



Magazin für Praxis und Hobby

# Trägerrakete Ariane: Europa im Weltraum- geschäft

**Mini-Alarmanlage  
Lichtschranke  
Digitalthermometer**

**Bausatztest:  
Elektronische Orgel**

**Messebericht:  
Funk-  
ausstellung  
Berlin**



# Zweiter Anlauf

Europarakte Ariane



Sein Name ist MARECS und er trägt dann die Alleinschuld, wenn ARIANE im Dezember dieses Jahres nicht auf Reisen gehen kann. Erwarten Sie nun aber bitte nicht die Geschichte eines unglücklichen Liebespaars. So etwas gehört ohnehin nicht in die ELO.

MARECS wiegt übrigens 466 kg und ist ein Satellit für Überseekommunikation. Und die ARIANE, von der wir hier berichten wollen, hat mit der griechischen Dame, die weiland Theseus im Labyrinth ihres Vaters beigestanden hat, lediglich den wohlklingenden Namen gemeinsam, der allerdings

beziehungsreich gedeutet werden kann. Die ARIANE der Moderne soll Europa einen unabhängigen Weg in den Weltraum öffnen und ins große zukünftige Satellitengeschäft bringen. Ein Geschäft, aus dem die Europäer nach dem kläglichen Scheitern der ersten „Europa“-Raketenreihe vor genau zehn Jahren schon ausgeschieden schienen. Der Ort der Entscheidung ist damals wie heute der gleiche: das Raumfahrtzentrum Kourou in Französisch-Guayana. Dort in Südamerika wartet man angespannt auf die rechtzeitige Fertigstellung von MARECS, denn ARIANE wird bereit sein.

### Phönix aus der Asche

Genau im Jahre 1973, als dann über das offizielle „Aus“ der Trägerraketen der „Europa“-Serie entschieden wurde – sie wären niemals in der Lage gewesen, die mittlerweile geforderten Nutzlasten in den Welt Raum zu befördern –, beschlossen die zehn Mitgliedsstaaten der Europäischen Weltraumkonferenz aus wirtschaftlichen und politischen Erwägungen heraus, eine schwere Trägerrakete für Europa zu entwickeln. Für dieses ehrgeizige Projekt mit dem Namen ARIANE stellten die Mitgliedsstaaten (Belgien, Dänemark, Deutschland, Frankreich, Irland, Italien, Niederlande, Schweden, Schweiz und Spanien) zunächst eine runde Milliarde DM zur Verfügung. Man gründete auch gleich eine neue Gesellschaft, die ESA (European Space Agency), der man die Realisierung des Projektes anvertraute.

Ziel war es, bis zum Jahre 1980 eine Trägerrakete zu entwickeln, die eine Nutzlast von 1,5 Tonnen auf eine geostationäre Umlaufbahn (auf einer solchen Bahn umkreist ein Satellit in genau 24 Stunden einmal die Erde, er scheint also über einem bestimmten geographischen Punkt stillzustehen) zu bringen.

### Frankreichs Übermacht

Den Hauptteil dieser Entwicklungskosten übernahm mit 65 Prozent Frankreich, gefolgt von der Bundesrepublik, die sich ver-



Wie es der Zeichner sieht: SYLDA und die dritte Stufe im Weltraum.

pflichtete, zwischen 1974 und 1980 die stolze Summe von 420 Millionen Mark in die Entwicklung der Ariane zu pumpen. Angesichts dieser finanziellen Verteilung erscheint es auch nicht verwunderlich, daß eine französische Firma, nämlich die Aero-

spatial in Les Mureaux, mit der Federführung beauftragt wurde und daß eine deutsche Firma, nämlich die ERNO in Bremen, mit dem außerhalb Frankreichs bedeutendsten Auftrag (Gesamtvolumen 100 Millionen DM) bedacht wurde.

Wir haben uns deshalb an beiden Orten über die Aufgaben und die Konstruktion der ARIANE informiert. Daß dabei das Schwergewicht auf der eingesetzten Elektronik liegt, versteht sich von selbst.

### Entwicklung in Rekordzeit

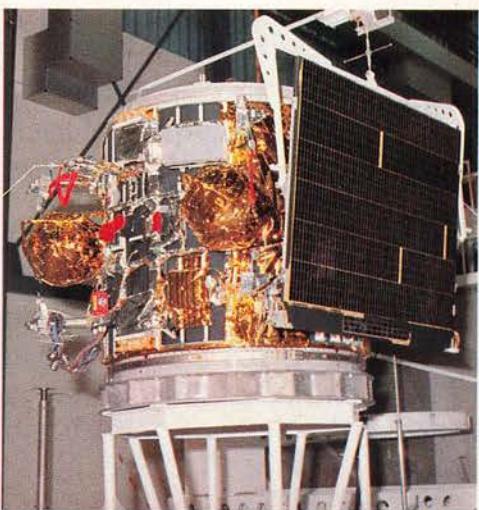
Was niemand erwartet hatte, die Planungen gingen weitestgehend auf: Am 24. Dezember 1979 absolvierte die neue europäische Trägerrakete ihren ersten erfolgreichen Start. Dieser kurze Zeitraum war natürlich nur einzuhalten, indem man erprobte Techniken, wie z.B. den Einsatz des Viking-Triebwerkes für die erste und zweite Raketenstufe, zur Anwendung brachte.

Der überschwengliche Optimismus erhielt dann im Mai 1980, beim zweiten Qualifikationsstart, einen bitteren Dämpfer. Durch das fehlerhafte Verhalten eines der vier Triebwerke der ersten Stufe kam es kurz nach dem gelungenen Start zur Selbstzerstörung der Rakete. Die Nutzlast, bestehend aus 334 kg Meßsonden, dem Amateurfunk-Satelliten AMSAT-OSKAR 9 (92 kg) und FIREWHEEL (1104 kg), einem Satelliten zur Erforschung des Magnetfeldes der Erde, landete nicht im Weltraum, sondern in Bruchstücken im Atlantik.

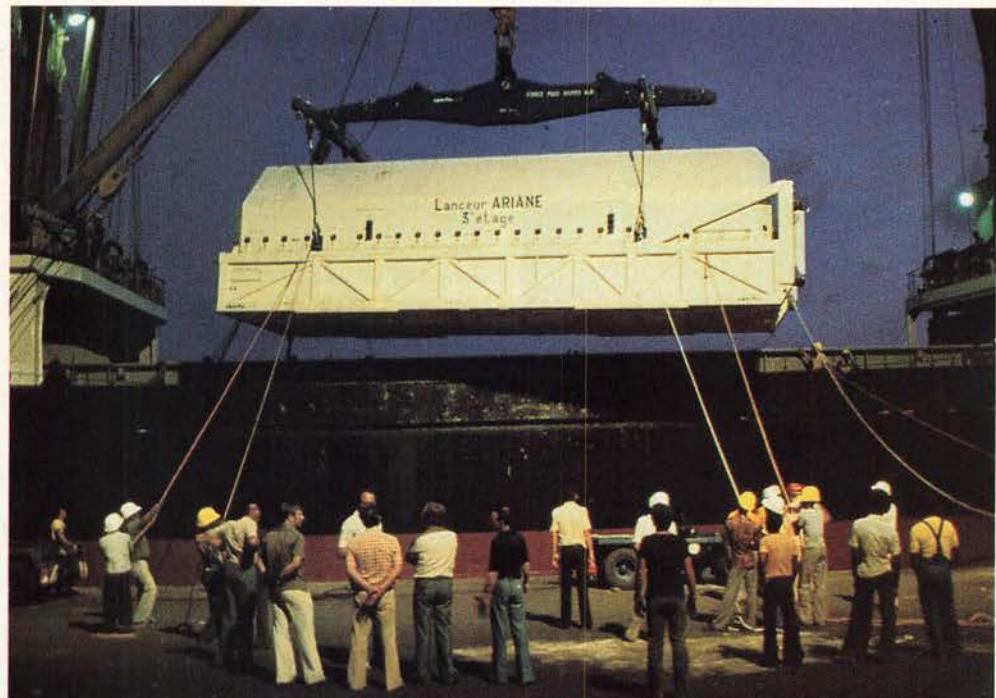
### Bausteine aus ganz Europa

Bei einem Besuch bei der ERNO in Bremen können wir uns aus nächster Nähe den Teil ansehen, bei dem ein deutsches Unternehmen federführend ist; es handelt sich dabei um die zweite Raketenstufe, die mit rund 11 m Länge knapp ein Viertel der Ariane-Gesamtlänge einnimmt. Im Prinzip besteht das Ganze aus einer Hülle von etwa drei Metern Durchmesser, die mit riesigen Tanks und einem kaum minder großen Triebwerk ausgefüllt ist, wie wir es schon von der ersten Stufen her kennen. Und doch findet sich auch in einer solchen Hülle in reichlichem Maß Elektronik wieder, die die unterschiedlichsten Aufgaben zu er-

füllen hat. Speziell hierzu und allgemein über die Aufgaben der ERNO sprachen wir mit Hans-Dieter Harzmann, im Rahmen der Gesamtentwicklung verantwortlich für die gesamte Elektronik der zweiten Stufe. „Bei uns liegt die Integration der einzelnen Komponenten, die aus ganz Europa hier zusammenkommen“, erläutert er, „der Haupttank stammt von Dornier aus München, die BMO kommt aus Madrid, Belgien liefert die Selbstzerstörerinheit, Frankreich das Triebwerk und Kopenhagen schließlich die ECP.“ Unsere nach näherer Erklärung ringenden Blicke werden schnell bemerkt: „Lassen Sie uns mal in die Montagehalle gehen und uns alles aus nächster Nähe ansehen!“



Der indische Fernmeldesatellit APPLE wurde am 19. Juni 1981 mit einem Bilderbuchstart in den Weltraum geschossen.



