

Universalsuper »Touring T40 Automatik«

1. Einleitung

Seit 1959 ist der Universalsuper „Touring“ von Schaub-Lorenz auf dem Markt. Er war der erste volltransistorisierte Auto-, Reise- und Heimempfänger und wurde ein so durchschlagender Erfolg, daß bis zum heutigen Tag die Produktion kaum mit der Nachfrage Schritt zu halten vermochte. An der äußeren Form und an der Grundkonzeption des Geräts wurde seit 1959 nichts geändert. Über elektrische Verbesserungen, die seitdem vorgenommen wurden, ist in der Fachpresse berichtet worden.

Zu dem Zeitpunkt, als „Touring“ entwickelt wurde, war die Transistorfertigung noch weit unter dem technischen Stand von heute. Um ein elektrisch stabiles Gerät zu erhalten, mußte man schaltungstechnisch die sehr großen Toleranzen der Transistoren zu umgehen versuchen.

Außerdem lag damals der Preis der HF-Transistoren sehr hoch. Aus diesem Grund wurde ein Doppelsuper entwickelt, der nach zweimaliger Frequenzumsetzung die 460-kHz-ZF auch für FM ausnutzte und damit die Verwendung von HF-Transistoren niedriger Grenzfrequenz, die bei 460 kHz auch ausreichend stabil sind, gestattete. Daß dieses durchaus ungewöhnliche Konzept richtig und in bezug auf Empfangsleistung hervorragend war, beweist die große Beliebtheit dieses Geräts.

Bei dem Stand der heutigen Transistor-technik ist es nun möglich, alle Forderungen, die an ein solches Auto-, Reise- und Heimergerät gestellt werden, auch in der klassischen Schaltungstechnik zu verwirklichen (Bild 1). Da das Gerät auf Grund dessen ohnehin elektrisch neu aufgebaut werden mußte, konnte man auch das

Äußere verändern und dem heutigen anpassen. Der neue Typ „Touring T 40 Automatik“ weist also gegenüber seinen Vorgängern sowohl technisch als auch in seiner äußeren Form wesentliche Unterschiede auf.

Von einem Empfänger, der auch im Auto verwendet werden soll, werden möglichst geringe äußere Abmessungen gefordert; außerdem darf die Halterung im Auto nicht stören. Es gelang, die in den Knieaum der Vordersitze hineinragenden Teile der Halterung von 10 cm auf 2 cm zu verringern (Bilder 2a und 2b). Da das Gerät aber auch ein vollwertiger Heimempfänger sein soll, mußten die Gehäuseabmessungen wiederum groß genug gehalten werden, um eine entsprechende Klangqualität des Empfängers zu gewährleisten.

