB zur Verfügung stehen.

Vom Ausgang des Umschaltverstärkers gelangt das Audiosignal dann auf die beiden mit IC 8 A, B und externe Komponenten realisierten Bewertungsfilter. Die Filtercharakteristik wird durch die jeweilige RC-Beschaltung bestimmt (Abbildung 4 und Abbildung 5).

Welches Filter-Ausgangssignal letztendlich weiterverarbeitet wird, bestimmt der Mikrocontroller mit Hilfe des CMOS-Analog-Multiplexers IC 6 A.

Eines der wichtigsten Bauelemente im Schallpegel-Messgerät SPM 100 ist der echte Effektivwert-Gleichrichter IC 7 des Typs AD 636, der bereits über einen logarithmischen Ausgang verfügt und somit eine Ausgangsspannung liefert, der dem Logarithmus des Gleichrichterwertes entspricht.

Der Gleichspannungswert am Ausgang des Bausteins (Pin 8) entspricht dem Effektivwert des Signals und wird mit IC 5 B in der Verstärkung angepasst und um 180° in der Phase gedreht.

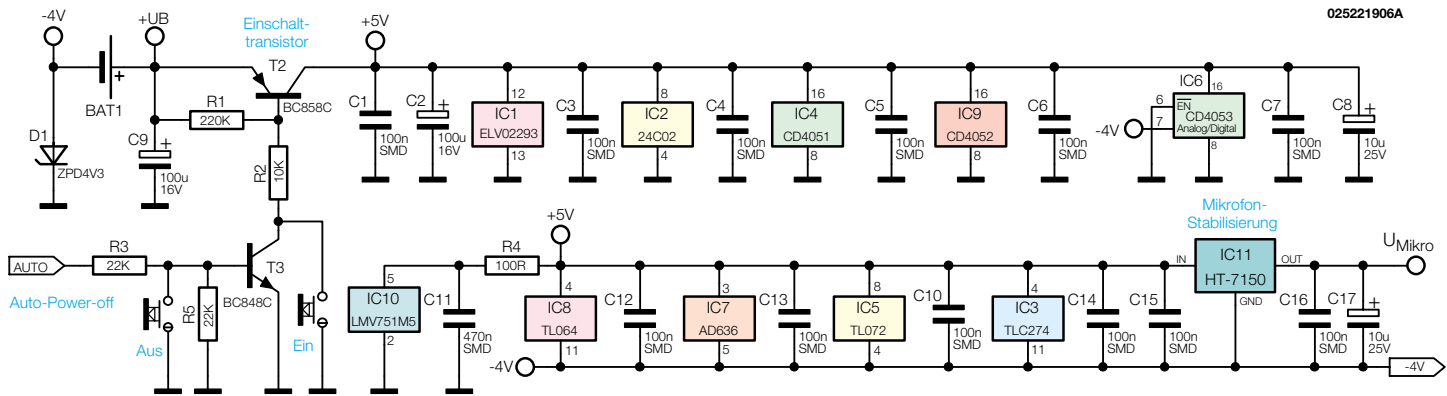
Jenach gewünschter Zeitbewertung wird über den CMOS-Analogschalter IC 6 C entweder das Signal direkt von IC 5 B, Pin 7 (schnelle Zeitkonstante) oder das Signal über den mit R 40, C 35 aufgebauten Tiefpass (langsame Zeitkonstante) zum Ausgang (Pin 14) durchgeschaltet.

Der Spitzenwert-Gleichrichter für die Impulsanzeige ist mit dem Operationsverstärker IC 5 A und externer Beschaltung realisiert. Die Aufladezeitkonstante bestimmen R 50, C 40 und die Entladezeitkonstante R 59, C 40. Die endgültige Auswahl der Zeitbewertung wird mit IC 6 B vorgenommen, wobei das Signal dann an IC 6, Pin 4 zur Verfügung steht.

Über den mit R 48, C 44 aufgebauten Tiefpass gelangt das Signal auf den mit IC 3 B aufgebauten Pufferverstärker für den Dual-Slow-AD-Wandler.

Der Bezugswert für die beiden OPs des AD-Wandlers IC 3 C, D wird durch den Spannungsteiler R 43, R 61 bestimmt und über den 8fach-Analog-Multiplexer IC 4 erfolgt die Eingangsauswahl.

Im Ruhezustand ist Kanal 2 (Pin 15) des Multiplexers mit dem Ausgang (Pin 3)



**Bild 9: Spannungsversorgung des SPM 100**

verbunden, wodurch der Wandler auf 0 gehalten wird. Zum Aufintegrieren des Messwertes wird Kanal 0 (Pin 13) durchgeschaltet. R 46 und C 36 bestimmen dann die Integrationszeitkonstante. Nach Beendigung des Aufintegrierens wird der Wandler auf Abintegrieren geschaltet.

In dieser Funktion ist der an  $-2,5\text{ V}$  liegende Widerstand R 47 mit dem Eingang des Wandlers verbunden. Aus der Zeit, die der Wandler zum Abintegrieren benötigt, berechnet der Prozessor den aktuellen Messwert.

Da der AD636 eine relativ große Temperaturdrift aufweist, muss eine Temperaturkompensation erfolgen. Dazu wird die Gehäuseinnentemperatur mit dem Temperatursensor SAX1 ermittelt und mit Hilfe des AD-Wandlers in der gleichen Weise erfasst wie der Messwert.

Als weiterer Messwert wird über den Spannungsteiler R 39, R 60 die Batteriespannung zur Low-Bat-Anzeige gemessen.