Ankunft der ersten Stufe in Cheyenne. Ein Container schützt die empfindliche Rakete beim Transport.



Ein Blick in das Startkontrollzentrum des Weltraumbahnhofs Kourou.

### Fertiges und Halbfertiges

Wie schon in Les Mureaux erwartet uns hier nicht etwa eine einzige Raketenstufe, sondern der Anblick der auf die Endmontage harrenden vier Ariane-Stufen lässt auch hier den Eindruck einer routinemäßigen Serienfertigung aufkommen. Auf dem Weg zu den Gerüsten tätschelt Hans Dieter Harzmann fast beiläufig eine überdimensionale Badewanne: „Dies ist das Triebwerk für Nummer 5 – es ist gerade aus Frankreich eingetroffen.“ Während unseres weiteren Besuches befaßt sich ein Deckenkran intensiv damit, dieses Triebwerk umständlich aufzurichten. „Es trägt übrigens ganz deutlich noch Züge deutscher Entwickler“, verrät uns der ERNO-Chefentwickler und spielt damit darauf an, daß nach dem Kriegsende unser damaliges Know-how nicht nur in den Vereinigten Staaten gelandet ist.

### Elektronisches Feuerwerk

Auf dem Weg nach oben fällt der Blick sofort auf die erste Elektronik-Einheit: Es ist der Zünder für die Schneidschnur zur Trennung von erster und zweiter Stufe, der beim Brennende der ersten Stufe von dieser ge-zündet wird und damit ein blitzartiges Aufschweißen der äußeren Hülle auslöst. „Die-selbe Einheit finden Sie ganz oben noch mal“, ergänzt Hans Dieter Harzmann, „um zweite und dritte Stufe voneinander zu trennen.“

Ansonsten klafft am unteren Ende der Stufe noch ein voluminoses Loch, in dem später das Triebwerk Platz findet. Und Aufgabe der oben erwähnten ECP, der Elektronik-

Einheit für die Triebwerkschwenkung, ist es, den Raketenmotor geeignet auszulenken, um den gewünschten Kurs zu halten. An der Außenhaut verlaufen, sauber gebündelt und artig sortiert, dicke Kabelstränge, die hier bei ERNO hergestellt werden. Viele davon führen auch an den 264poligen (!) Stecker, über den die Rakete mit elektrischer Energie versorgt wird, solange sie noch nicht endgültig abgehoben hat; außerdem landen hier eine Fülle von Informationen, die Aufschluß über das gesamte System geben, beispielsweise, ob die Starttauglichkeit auch wirklich hergestellt ist. Die Verbindung zu diesem Stecker wird beim Start nun nicht einfach herausgezerrt,

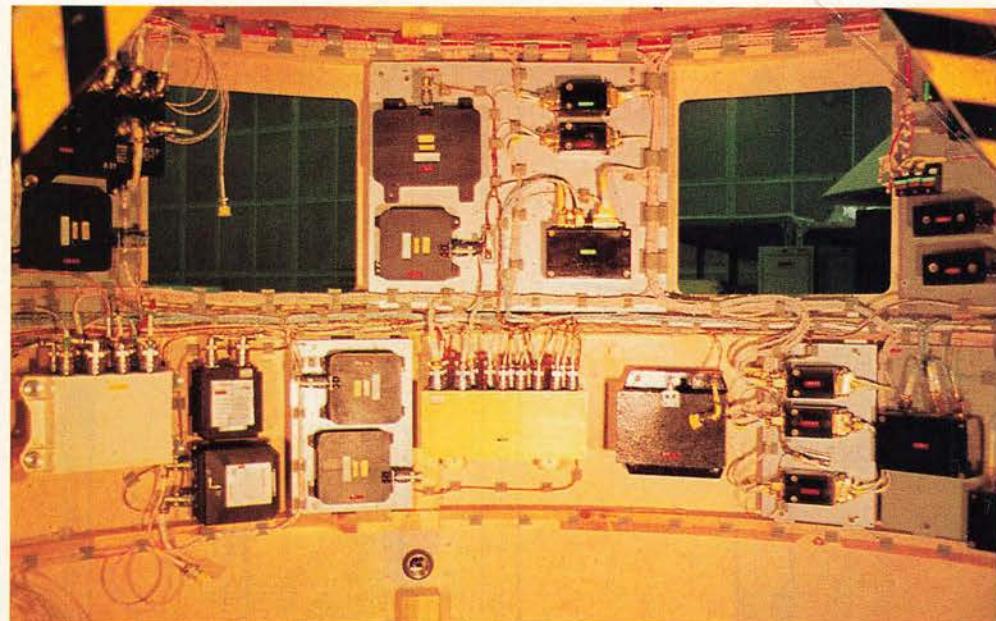
**Hans-Dieter Harzmann** ist bei der ERNO in Bremen im Rahmen der Programm-entwicklung verantwortlich für die gesamte Elektronik in der zweiten Stufe der Ariane.



sondern wohlgesittet von einer eigenen Einschaltseinheit (der oben genannten BMO) abgeschaltet, elektrisch getrennt und auf Bordbetrieb umgeschaltet. Das passiert wohlweislich deshalb, damit bei unkontrolliertem Trennen elektrischer Kontakte kein Funken überspringt, auf den hochexplosive Treibstoffe sehnsüchtig warten!

### Oben sitzt das Herz der Elektronik

Beim Blick von oben in die Raketenstufe wird eine Fülle elektronischer Kistchen und Kästchen sichtbar, die die unterschiedlichsten Aufgaben übernehmen. Dabei sind im wesentlichen zwei Gruppen zu unterscheiden, nämlich die Einheiten für das Telemetrie-System und diejenigen für das Pilotage-(Lageregelungs-)System. Die Sollwerte für die Steuerung stammen vom zentralen Bordcomputer, der ganz oben in der dritten Stufe untergebracht ist (eine SAAB-Entwicklung aus Schweden). Sie gehen über das Pilotage-System zu zwei



Viel Platz bleibt nicht für die Elektronik, wie dieser Blick in die zweite Stufe beweist.

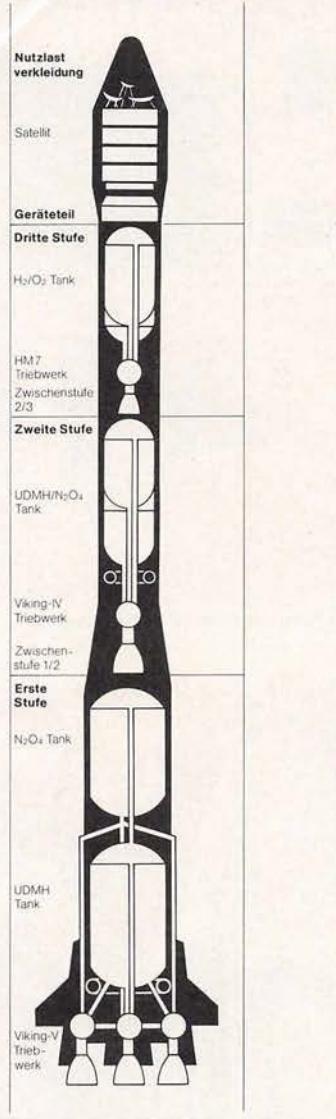


Ein Blick in die riesige Montagehalle der Aerospatial in Les Mureaux. Eine Ariane wartet auf ihre Fertigstellung.

Servos, die die Triebwerkschwenkungen veranlassen, und außerdem werden noch zwei kleine Düsen angesteuert, die ein „Rollen“ (d. h. Drehen der Rakete um ihre Längsachse, d. Red.) verhindern sollen. Würde dies nämlich passieren, wäre die gesamte Orientierung für die Rakete dahin. Sensoren an den einzelnen Stellgliedern liefern Informationen an das Steuerungssystem zurück, das diese digitalisiert, auswertet und bei Bedarf Korrekturen veranlaßt; es

entsteht auf diese Weise ein geschlossener Regelkreis, der von einer Hilfsplattform unterstützt wird.