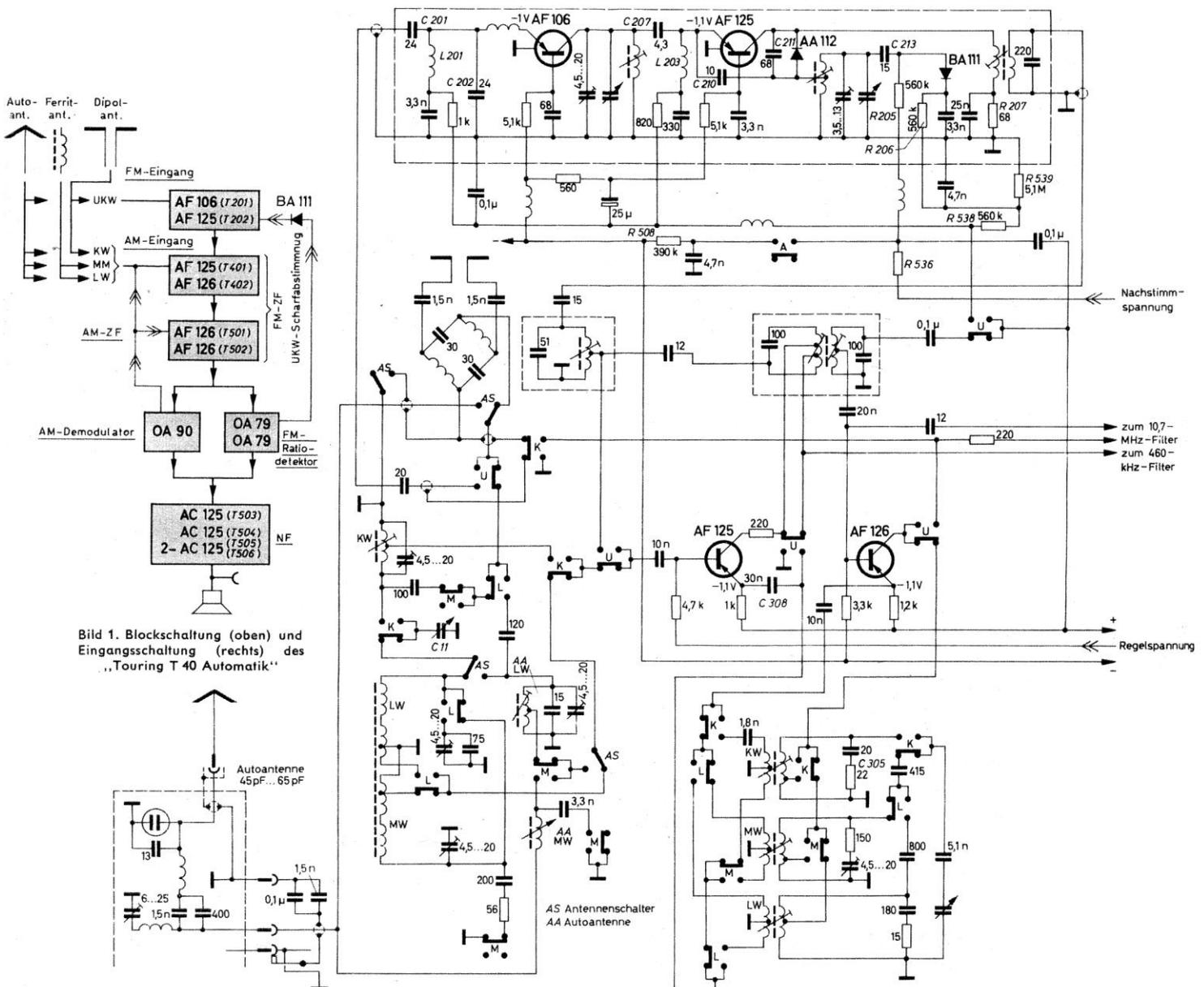


Bild 1. Blockschaltung (oben) und Eingangsschaltung (rechts) des „Touring T 40 Automatik“

Ein Autoempfänger hat gegenüber Heim- und Kofferempfänger einige höhere Anforderungen zu erfüllen; die wesentlichsten seien im folgenden in knapper Form umrissen:

a) Im fahrenden Kraftwagen ist er sehr großen Schwankungen der Empfangsfeldstärke unterworfen. Somit bestimmt zunächst einmal seine Grenzemfindlichkeit maßgebend die Empfangsqualität.

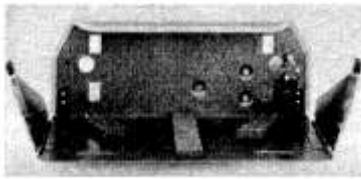


Bild 2a. Alte Autohalterung



Bild 2b. Neue Autohalterung

Die UKW-Vorstufe wurde deshalb mit dem Mesa-Transistor AF 106 ausgerüstet und der Eingang auf größtmögliche Empfindlichkeit ausgelegt. In der Autohalterung ist ein besonderes Anpassungsglied vorhanden, mit dem der Eingang des UKW-Teils an die Autoantenne angepaßt werden kann.

b) Die Störspannungen, hervorgerufen von vorbeifahrenden Kraftfahrzeugen, sind hauptsächlich bei UKW-Empfang wesentlich größer als bei stationären Geräten. Der „Touring T 40“ wurde daher von vornherein mit vier FM-ZF-Stufen ausgerüstet, die eine sehr große ZF-Verstärkung bei gleichzeitiger hoher Selektion