Letztendlich steuert der Ausgang des Komparators IC 3 C (Pin 8) über R 49 den Transistor T 1, dessen Kollektor mit dem für die Messung zuständigen Port (P 1.0) des Mikrocontrollers verbunden ist.

Damit das Schallpegel-Messgerät SPM 100 auch als Front-End in einer Messanordnung nutzbar ist, steht an der Klinkebuchse BU 2 ein Analogausgang zur Verfügung. Dazu liefert der Operationsverstärker IC 3 A das DC-Ausgangssignal, das mit Hilfe des Trimmers R 19 in der Amplitude angepasst wird. An der Stereoklinkebuchse ist wahlweise eine AC- oder DC-Auskopplung möglich. Das AC-Signal gelangt über den Pufferverstärker IC 8 D und R 31 zur Klinkebuchse.

### Mikrocontroller

Die Mikrocontrollereinheit mit der zugehörigen Peripherie und der Schnittstelle ist in Abbildung 8 dargestellt. Neben der Messwertanzeige erfolgt vom Mikrocontroller die Steuerung von sämtlichen Funktionen des Gerätes.

Das LC-Display verfügt über 32 Segmentleitungen und vier Ebenen (COM 0

bis COM 3), die direkt mit den entsprechenden Ports des Controllers verbunden sind.

Die I<sup>2</sup>C-Bus-Leitungen des EEPROMS (IC 2) sind mit Port 3.0 bis Port 3.2 verbunden und der Programmieradapter PRG1 wird ausschließlich zum Programmieren des Prozessors benötigt.

Der im Controller integrierte Taktoszillator wird extern nur mit einem Quarz (Q1) und den beiden Kondensatoren C 18 und C 19 beschaltet. Über die Widerstände R 6 bis R 9 erfolgt die optimale Anpassung des Display-Kontrastes.

Von den insgesamt 8 zur Verfügung stehenden Tastern des Gerätes (Folientastatur) sind sechs Taster direkt an den Ports des Mikrocontrollers angeschlossen. Da diese Ports interne Pull-up-Widerstände besitzen, wird hier keine weitere Beschaltung benötigt.

Die serielle Schnittstelle des Gerätes steht an der Western-Modular-Buchse BU 1 zur Verfügung. Über Port 4.0 werden die Daten vom Mikrocontroller ausgegeben und gelangen auf die Basis des Transistors T 5. Die für RS-232 erforderlichen Signalpegel werden mit Hilfe der Transistoren T 5, T 6 sowie R 12 und R 15 aus den Handshake-Signalen gewonnen.

Vom PC kommende Daten werden mit R 11, R 14, D 2 und T 4 im Pegel angepasst und gelangen dann auf Port 1.1 des Controllers.

Der Kondensator C 23 sorgt im Einschaltmoment des Gerätes für einen definierten Power-On-Reset des Mikrocontrollers.

### Spannungsversorgung

Das recht einfache Netzteil ist in Abbildung 9 dargestellt, wobei eine 9-V-Batteriebatterie als Spannungsquelle dient. Im positiven Versorgungszweig bilden die Batterie, die Z-Diode D 1 und der Verbraucher eine Reihenschaltung, so dass wir einen Spannungsabfall von  $4,7\text{ V}$  am Verbraucher erhalten. Die Z-Dioden-Spannung bildet dann die negative Versorgungsspannung.

Grundvoraussetzung für die sichere Funk-

tion ist in unserem Fall eine höhere Strombelastung im positiven Versorgungszweig als im negativen Zweig.

Da beim SPM 100 im positiven Spannungszweig wesentlich mehr Komponenten zu versorgen sind, ist die Erfüllung dieser Forderung immer sichergestellt. Der Innenwiderstand des positiven Versorgungszweiges dient somit als Vorwiderstand für die Z-Diode D 1.

Nach der Pufferung mit C 9 gelangt die positive Spannung direkt auf den Emitter des Transistors T 2. Dieser Transistor kann über den Taster „Ein“ oder den Transistor T 3 in den leitenden Zustand versetzt werden. Sobald die Taste betätigt wird, erhält der Prozessor seine Betriebsspannung. Dieser wiederum gibt sofort an Port 3.3 ein „High-Signal“ aus und steuert über R 3 den Transistor T 3 durch, der wiederum den „Ein-Zustand“ des Gerätes hält.

Zum Ausschalten des SPM 100 gibt es nun zwei Möglichkeiten. Zum einen kann dies mit Hilfe des Tasters „Aus“ erfolgen und zum anderen kann T3 über den Prozessorport wieder in den Sperrzustand versetzt werden. Dadurch ist dann auf einfache Weise eine Auto-Power-Off-Funktion realisiert, die das Gerät ausschaltet, wenn länger als 10 Minuten kein Schallereignis eintritt, das mehr als 25% des Messbereichsendwertes entspricht (bei Autorange 45 dB) und wenn innerhalb dieser Zeit keine Tastenbetätigung erfolgt.

Die Auto-Power-Off-Funktion ist auch komplett deaktivierbar. Dazu ist dann die „F/S/I-Taste“ beim Einschalten des Gerätes während des Segmenttests zu drücken.

Der Spannungsregler IC 11 versorgt das Mikrofon mit einer stabilisierten Spannung, wobei C 17 am Ausgang zur Pufferung dient.

An weiteren Komponenten sind im Netzteil noch die Elkos C 2 und C 8 zum Puffern der Betriebsspannung und die zur Abblockung an den Versorgungspins der einzelnen integrierten Schaltkreise angeordneten Keramik-Kondensatoren vorhanden.

Die ausführliche Beschreibung des Nachbaus erfolgt im nächsten „ELVjournal“ 6/2002.