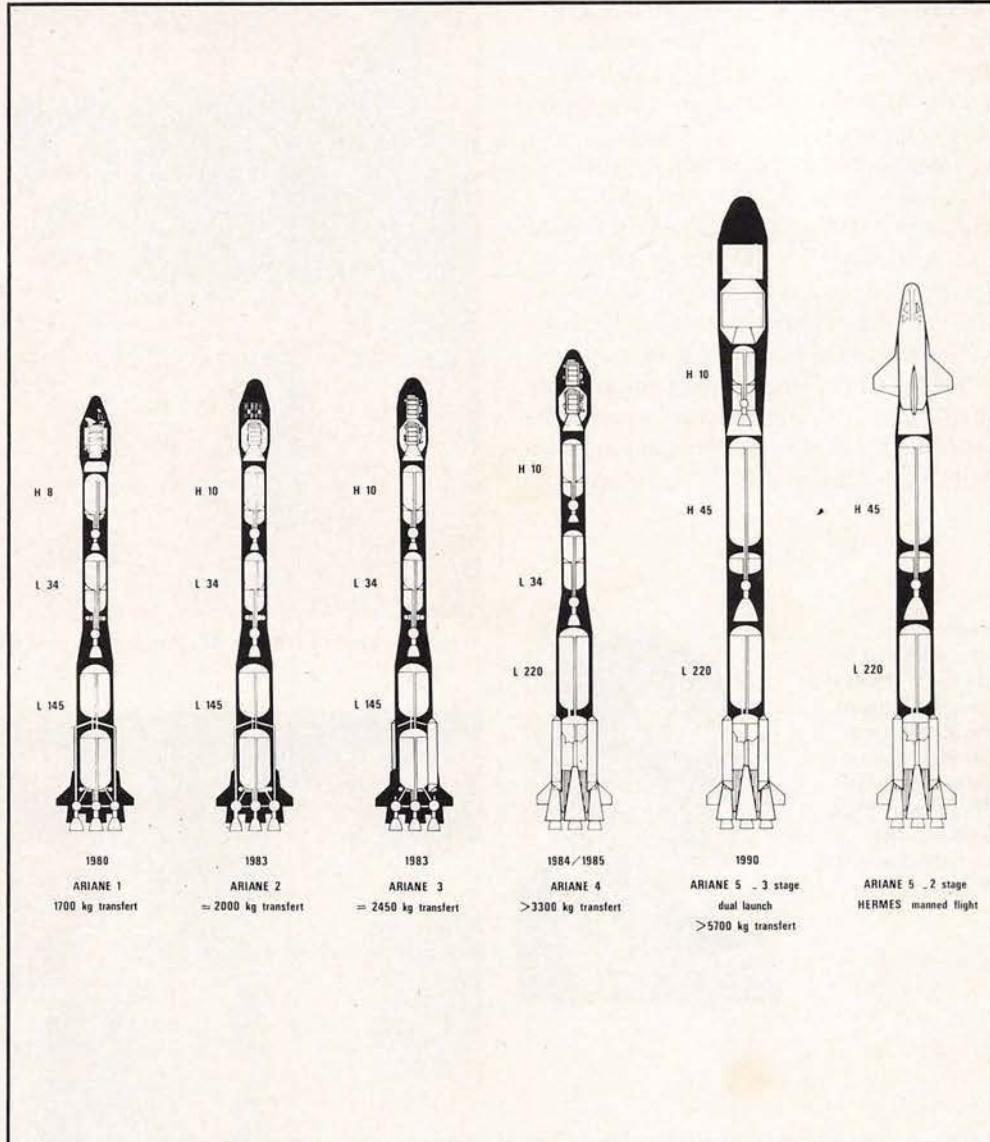
„Die bügelt das Flitzebogenverhalten der Rakete wieder aus“, führt Herr Harzmann an; denn unter bestimmten Umständen weichen die von der Hauptplattform ganz oben gelieferten Orientierungsdaten von denen ab, die zur Steuerung der zweiten Stufe dienen. In diesem Zusammenhang lernen wir noch zwei Kästchen kennen, die Be-



Ein Röntgenblick durch die Ariane 1 macht deren Aufbau deutlich.

schleunigungsaufnehmer für die vier Horizontalen enthalten und ihre Weisheiten ganz nach oben, zum Hauptcomputer, weitergeben. Langsam dämmert es uns, warum ein derartiger Kabelsalat über die gesamte Rakete verstreut ist, wo diese doch augenscheinlich „nur“ ein paar Sekunden lang in den Himmel zu fliegen hat...

Den zweiten Elektronik-Komplex am Kopf der Stufe bildet das Telemetrie-System. Es hat die Aufgabe, die Vielzahl der von sogenannten **Acquisition-Units** gelieferten Meßwerte zu sammeln, geeignet aufzubereiten und an die Bodenstation zu übermitteln; hierzu gehören die Daten über Druck, Temperatur, Vibration, aber ebenso werden Schaltzustände oder bestimmte Strom- und Spannungspiegel abgefragt. Allein in der zweiten Stufe sind dazu 254 Meßstellen vorgesehen, um während des Fluges einen



Von der Ariane 1 zur Ariane 5 – ein ehrgeiziges Projekt soll Europa zur Weltraumnation machen. Ganz rechts ist die Ariane 5 mit dem Raumgleiter Hermes abgebildet.

Datenstrom von 240 KBits pro Sekunde zu erzeugen!

Während der Testphase ist darüber hinaus eine eigene Telemetrie-Anlage vorgesehen, um ausschließlich die diffizilen Informationen über das Vibrationsverhalten zu übermitteln. Die Übertragung erfolgt im PCM-Verfahren (Puls-Code-Modulation) mit einer Wortlänge von 9 Bit (8 Datenbits plus Paritätsbit). Wie selbstverständlich warten wir jetzt auf den Hinweis auf den dafür vorgesehenen Computer, aber H. D. Harzmann winkt ab: „Nein, nein, das ist eine simple Ablaufsteuerung in einem ROM, das 64 mal 64 Worte mit je 16 Bit enthält. Wozu hier einen Computer einsetzen“, philosophiert er, „die einzelnen Abläufe liegen doch ganz genau fest.“ Und gleichsam unterstreichend läßt er uns einen Blick in den DIN-A4-Ordner werfen, der den Flugplan

enthält „vom Zeitpunkt minus neun Stunden vor dem Start bis zum Abwerfen der Satelliten rund eine Viertelstunde danach“. Auf die Sekunde genau steht dort, was zu passieren hat, daß zum Beispiel nach 50 s die Trennung von der ersten Stufe erfolgt und die zweite Stufe bereits 142 s danach ihre Schuldigkeit getan hat.

## Nicht lange fackeln, sondern Exitus

Und dann kommt die Sprache auf die Kommandoeinheit zur automatischen Selbstzerstörung, in der Sprache der Raketenbauer kurz „DCA“ genannt. Da baut man nun eine solche Spitzenleistung modernster Techno-

logie, nur um sie irgendwann in die Luft zu sprengen? „Immer noch besser, als wenn sie mitten in Guyana auf irgendeinen Markt-platz fällt“, bemerkt Herr Harzmann lako-nisch trocken. Diese Elektronik-Einheit ist für den Fall vorgesehen, daß eine ungewoll-te Stufentrennung eintritt; außerdem wird sie spätestens 30 s nach Ausbrennen einer Stufe aktiviert, um die auf den Boden zu-rückfallenden Stufen Nr. 1 und 2 klitzeklein zu zersprengen (die dritte Stufe ist bereits so hoch vorgedrungen, daß sie ähn-lich einem Satelliten langsam verglüht). Schließlich hat die Bodenstation per Funk-bebefl die Möglichkeit, diese Selbstzerstö-rung auszulösen, wenn beispielsweise die Rakete außer Kontrolle geraten ist. Ob das schon mal vorgekommen ist, wollten wir wissen. „Ja, bei der ersten Mission“, erhal-ten wir zur Antwort, „da hat ein Servoge-stänge nicht richtig gearbeitet, und die Steuerung hat daraufhin versagt.“ Konse-quenterweise hat diese Selbstmordeinheit eine eigene Stromversorgung, damit sie im Ernstfall nicht an einer überlasteten Batte-rie scheitert.

Die übrigen Elektronik-Systeme erhalten ih-ren Lebensnerv aus Akkus der Firma Saft (Nomen est Omen). Für die Telemetrie steht eine Batterie mit 28 V und 6 Ah zur Verfü-gung, während das Steuerungs-System eine eigene „Saft“-Quelle mit 28 V und nur 1,6 Ah bekommen hat. Angesichts der riesigen Raketenstufe sind dies geradezu Winzlinge, über die wir uns entsprechend wundern.

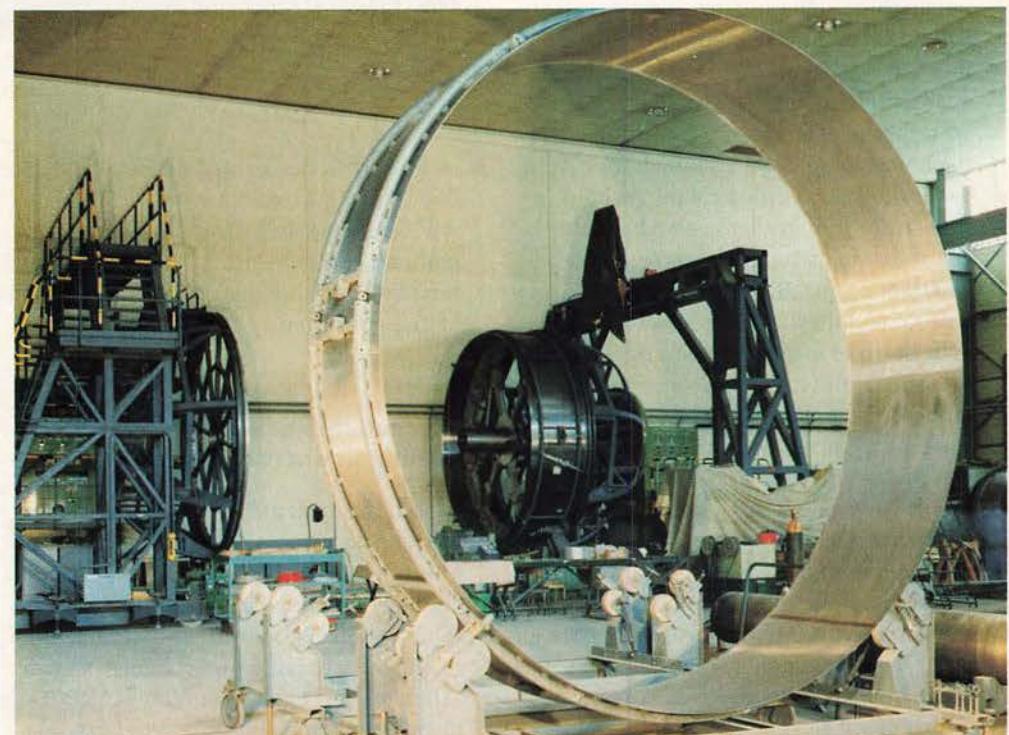
„Was wollen Sie“, meint H. D. Harzmann, „die brauchen schließlich nur ein paar Mi-nuten zu halten!“

Im Examen bis aufs Kleinste geprüft wor-den, ehe der große Container kommt, der die komplett montierte Stufe aufnimmt und auf ihrem Weg ins ferne Südamerika vor Schaden bewahrt. Und diese Prozedur des Prüfens erfordert, wie es scheint, fast mehr Aufwand als die ganze Montage. Tatsäch-lich ist das Verhältnis von Monteuren zu Prüfern fast 1:1, wie man uns erklärt – zu viel steht auf dem Spiel, wenn etwas im entscheidenden Augenblick versagt. Ent-sprechend hoch ist der Testaufwand ausge-fallen: Ein eigener, mit einem Riesencom-puter (NOVA-4-Zentraleinheit) vollgestopf-ter Raum bildet hierbei die Kommandozen-trale, in der pro Sekunde bis zu 10 000 Meßwerte einlaufen.