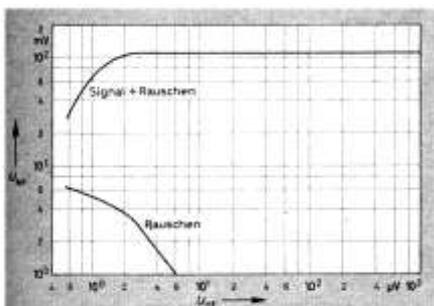


Bild 3. Begrenzerkurve ($f_s = 89,4 \text{ MHz}$, Hub $22,5 \text{ kHz}$)

tion bewirken. Dadurch war es möglich, das Gerät bei $2 \mu\text{V}$ Eingangsspannung am UKW-Teil schon vollkommen begrenzen zu lassen (Bild 3).

c) Eine weitere Schwierigkeit beim Betrieb transistorisierter Autoempfänger sind die großen Spannungsschwankungen des Bordnetzes im Kraftwagen. Diese haben zur Folge, daß die Veränderung der Collector-Sperrschichtkapazität bei UKW-Empfang eine Frequenzverwerfung des Oszillators verursacht. Eine spezielle Schaltung mit der Kapazitätsdiode BA 111 sorgt jedoch im „Touring T40“ für die weitgehende Stabilisierung der UKW-Oszillatorfrequenz.

d) Erhebliche Verstärkungsunterschiede können infolge Verschiebung der Arbeits-

punkte der Transistoren auftreten. Es müssen also sämtliche Transistoren (auch die Regelstufen) spannungsstabilisiert werden.

e) Bei AM-Empfang müssen die Feldstärkechwankungen durch eine gute Regelung des Geräts ausgeglichen werden. Das wird beim „Touring T 40“ mit einer zweistufigen Regelung (AM-Mischer und erste AM-ZF-Stufe) erreicht und wirkt sich auch positiv auf den stationären Empfang aus.

Der 1,8 Watt leistende NF-Verstärker des „Touring T 30“ wurde in fast allen Einzelheiten beibehalten, nur der Treibertrafo wurde vergrößert, um den Frequenzbereich nach unten zu erweitern. Der Batterieraum ist gegen das Geräteinnere hermetisch abgeschlossen, so daß bei einem eventuellen Auslaufen der Batterien keine Schäden verursacht werden können. Wegen der beim Autoempfang entstehenden Erschütterungen wurde auf größte mechanische Festigkeit Wert gelegt. Zur Bedienungserleichterung wird beim Einsetzen in die Halterung automatisch auf Autoantenne, auf Bordnetzversorgung sowie wahlweise auf einen Außenlautsprecher umgeschaltet. Außerdem ist bei Autobetrieb die Skala ständig schwach beleuchtet und kann mit dem bei Batteriebetrieb die Beleuchtung einschaltenden Druckknopfschalter vorübergehend heller geschaltet werden. Das Gerät hat Duplex-Antrieb, der die Vorwahl je eines Senders auf FM und AM ermöglicht, außerdem einen Anschluß für Ohrhörer oder zweiten Lautsprecher und schließlich auch noch einen Phono- oder Tonbandgeräteanschluß.

2. Einzelheiten der Schaltung

2.1. UKW-Teil

Die UKW-Vorstufe ist mit $C 201$, $L 201$ und $C 202$ für 60 Ohm Eingangswiderstand ausgelegt. Eine Boucherot-Brücke formt den symmetrischen Ausgang der Dipol-Antenne auf den unsymmetrischen Eingang des 13KW-Teils um. Die UKW-Vorstufe arbeitet in Basisschaltung und wurde mit dem Mesa-Transistor AF 106 bestückt. Dieser erfüllt zur Zeit am besten die Bedingung: größte Verstärkung bei geringster Rauschzahl. Als Mischtransistor wird der Typ AF 125 verwendet, der über $C 207$ an den Hochpunkt des Zwischenkreises angekoppelt ist. Er arbeitet als selbstschwingender Mischer in Basisschaltung. Der Collector liegt an einer Anzapfung der Oszillatorspule. Über $C 210$ wird der Oszillator rückgekoppelt, und mit $L 203$ wird die Rückkopplungsspannung in die richtige Phasenlage gebracht. Über dem ersten ZF-Kreis liegt die Diode AA 112, die über $R 207$ in Sperrichtung vorgespannt ist. Diese Diode dient dazu, die dem Oszillator bei großem Eingangssignal zugeführte hohe ZF-Spannung zu begrenzen und verhindert ein Aussetzen des Oszillators bei großer Empfangsfeldstärke. Die Kreiskapazität des ersten ZF-Filters ist 68 pF ($C 211$). Sie wurde so groß gewählt, um eine unzulässig hohe Dämpfung des ersten ZF-Kreises durch die Diode zu verhindern.