Mit Ausnahme des Volltankens werden dann sämtliche Funktionen unter Einsatz-bedingungen geprüft, wobei die Flugbedin-gungen wirklichkeitsgetreu simuliert wer-den. Der Computer fertigt über jeden Prüf-schritt ein detailliertes Protokoll an, das bei der Auslieferung beiliegt. Diesen Papieren



Dieser SYLDA genannte Kunststoffkokon ermöglicht den gleichzeitigen Start von zwei Satelliten auf verschiedene Umlaufbahnen.

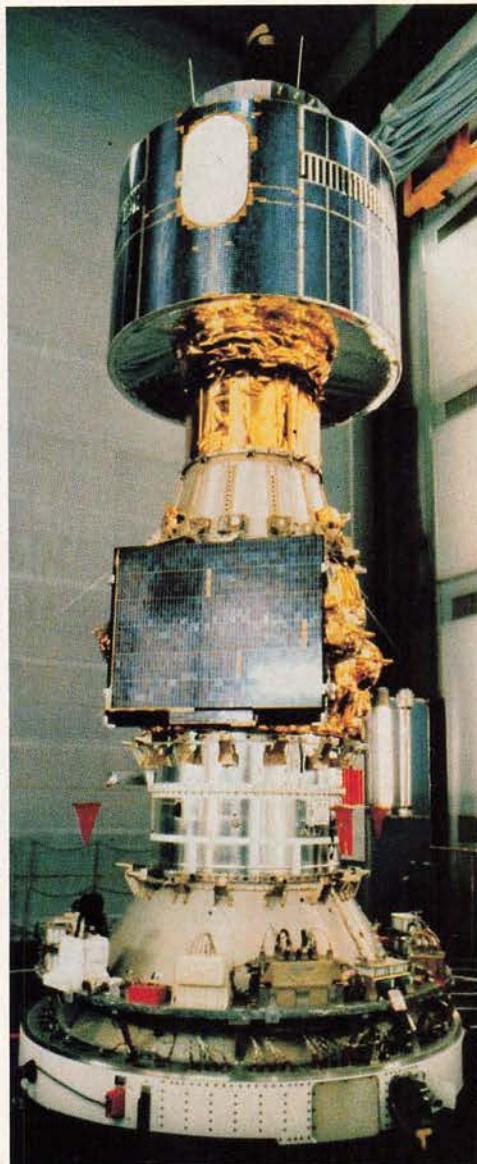


Die hauchdünnen Wandungen der Treibstofftanks für die erste Stufe können nur verarbeitet werden, indem man Stützgerüste anbringt.

kann man dann am Startplatz derart vertrauen, daß ein erneuter Test entfällt und dort lediglich letzte Interface-Prüfungen erfolgen. Allein die einzelnen Prüfvorschriften füllen Bände, die zu lesen und auf dem aktuellen Stand zu halten, eine nicht zu unterschätzende Leistung darstellt. Bei der Lösung der sprachlichen Probleme (ganz Europa muß sich hierbei irgendwie verständigen!) hat es einen Kompromiß gegeben, der für sich spricht: Weil man sich auf einheitlich Englisch nicht einigen konnte, ergehen alle Dokumentationen und Prüfvorschriften in Französisch. „Dafür kriegen sie von uns aber englische Protokolle zurück“, beeilt sich der Entwicklungsleiter hinzuzufügen und spricht damit ein Problem der europäischen Raumfahrt an, mit dem die Amerikaner noch nie konfrontiert worden sind.

### Preis: 10 000 Dollar pro Kilogramm

Sie können ruhig raten, worum es sich handelt, aber selbst Pessimisten werden zugeben, daß dies weder der Benzin- noch der Goldpreis sein kann; nein, soviel kostet es schlicht und einfach, ein Kilogramm Nutzlast per Ariane in eine Erdumlaufbahn zu befördern. Sie können ganz ruhig bleiben, denn für einen so günstigen Preis können es die Amerikaner nicht erreichen! Aber dennoch erhebt sich die Frage, was das alles soll oder konkret: Wer bezahlt diese immensen Kosten und was kommt dabei heraus? Die erste Frage ist einfach zu beantworten: Die beteiligten Länder finanzieren die Entwicklung und erhalten dafür Aufträge für die eigene Industrie im Verhältnis ihres Anteils, den sie tragen. Und zum Nutzen stellt Hans Dieter Harzmann folgende Überlegung an: „Sie müssen das so sehen, daß ein technisches Entwicklungsland, zum Beispiel Indien, ankommt, und einen Fernsehsatelliten hochgeschossen haben möchte. Denen können wir das Ding umsonst hochtragen, denn wenn ein Satellit von uns oben ist, müssen sie auch unser Fernsehssystem übernehmen; und wenn sie das haben, müssen sie die Fernseher von uns kaufen, und diese Kette führt so weit, daß sie schließlich auch noch die Steckdosen von uns beziehen müssen und so weiter.“ Diese Argumente sind ganz sicherlich nicht von der Hand zu weisen, und sie bilden einen ganz neuen Aspekt, unter dem man die europäische Raumfahrt sehen kann. Der dabei mittlerweile erzielte Stand



Sie ist bereits auf dem Weg nach Kourou – die zweite Stufe der Ariane 04.

ist beeindruckend, und wir wünschen allen Beteiligten (das sind nicht zuletzt Sie und wir als Steuerzahler!), daß die von uns so hautnah erlebten Ariane-Stufen zum erfolgreichen Abschluß der geplanten Missionen beitragen mögen!

### Die Nutzlasten: wichtig und wertvoll

Lassen Sie uns zum Abschluß noch einen kurzen Blick in die nähere und fernere Zukunft tun. Unter der Regie der Aerospatial sind bisher mehr als 20 Satelliten erfolgreich in den Weltraum geschossen worden, die meisten davon mit der französischen „Diamant“-Trägerrakete. Von MARECS, der mit der letzten Rakete aus dem Entwicklungsprogramm transportiert werden soll, haben wir schon gehört. Der erste kommer-

zielle Start der Ariane ist für das Frühjahr 1982 geplant. Als Nutzlasten sind ein weiterer Satellit der MARECS-Serie sowie SIRIO-2, ein meteorologischer Satellit, vorgesehen.

Auch die nächsten Abschüsse sind überwiegend als Doppelstarts angekündigt. Eigens dafür entwickelte man ein SYLDA genanntes System, das überwiegend aus einem ultraleichten, ultraharten Fiberglasbehälter für einen der beiden Satelliten besteht. Dieser erlaubt eine vollständige Trennung der verschiedenen Nutzlasten, die so unabhängig voneinander im Weltraum manövriert werden können. Besonders hilfreich wird sich SYLDA bei den zukünftigen, schubkräftigeren Ariane-Versionen erweisen.

Die ESA hat mittlerweile einen ganzen Katalog von Satellittypen für die unterschiedlichsten Aufgaben anzubieten.

Schwerpunkt liegt dabei auf den Nachrichtensatelliten. Die Deutsche Bundespost wird z. B. ihren Fernsehdirektempfangssatelliten TDF-1 Mitte der achtziger Jahre per Ariane starten lassen. Dieser zur TV-SAT-Familie gehörige Weltraumsender hat das stattliche Gewicht von 1,2 t, die riesigen Sonnenpaddel stellen eine Minimalleistung von 3 kW für den Sender bereit. Für Auftraggeber, die es gern eine Nummer kleiner hätten, bietet man eine Familie von mittleren Telekommunikationssatelliten an, der erste davon wird Ende 1983 ARABSAT sein, der Name spricht für sich.

### Forschung großgeschrieben

Neben weiteren Starts der bekannten METEOSAT-Serie wird die Entwicklung

mehrerer Forschungssatelliten vorangetrieben. Unter der Regie von MBB in München soll EXOSAT kosmische Untersuchungen – überwiegend im Bereich der Röntgenstrahlung – vornehmen. Weiterhin umfaßt das Programm Erdbeobachtungssatelliten (SPOT, voraussichtlicher Starttermin 1984). Ein besonders ehrgeiziges Projekt trägt den Namen SOLARIS: Dabei handelt es sich um ein unbemanntes Weltraumlabor, das allerdings schon der Nutzlastkapazität der Ariane 4 bedarf.