2.2. Besondere Schaltmaßnahmen zur Verhinderung der Frequenzverwerfung des UKW-Oszillators bei Spannungsschwankungen.

Die Kapazitätsdiode BA 111, die, über $C 213$ an den Oszillatorkreis angekoppelt,

die Funktion der automatischen Frequenznachstimmung erfüllt, dient im „Touring T 40“ in einer neuartigen Schaltung zusätzlich zur Frequenzstabilisierung bei Schwankungen der Betriebsspannung. Nach der Schaltung im Bild 4 wird die Kathode der in Sperrichtung betriebenen Kapazitätsdiode nicht wie üblich direkt an den Pluspol der Batterie geschaltet, sondern an einen Spannungsteiler $R 538$, $R 539$ gelegt, während die Anode über $R 205$, $R 536$ mit einer gegen Plus negativeren stabilisierten Spannung versorgt wird.

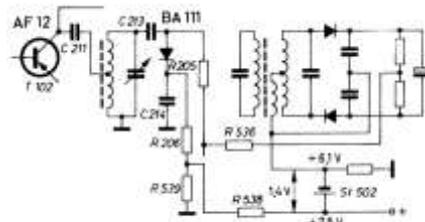


Bild 4. Vereinfachter Schaltungsauszug zur Erläuterung der Frequenzstabilisierung auf UKW

Damit erreicht man, daß die Sperrspannung der Diode bei abnehmender Batteriespannung zunimmt. Das bedeutet, bei sinkender Batteriespannung nimmt die Spannung der Collectordiode des Mixers ab, die Spannung an der Kapazitätsdiode läuft entgegengesetzt. Bei geeigneter Dimensionierung wird die Kapazitätsänderung des Mixers bei Spannungsschwankungen von einer gleich großen entgegengesetzten Kapazitätsänderung der Diode aufgehoben; der Mischer bleibt bei Spannungsänderungen frequenz-stabil.

2.3. Nachstimmautomatik

Es gibt Gegner und Befürworter der automatischen Nachstimmung. Schon aus diesem Grund dürfte es zweckmäßig sein, sie abschaltbar zu machen. Allerdings hat sich aber in der Praxis gezeigt, daß auch bei Heimbetrieb für den Laien eine Nachstimmautomatik von sehr großem Vorteil ist, da sie ihm die genaue Sendereinstellung abnimmt. Es wurde also das schon im „Touring T 30“ bewährte Prinzip, die Nachstimmautomatik auch im abgeschalteten Zustand noch schwach wirken zu lassen, verwendet. Allerdings nur in der Form, daß die Automatik lediglich die letzte Korrektur vornimmt.

2.4. Schaltungsaufbau der Nachstimmautomatik

Bei nicht gedrückter Automatik-Taste ist die dem Ratiodektor entnommene Steuerspannung an der Kapazitätsdiode voll wirksam. Wird die Taste A gedrückt, so schaltet sich der Widerstand $R 508$ ein. Es entsteht eine Spannungsteilung. Die an der Kapazitätsdiode wirksame Steuerspannung wird wesentlich herabgesetzt. Der Fangbereich wird von etwa 200 kHz auf 150 kHz verringert, der Haltebereich von etwa 440 kHz auf 170 kHz. Die wesentliche Verringerung des Haltebereichs verhindert das Überspringen von einem schwachen Sender auf einen danebenliegenden starken Sender. Der Fangbereich kann durch diese Methode natürlich nicht so stark verändert werden, da hierfür die ZF-Durchlaßkurve bestimmend ist. Nach umfangreicher Erprobung unter den verschiedensten Empfangsbedingungen wurde die Dimensionierung so festgelegt, daß ein Überspringen von einem Sender

zum anderen bei schwach eingestellter Automatik nicht möglich ist.

2.5. AM-Oszillator

Wie schon erwähnt, wurde der FM-ZF-Verstärker 4-stufig aufgebaut. Dabei bietet es sich an, bei AM einen getrennten Oszillator zu verwenden, da ein 2stufiger AM-ZF-Verstärker ausreichende Verstärkung und Selektion bringt. Das hat den Vorteil, daß man einen sehr stabilen Oszillator erhält und keine Neutralisation der KW nötig ist. Der Oszillator arbeitet in Basisschaltung auf den Emitter und wird mit einer besonderen Kopplungswicklung rückgekoppelt. Beim Auslegen des KW-Bandes wurde darauf geachtet, daß noch genügend Parallelkapazität (C_{305} , 20 pF) bleibt, so daß sich auch bei hohen Frequenzen eine Frequenzverwerfung infolge Änderung der Collector-Sperrschichtkapazität nicht störend auswirkt. Die Abstimmung der Oszillatoren erfolgt mit einem Drehkondensator. Sämtliche Oszillatortypen sind abgeschirmt aufgebaut, um einen möglichst geringen Störpegel im Auto zu erreichen.

2.6. AM-Mischteil

Der Emitter des Mischers (siehe Bild 1) ist mit C_{308} und einer besonderen Ankopplungswicklung an den Oszillator angekoppelt. Da C_{308} in allen Bereichen gleich bleibt, ist die Mischverstärkung ebenfalls immer dieselbe. Die LW- und MW-Vorkreise sind bei MW parallel geschaltet, was eine größere Eingangsempfindlichkeit zur Folge hat, da sämtliche auf dem Ferritstab vorhandenen Windungen eingeschaltet sind.

Die Kurzweile ist am Heißpunkt kapazitiv an den Dipol angeschaltet. Bei Autobetrieb hat das Gerät einen besonderen LW-Vorkreis, der kapazitiv mit der Autoantenne verbunden ist. Auf MW, dem meistbenutzten AM-Band, wird beim Autoempfang die mit Drehkondensator C_{11} abgestimmte Ferritantenne durch eine Variometerschaltung (wie im „Touring T 30“) ersetzt. Die Variometerabstimmung bringt an der Autoantenne gegenüber einer Kondensatorabstimmung bessere Empfindlichkeitswerte am unteren Bereichsende. Die verhältnismäßig kurze Autoantenne ist für den MW-Bereich sehr hochohmig. Wenn sie eine hohe Spannung an den Empfängereingang abgeben soll, so muß auch dieser hochohmig sein. Bei Abstimmung mittels Drehkondensators ändert sich aber der Eingangswiderstand mit der Stellung des Drehkondensators. Außerdem wird die Frequenzvariation von der Antennenkapazität stark eingengt. Man kann also die Antenne nicht voll an den Eingang ankoppeln. Bei Induktivitätsabstimmung dagegen wird die Frequenzvariation nicht von einer Parallelkapazität begrenzt, so daß sich die Antenne fest an die Kreisinduktivität ankoppeln läßt. Eingangswiderstand und Eingangsempfindlichkeit sind höher und über den gesamten Bereich praktisch konstant. Mit dem Trimmer in der Autohalterung kann man nun auch die unterschiedlichen Antennenkapazitäten in den Eingangskreis einstimmen. Sämtliche bei Autobetrieb in Funktion befindlichen Spulen sind zur Verhinderung von Störungen abgeschirmt aufgebaut.

2.7. AM- und FM-ZF-Verstärker

AM-Mischer und AM-Oszillator bilden die beiden ersten FM-ZF-Verstärkerstufen. Um dem Gerät eine gute Selektion zu

geben, sind die beiden ZF-Stufen mit 2-Kreis-Filtern versehen. Daran schließt sich eine Stufe mit Einzelkreis an. Diese drei Stufen sind in neutralisierter Emitterschaltung aufgebaut. Der FM-Treiber arbeitet aus Gründen der Stabilität in Basisschaltung. Der Radiodetektor muß wegen der Frequenznachstimmhaltung symmetrisch sein und liegt gleichstromseitig auf der Stabilisierungsspannung (Bild 4). Damit wird die nötige Sperrspannung für die Kapazitätsdiode erreicht.

Der AM-ZF-Verstärker ist zweistufig und hat zwei Filter und einen Einzelkreis. Die ZF-Regelstufe wurde auch bei AM neutralisiert, um eine möglichst hohe Stufenverstärkung zu erreichen. Damit kann man die Regelbarkeit dieser Stufe erhöhen. Da gleichzeitig die Mischverstärkung bei getrenntem Oszillator höher ist als bei einer selbstschwingenden Mischstufe, konnte eine größere ZF-Empfindlichkeit als üblich bei gleicher Selektion erreicht werden.