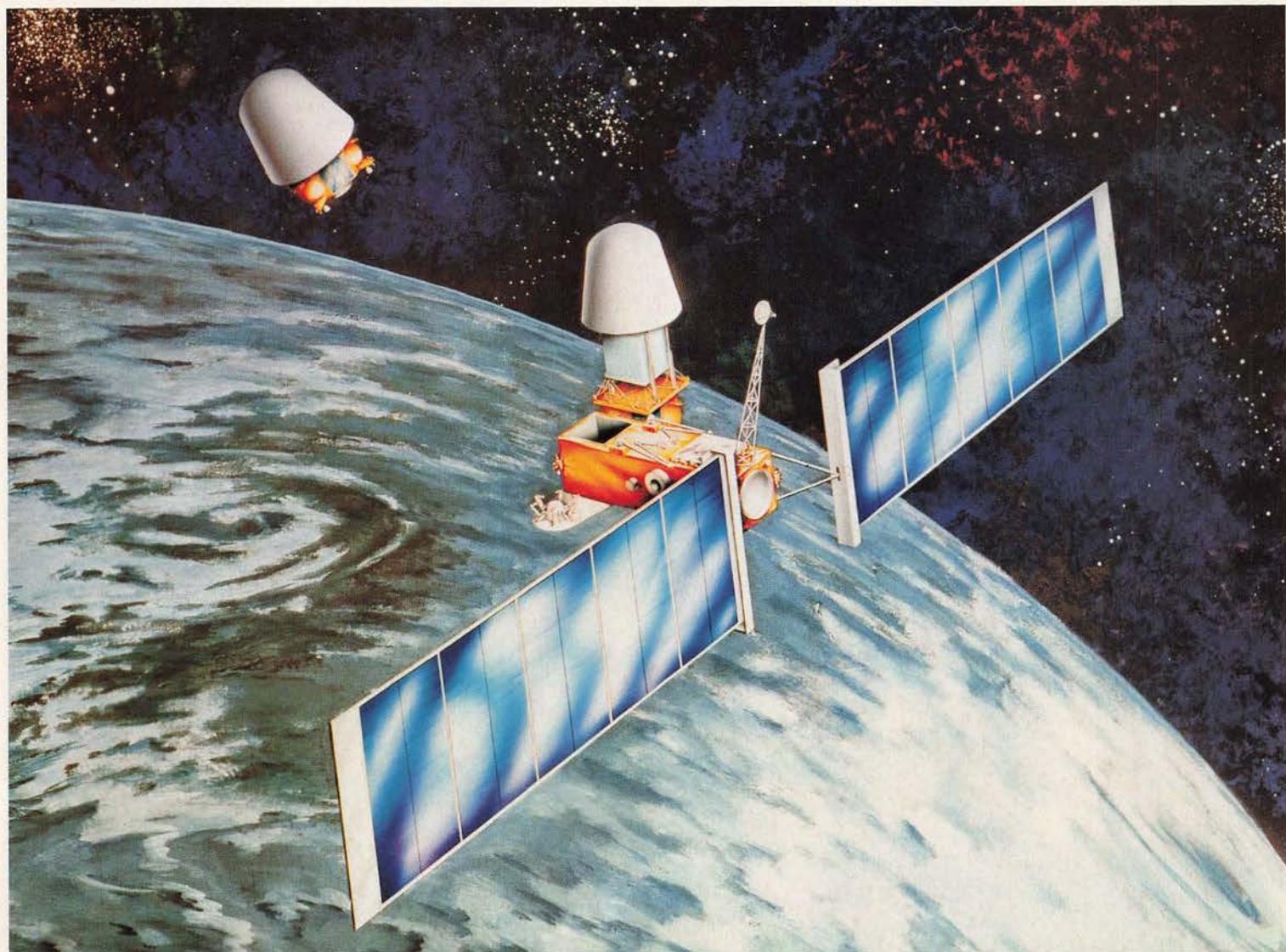
Selbst über den bemannten Weltraumflug macht man sich Gedanken. Wiederum in Anlehnung an die Mythologie mußte diesmal ein Götterbote für die Namensgebung herhalten: Hermes heißt die Studie über einen bemannten Raumgleiter, der aber im Gegensatz zu Space-Shuttle nicht für den Materialtransport in den Weltraum gedacht

ist, sondern „nur“ drei Raumfahrern nebst Versorgung Platz bietet.

### Einiges Europa

Dafür, daß all diese ehrgeizigen Projekte auch in die Tat umgesetzt werden können, spricht vor allem eine Tatsache. „Die Zusammenarbeit“, erklärt uns Madame Compard von der Aerospatial, „ist in allen Bereichen so ausgezeichnet, daß es überhaupt keine Schwierigkeiten mehr gibt.“ Damit könnte Europa den einzigen Nachteil, den es in Wirklichkeit den USA gegenüber hat, endlich einmal wettmachen und seinen jahrzehntealten Traum realisieren: eine Raumfahrtnation zu sein.

Lutz Findeisen  
Reinhard Göbler



SOLARIS heißt das Projekt eines automatischen Weltraumlaboratoriums. Europas Weltraumorganisation ESA hat hochfliegende Pläne. (Alle Aufnahmen und Zeichnungen ERNO/ESA/CNES.)



# \*\* Hallo, wach?!

## Reaktionstestgerät mit analoger Anzeige

Sie besitzen einen Führerschein? Ja! – Dann wird Ihnen die folgende Schaltung sicherlich helfen, Ihr Reaktionsvermögen, das mit steigendem Alkoholgenuss stetig abnimmt, besser einzuschätzen. Doch Vorsicht: Nicht jeder, der eine gute Reaktionszeit hat, ist auch nüchtern! Genauso umgekehrt: Eine schlechte Reaktionszeit deutet nicht unbedingt auf einen hohen Promillegehalt hin. Medikamente, wie z. B. Schlaftabletten oder Beruhigungsmittel, können nämlich das Reaktionsvermögen beträchtlich beeinflussen...

### Das soll ein Reaktionstestgerät sein?

Wenn Sie sich das Blockschaltbild unseres Reaktionszeitmeßgerätes in **Bild 1** ansehen, so werden Sie wahrscheinlich zuerst einmal staunen: Das soll ein Reaktionstestgerät sein?

Fürwahr, die Schaltung hat mit den meisten der bisher veröffentlichten Bauanleitungen wenig gemeinsam. Was Ihnen wohl als erstes auffallen wird, ist das Fehlen einer digitalen LED-Anzeige, wie man sie von ähnlichen Geräten her gewohnt ist. In unserer Schaltung wurde sie durch eine analoge Anzeige mit einem Drehspulinstrument ersetzt. Doch sehen wir uns die Blockschaltung einmal etwas näher an...

### Die Funktionsweise sagt uns schon erheblich mehr

Wenn die Taste „Start“ gedrückt wird, gelangen Impulse mit einer Frequenz von

etwa 2 Hz auf den Dezimalzähler IS 1. Sobald der Ausgang  $Q_9$ , HIGH-Pegel annimmt, wird der Binärzähler IS 2 gestartet. Die Zählfrequenz beträgt hier 128 Hz. Gleichzeitig mit dem Ausgang  $Q_9$  wird die LED aktiviert. Leuchtet diese LED auf, so muß man so schnell wie möglich die „Stop“-Taste drücken. Der Dezimalzähler wird hierdurch auf 0 zurückgesetzt und erzeugt bis zum nächsten Start eine neue Zufallszahl. Dabei wird er immer schon mit Erreichen von  $Q_8$  zurückgesetzt, damit die gemessene Reaktionszeit und die LED nicht mehr beeinflußt werden. Die Anzeige des Meßinstruments bleibt bis zum nächsten Start erhalten oder bis das Gerät ausgeschaltet wird. Während  $Q_9$  von IS 1 aktiv ist, läuft also die Reaktionszeit. Ge steuert über das NAND-Gatter N 10 gelangen währenddessen die Impulse des zweiten Taktgenerators in den 7-Bit-Binärzähler IS 2. Der Binärkode erscheint an den Ausgängen dieses Zählers und repräsentiert sozusagen die gemessene Reaktions-

zeit. Er wird nun in einem Digital-/Analogwandler in eine Spannung umgesetzt. Die Auflösung des D/A-Wandlers beträgt 7 Bit, so daß 128 verschiedene Spannungswerte erzeugt werden können. Eine Stufe der so erzeugten Treppenspannung ist  $2^{-7} \cdot U_b = \frac{1}{128} \cdot U_b$  hoch.

Bei einer Betriebsspannung von 9 V sind  $\frac{9 \text{ V}}{128} = 0,07 \text{ V}$ .

Wie wir noch sehen werden, liegt bei Endausschlag (0,5 Sekunden) nur die halbe Spannung an. Das heißt, der Binärzähler zählt nur bis 64. Dann entspricht eine Stufe dieser Treppenspannung etwa  $\frac{0,5 \text{ s}}{64} = 7,8 \text{ ms}$ . Diese Auflösung ist ausreichend, zumal ein Teilstrich auf der Instrumentenskala 20 ms entspricht.

Ein Impedanzwandler (1/2 IS 6), der dem D/A-Wandler nachgeschaltet ist, verhin

dert eine unzulässige Belastung der erzeugten Spannung durch das Meßinstrument. Die Frequenz des zweiten Taktgenerators wurde so gewählt, daß der 7-Bit-Binärzähler in genau einer Sekunde vollgelaufen wäre, wenn er sich nicht bereits nach 0,5 s selbst über die Diode D 4 stoppen würde (oder wenn man die „Stop“-Taste drückt).