2.8. Regelung des AM-Verstärkers

Wegen des getrennten AM-Oszillators ergibt sich die Möglichkeit, den AM-Mischer zu regeln. Dadurch sind zwei Stufen des AM-Verstärkers regelbar. Das reicht aus,

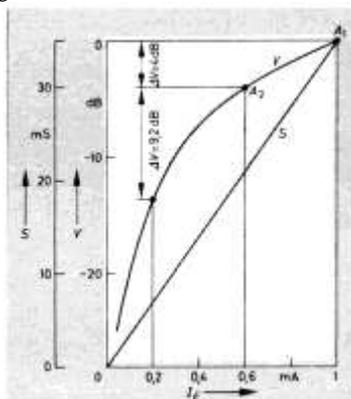


Bild 5 Vorwärtssteilheit S und Verstärkung V in Abhängigkeit vom Emitterstrom. Vom Arbeitspunkt A_2 aus erhält man bei 0,4 mA Stromänderung eine größere Verstärkungsänderung als von A_1 aus

sämtlichen Erfordernissen im Auto und bei stationärem Empfang zu genügen. Bei den großen Werten der Stromverstärkung der heutigen HF-Transistoren ist ein Gleichstromverstärker zur Regelung nicht mehr nötig. Da die ZF-Verstärkung ohnehin, wie bereits erwähnt, sehr groß ist, war es möglich, dem sonst in üblicher Weise ausgelegten Demodulator mehr Regelleistung zu entnehmen, ohne die NF-Spannung merklich absinken zu lassen. Mischer und Regelstufen werden parallel geregelt. Durch geeignete Wahl des Arbeitspunktes der geregelten Transistoren kann man erreichen, daß bei kleinem Eingangssignal zuerst der ZF-Transistor stärker regelt als der Mischtransistor. Dazu muß folgendes erläutert werden: Wenn man die Steilheit eines Transistors in Abhängigkeit vom Arbeitspunkt aufzeichnet, so erhält man fast eine Gerade (Bild 5). Trägt man aber die Stufenverstärkung einer ZF-Stufe in Abhängigkeit vom Arbeitspunkt auf, so erhält man eine Kurve, deren maximale Steilheit zwischen $I_E = 0,1$ und $0,5$ mA liegt. Das ist auf die Änderung des Ein-gangs- und Ausgangswiderstands des Transistors mit dem Arbeitspunkt zurückzuführen. Da der ZF-Transistor ein I_E von 0,5 mA hat und der Mischtransistor mit einem I_E von 1 mA arbeitet, ergibt sich daraus, daß zuerst die

Stufenverstärkung des ZF-Regeltransistors maximal herabgesetzt wird und dann erst bei größeren Signalen die des Mischers. Dadurch wird bei kleinerem Signal das Rausch/Signal-Verhältnis nicht durch die Regelung verschlechtert.

2.9. Stabilisierung des Gesamtgerätes gegen Betriebsspannungsschwankung

Durch geeignete Dimensionierung der Zelle St 502 (Bild 6b) kann erreicht werden, daß die Spannung zwischen Plus und Minus der Zelle bis zur halben Batteriespannung gleichbleibt. Sämtliche Basen des UKW-Teils, des nicht geregelten ZF-Verstärkers, der NF-Treiberstufe und der Endstufe sind auf diese stabilisierte Spannung bezogen. Dadurch wird erreicht, daß sich der Arbeitspunkt dieser Transistoren bei großen Spannungsschwankungen nicht ändert. Üblicherweise werden nur die Regelstufen über einen größeren Widerstand auf Minus bezogen. Die Folge davon ist, daß sich der Arbeitspunkt dieser Transistoren bei AM und FM bei Batteriespannungsschwankungen ändert. Besonders bei einem im Auto betriebenen Empfänger ergeben sich größere Verstärkungsänderungen, die zu unzulässig großen Lautstärkeschwankungen führen können. Möchte man nun die Basis der geregelten Transistoren auf die stabilisierte Spannung beziehen, so ergeben sich derartig kleine Widerstände, daß die Regelung unzulässig hoch belastet und damit die zur Verfügung stehende Regelleistung zu gering wäre.

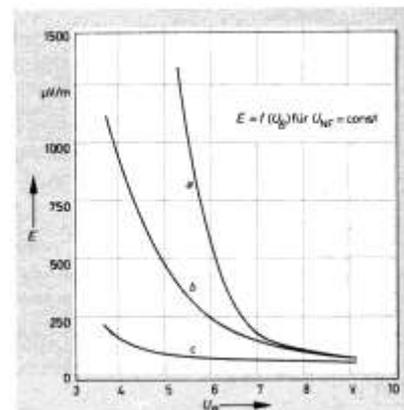


Bild 6a. Notwendige Feldstärke E in Abhängigkeit von der der Batteriespannung U_B für $U_{NF} = \text{const}$: Kurve a: ohne Stabilisierung. Kurve b: alle Transistoren außer den Regeltransistoren stabilisiert. Kurve c: mit Gleichrichter stabilisiert (außer Regelstufen.)

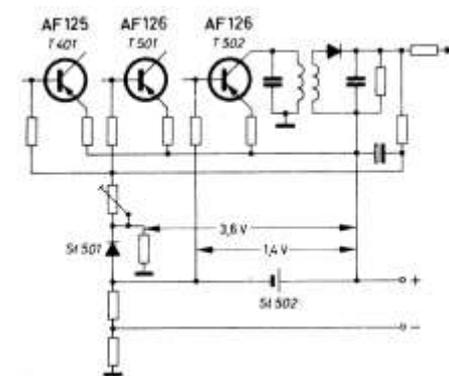


Bild 6b Vereinfachter Schaltungsauszug zur Erläuterung der Spannungsstabilisierung der AM Regelstufen.

Beim „Touring T 40“ wurde nun ein anderer Weg beschritten. Legt man einen Zwerggleichrichter zwischen Zellenspannung und Minuspol der Batterie, so kann man damit zu einer höheren stabilisierten Spannung (in diesem Fall von -3,6 V) kommen. Nun kann ein genügend hoher Widerstand verwendet werden. Der Querstrom durch diesen Gleichrichter ist 1 mA. Der Laststrom ist maximal $2 \times 25 \mu\text{A}$, das sind auch die maximalen Basisströme der Regeltransistoren bei $I_E = 1 \text{ mA}$, so daß sich ein Verhältnis $I_{\text{lade}}/I_{\text{last}} = 20$ ergibt. Die Spannung kann also mit dem Zwerggleichrichter *St 501* ausreichend stabilisiert werden (Bilder 6a und 6b). Beim NF-Vorstufen-Transistor wurde bewußt auf eine Stabilisierung verzichtet, um eine gewisse Herunterregelung des NF-Verstärkers bei anderer Batteriespannung zu erreichen. Man verzögert damit die auftretenden Verzerrungen und Einschwingvorgänge des NF-Verstärkers infolge zu großen Innenwiderstands bei verbrauchten Batterien.

2.10. NF-Verstärker

Der NF-Verstärker entspricht dem des Modells „Touring T 30“. Die bewährte lautstärkeabhängige Klangkorrektur mit Hilfe

eines Doppel-T-Gliedes und dessen „Bedämpfung“ durch ein System eines Doppelpotentiometers wurde beibehalten.

2.11. Autohalterung

Für UKW enthält die Autohalterung ein Anpassungsglied, um den 60-Ohm-Eingangswiderstand des UKW-Teils an die Autoantenne anzupassen. Zur Verbesserung des MW-Empfangs ist ein Trimmer vorhanden, mit dem man die Kapazität der Antenne und des Zuführungskabels in den Vorkreis einstimmen kann. Außerdem dient eine Glimmlampe als Überspannungsschutz. Die automatische Umschaltung auf Autoantenne, die automatische Umschaltung von Eigenbatterie auf Autobatterie und die Umschaltung auf Außenlautsprecher werden von Stiften in der Autohalterung bewerkstelligt. Da die Stifte beliebig herausgeschraubt werden können, sind sämtliche Variationen möglich.

In der Autohalterung ist eine Umschaltmöglichkeit von 6 V auf 12 V vorhanden. Außerdem kann das Chassis-Potential umgepolt werden. Eine Steuerspannung, mit der eine automatische Antenne geschaltet werden kann, steht ebenfalls zur Verfügung