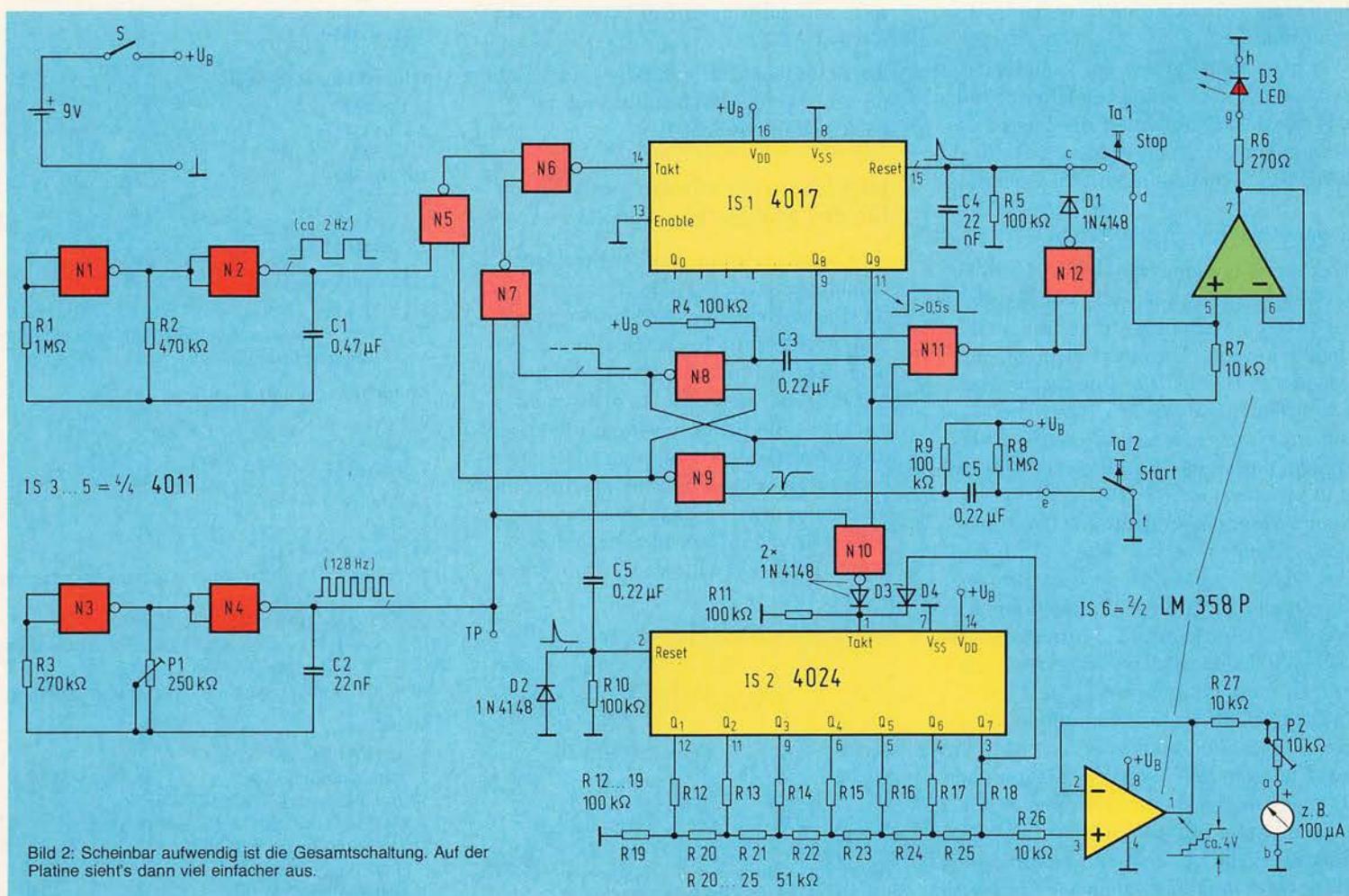
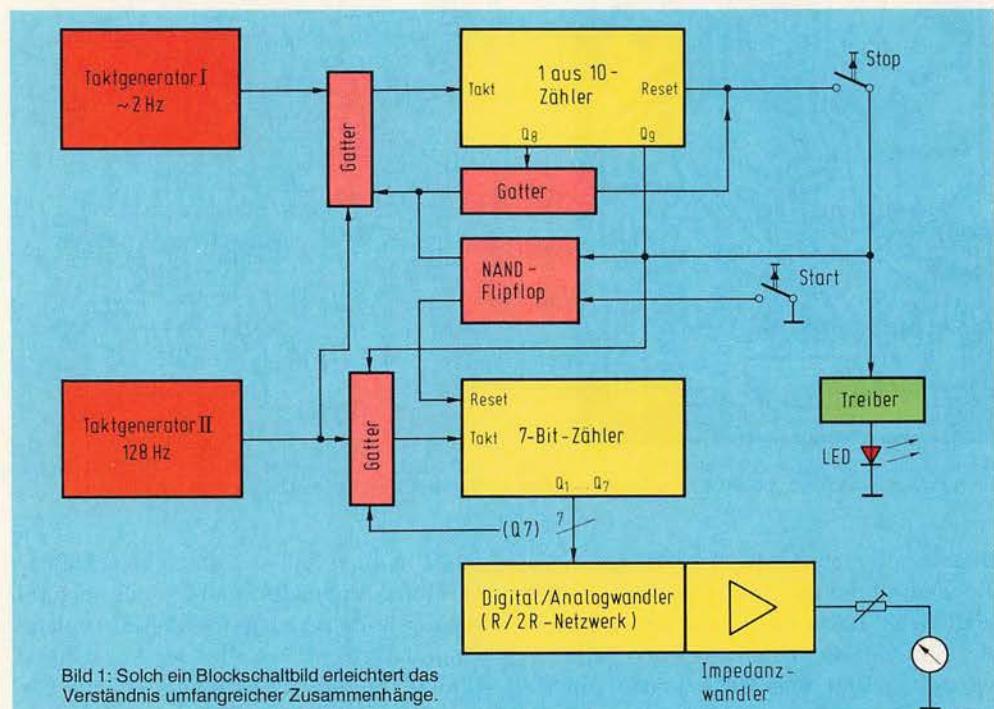
### Doch nun zur Schaltung selbst...

**Bild 2** zeigt uns die vollständige Schaltung des Reaktionszeitmeßgerätes. Die Schaltung ist bis auf den LM 358 ganz in CMOS-Technik aufgebaut, wodurch ein extrem geringer Stromverbrauch erreicht wird. Bei der angegebenen Spannung hält eine 9-Volt-Blockbatterie bis zur Selbstentladung. Da CMOS-IS an ihren Ausgängen nur sehr schwach belastet werden können (bei den 4011 etwa 2 mA), ist für die LED eine einfache Treiberschaltung (Impedanzwandler) vorgesehen (1/2 IS 6). Der Strombegrenzungswiderstand der LED kann so relativ klein gewählt werden. Das hat eine erhöhte Helligkeit zur Folge. Die beiden Taktgeneratoren sind mit den Gattern N 1...N 4 aufgebaut. Es handelt sich um astabile Multivibratoren, welche ge-

steuert von dem NAND-Flipflop, bestehend aus N 8 und N 9, auf einen der beiden Zähler umgeschaltet werden können. Die Frequenzen 2 Hz (N 1 und N 2) und 128 Hz (N 3 und N 4) werden dauernd erzeugt.

### Zunächst einmal wird aufgebaut...

Die gesamte Schaltung wird auf einer einseitigen Printplatte, wie sie in **Bild 3** und **4** wiedergegeben ist, aufgebaut. Bei der Bestückung der Platine sind zuerst die



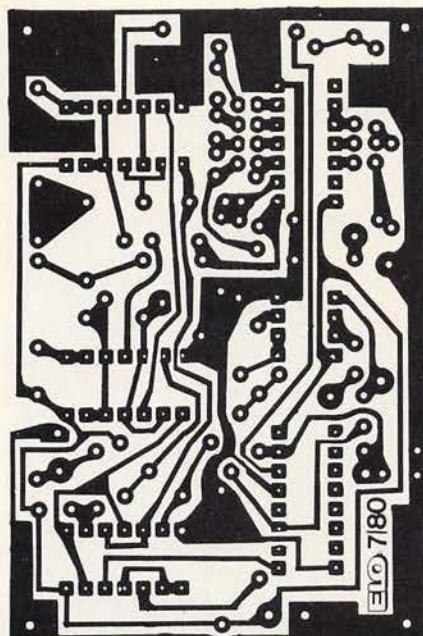


Bild 3: Danach können Sie Ihre Platinen ätzen. Falls Sie es noch einfacher möchten – es gibt auch einen Platinenfilm.

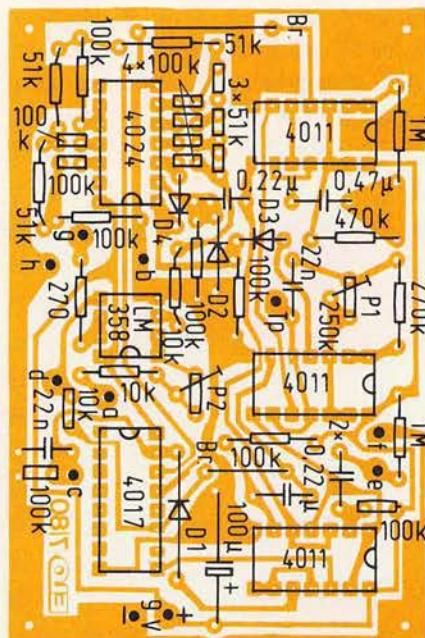


Bild 4: Und so wird bestückt. Wenn Sie damit fertig sind, vergleichen Sie Ihr gutes Stück am besten noch einmal mit dem Farbbild. Das baut möglichen Frust ab.

diskreten Bauelementen, also Widerstände, Kondensatoren usw. einzusetzen – danach erst die IS! Dabei sollte man ein Anfassen der CMOS-IS-Beinchen auf jeden Fall vermeiden (mit einer Pinzette oder einer spitzen Zange arbeiten). Als Arbeitsunterlage empfiehlt sich eine (geerdete!) Aluminiumfolie.

Wer ganz sicher gehen will, kann sich selbst auch noch erden (Metallarmband, das mit dem Schutzleiter der Steckdose verbunden ist). Noch besser ist es, für die CMOS-IS Steckfassungen vorzusehen.

#### ...und so wird abgeglichen

Wer einen Frequenzzähler zur Hand hat, ist hier fein raus. Man schließt den Zähler einfach am Meßpunkt Tp an und stellt mit dem Trimmpotentiometer P 1 eine Frequenz von genau 128 Hz ein. Für diejenigen, die keinen Frequenzzähler „zur Hand“ haben, ein anderer, etwas zeitaufwendiger Vorschlag, der einiges an Fingerspitzengefühl und viel Geduld erfordert:

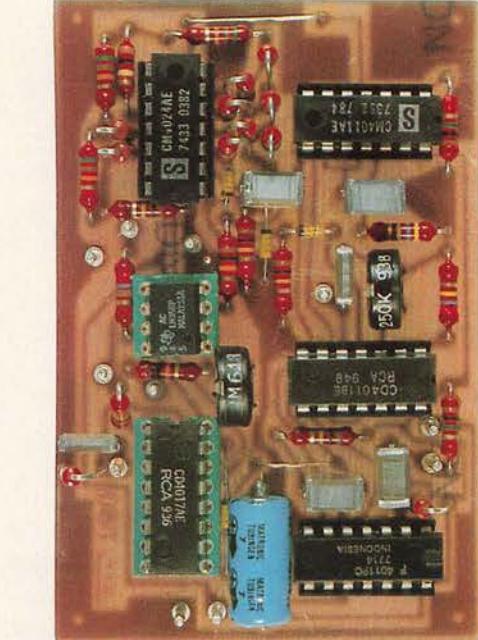
Man verbinde den Testpunkt Tp direkt (unter Umgehung des Gatters N 10) mit dem Zählereingang (Pin 1 vom 4024er). Die Dioden D 3 und D 4 müssen entfernt werden! Dann wird die Leitung zwischen dem Widerstand R 7 und dem Ausgang Q<sub>7</sub> von IS 1 aufgetrennt und R 7 mit Pin 3 (=Q<sub>7</sub>) des Zählers IS 2 verbunden. Nach dem Einschalten blinkt die LED jetzt, und zwar mit genau  $\frac{1}{128}$ stel der Frequenz des Taktgenerators. Durch Verdrehen von P 1 muß man die LED nun dazu bringen, jede Sekunde genau einmal zu blinken. Mit Hilfe einer möglichst genauen Uhr ist dies

meist in einer halben Stunde zu schaffen. Ist dieser Abgleich beendet, muß noch mit P 2 der Endausschlag des Meßinstruments eingestellt werden. Sollte der Ausgang Q<sub>7</sub> (Pin 3) von der IS 2 bei Endausschlag des Meßinstruments nicht auf „HIGH“-Pegel sein, so muß R 2 auf 510 kΩ vergrößert werden.

Bei Batteriebetrieb sollte der Endausschlag hin und wieder kontrolliert und ggf. nachgestellt werden (P 2).

#### Jetzt brauchen wir nur noch Strom für den praktischen Einsatz

Wie bereits erwähnt, ist der Stromverbrauch wegen der CMOS-IS extrem niedrig. Deshalb reicht auch eine normale 9-V-Blockbatterie für lange Zeit aus. Sobald das Meßinstrument trotz Nachregeln mit P 2 den Endausschlag nicht mehr erreicht, ist die Batterie leer. Ist die Leuchtdiode gerade aus, dann nimmt die Schaltung weniger als 2 mA auf. Dadurch bleibt die Spannung und damit der Endausschlag für lange Zeit ausreichend konstant. Die Betriebsspannung kann sogar



# Aktualitäten

## Hi-Fi-System in slim-line-Ausführung mit einfacher Bedienung

Bewußt verzichtete Siemens bei dem neuen Hi-Fi-System 333 auf überhöhten Bedienungskomfort und möchte damit auch den technisch nicht so versierten Hi-Fi-Anhänger ansprechen. Das neue Hi-Fi-System umfaßt drei Komponenten: Digitaler Tuner, integrierter NF-Verstärker und High-Com-Cassetttendeck. Hier die wesentlichen Details der System-Bausteine: Hi-Fi-Tuner RH 333 mit digitaler Frequenzanzeige für 4 Wellenbereiche (UKW, K, M, L), 8 UKW-Stations-tasten, UKW-Muting, schaltbare Senderabstimmautomatik (AFC), LED-Meter für Feldstärke und FM-Mittenanzeige, Ferritanenne. Hi-Fi-Verstärker RV 333: Ein integrierter Leistungsverstärker mit 2 x 100 W Musiklei-

stung bzw. 2 x 70 W Sinusleistung oder 2 x 60 W Nennleistung bei einem Klirrfaktor von 0,09 %. Übertragungsbereich 20 bis 20 000 Hz. LED-Kette zur Anzeige der Ausgangsleistung, Heat-pipe-Kühlsystem zur Stabilität der Endstufe, eingebauter Entzerrer-Vorverstärker für Moving-coil-Tonabnehmersysteme. Hi-Fi-Cassetttendeck RC 333: High-Com-Rausch- und Störunterdrückung, Mikroprozessor-Steuerung der Bedienfunktionen mittels Tippfunktionen, Wahlschalter für Dolby-Cassetten-Wiedergabe, zwei Antriebsmotoren, Sendust-Tonkopf, Memory-Automatic, Bandartenschalter (auch für Metallbänder). (Siemens Elektrogeräte GmbH, Postfach 103, 8000 München 1.)



## Metal-Cassette auch von Philips



Die Philips Metal-Cassette ist jetzt als C 60 lieferbar. Die Metal-Cassette liefert über den gesamten Frequenzbereich ein größeres Ausgangssignal als bisher am Markt erhältliche Cassetten. Vor allem im Bereich der hohen Frequenzen liegt der Wiedergabepegel um +7 dB bei 10 000 Hz und um +10 dB bei 16 000 Hz höher als bei Chromdioxid-Cassetten. Das bedeutet eine deutlich verbesserte Hö-

henwiedergabe, so daß die Anforderungen der Hi-Fi-Norm DIN 45 500 entscheidend übertroffen werden. Auch die Werte für Verzerrungen und Signal-/Rausch-Abstand sind besser als bei den bisher gebräuchlichen Bandsorten. Metal-Cassetten zeichnen sich auch durch sehr niedrigen Verschleiß der Tonköpfe aus.

(Philips GmbH, Postfach 10 14 20, 2000 Hamburg 1.)

## Neue Batterien für Elektroautos

Mit einem von dem amerikanischen Unternehmen „Gulf & Western Industries“ entwickelten Zink-Chlorid-Batterie-System fahren zwei auf Elektroantrieb umgerüstete Testfahrzeuge, die kürzlich in New York der Öffentlichkeit vorgestellt wurden. Das mit insgesamt 27 Millionen Dollar von Gulf & Western sowie dem von der amerikanischen Kraftwerkindustrie unterhaltene „Electric Power Research Institute“ und vom US-Energieministerium finanzierte Projekt wurde bereits 1972 in Angriff genommen. Im Gegensatz zu den Säurebatterien wird die Zink-Chlorid-Batterie nicht aufgebraucht und dürfte, wie aus mehrjährigen Dauertests zu schließen ist, praktisch unbegrenzt wiederaufladbar sein.

Demonstriert wurde das Batteriesystem an einem Kombifahrzeug japanischer Bauart und an einem VW-Rabbit (US-Golf). Die Reichweite beträgt 240 km bei einer Fahrgeschwindigkeit von 88 km pro Stunde. Sie wäre sicherlich größer, wenn ein speziell dafür konstruiertes Fahrzeug zur Verfügung stünde. Die Batterie läßt sich aus der Steckdose (Wechselstrom 220 V) in sechs bis acht Stunden neu aufladen. Bei einem durchschnittlichen Strompreis von 5 Cents pro Kilowattstunde in den USA lägen die Betriebskosten für einen mit vier Personen besetzten VW-Rabbit bei 1,4 Cent pro Kilometer – im Vergleich zu gegenwärtig 4 Cent bei dem mit Benzinmotor ausgerüsteten Fahrzeug. Es kann damit gerechnet werden, daß die Zink-Chlorid-Batterien als Kraftsysteme für Elektroautos in etwa vier Jahren zur kommerziellen Anwendung kommen, und es sei denkbar, daß schon in zwei Jahrzehnten die Produktion von Elektroautos mehr als ein Drittel der gesamten Kraftfahrzeugproduktion ausmache: so ein Firmensprecher. Durch weitere technische Verbesserungen will die Firma Gulf & Western Industries das Batteriesystem (mit einem Gesamtgewicht von ca. 540 kg einschließlich Kaltspeicher, einiger Tausend Plattenelektroden aus Graphit sowie Pumpen und Mini-computer zur Steuerung des Betriebsstroms) noch leistungsfähiger und damit für den Betrieb billiger gestalten. Dabei werden die verschiedensten technischen Möglichkeiten für die Kraftquelle sowie Kombinationen von Elektroantrieb und Benzinmotor erprobt. (Amerika Dienst, Postfach 20 03 00, 5300 Bonn 2.)

# Jetzt dieselbt die Modellbahn

Dieselgeräuschgenerator für Modelleisenbahnen ab Größe H0

Diesellokomotiven haben automatische Getriebe. Sie nutzen die optimale Drehzahl der Motoren aus und geben deshalb nur zwei Geräusche von sich:

Das typische „Nageln“ im Stand und das ziemlich gleichmäßige „Hämmern“ während der Fahrt. Da die Auspuffgeräusche umweltfreundlich gedämpft sind, hören wir ein Geräusch, an dem vor allem der

„Diesel“ und der Resonanzkörper Lokomotive beteiligt sind.

Macht man einige kleine Abstriche an die Genauigkeit der Reproduktion, was in Modellbahnen ohnehin nicht stört, so lassen sich diese beiden Geräusche leicht elektronisch erzeugen. Denn wer erwartet schon, daß so ein kleines Lokomotivchen losdonnert wie die „218“.

## Rechteckimpulse stoßen den Lautsprecher an

Dieser ist deshalb so wichtig, daß wir ihm einen eigenen Abschnitt einräumen. Doch

dazu kommen wir noch. Sehen wir uns zunächst einmal an, was den Lautsprecher anstößt. Es steht schon in der Überschrift: Rechtecke. Und um zu wissen wie, müssen wir Bild 1 auf japanisch lesen – von rechts

unten angefangen. Da ist nämlich erst einmal der Multivibrator mit dem Trimmplatte P. Dieser erzeugt Rechtecke mit einer von etwa 15 Hz bis etwa 60 Hz (am besten etwa 25 Hz) einstellbaren Frequenz. Das ist der eigentliche „Ton“generator.

Darüber liegt ein zweiter Multivibrator, der konstant mit etwa 5 Hz bis 6 Hz schwingt. Von seinem Ausgang Pin 11 läuft nun das Signal B in Bild 2 an Pin 1 des unteren Generators – einen NAND-Eingang. Und sobald nun dieses Signal „L“ ist, stoppt es den „Ton“generator, so daß das sich daraus ergebende Signal gleich C in Bild 2 ist. Es ist das „nagelnde“ Standgeräusch. Beim Fahren brauchen wir aber das gleichförmige „Dieseltuckern“. Das kommt gleich. Damit nun unser Geräuschgenerator „weiß“, wann gefahren wird, bringen wir die Fahrspannung der Lok mit ins Spiel. Wir führen sie an eine Gleichrichterbrücke und sind damit sofort unabhängig davon, ob die Lok mit Gleich- oder Wechselspannung fährt. Es sind ohnehin meistens Impulse. Diese integrieren wir nun in C 2, und wenn der nun auf etwa 0,7 V, mehr als die Z-Spannung von D 1, aufgeladen ist, schaltet T 1 durch. Sein Kollektor (Signal A in Bild 2) geht auf „L“ und dieses „L“ auf Pin 13 des oberen Multivibrators. Der reagiert darauf wie vorhin der untere – er stellt für die Dauer von „L“ seine Sendungen ein. Der untere Multivibrator fühlt sich nun ungehemmt und gibt jetzt das Fahrgeräusch von sich.

Falls Sie sich nun fragen, weshalb bei D 1



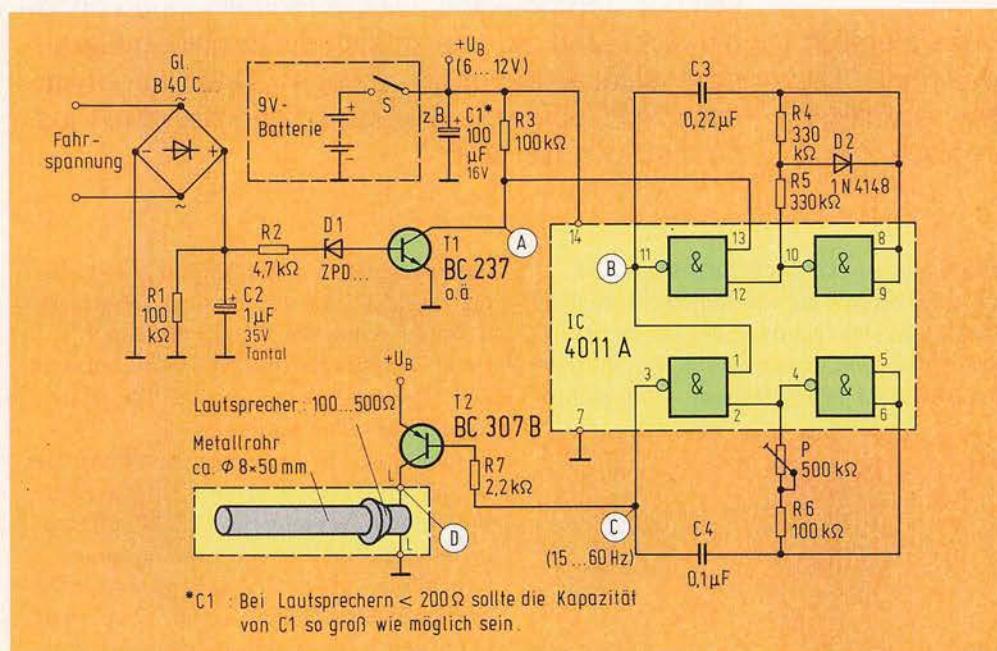
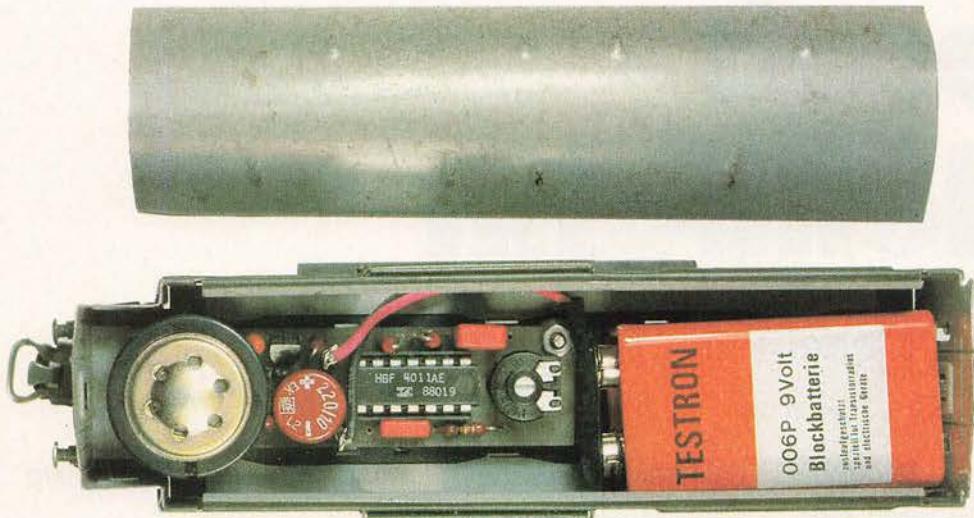


Bild 1: Das ist raffiniert, mit nur zwei Multivibratoren läßt sich das Standgeräusch einer Diesellok imitieren. Zum Fahrtgeräusch wird sogar noch einer abgeschaltet.

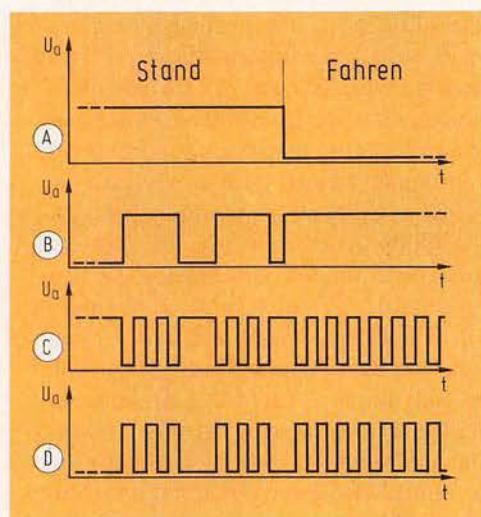


Bild 2: Diese Signale lassen sich an den in Bild 1 eingzeichneten Punkten abnehmen.

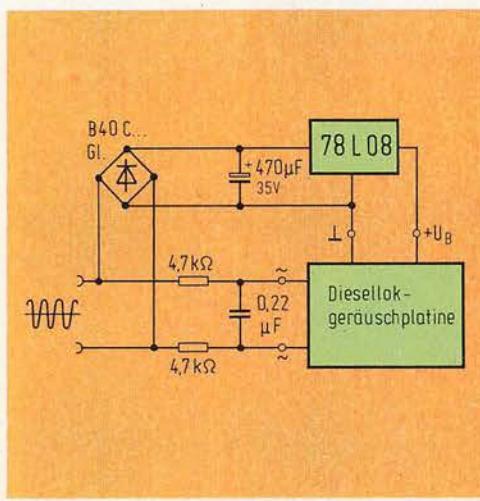


Bild 3: Wer NF-Dauerbeleuchtung hat, hat's gut. Mit dieser Schaltung lassen sich Batterien einsparen. Ohne das Tiefpaßfilter aber geht's nicht.

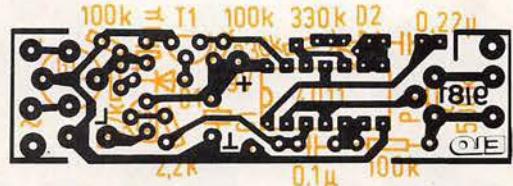


Bild 4: Falls Sie nur ein liegendes Poti haben, brauchen Sie auch die beiden äußersten Bohrungen. Mit einem stehenden Poti können Sie die Platinen um einen Zentimeter verkürzen.

nur ZPD... steht, dann haben Sie völlig recht, wenn Sie sagen, daß jede Lok eine andere Spannung zum Anfahren braucht. Danach richtet sich die Z-Spannung. Sinnvoll sind 2,2 V bis 5,6 V.

Wir sprachen schon vom Fahrtgeräusch, aber soweit sind wir noch nicht. Erst einmal müssen wir die Rechtecke verstärken, und zwar im Strom. Das macht T 2, an den dann der Lautsprecher (100 Ω bis 500 Ω) direkt angeschlossen wird.

## Erst der Lautsprecher „dieselt“ richtig

Denn was aus T 2 herauskommt, sind ja nur Rechteckimpulse. Und erst der Schallwandler samt Resonanzkörper macht daraus das typische Geräusch. Wenn Sie nun die Nachtigall trampen hören, liegen Sie richtig. Aber: Da ist das Hindernis Angebot. So winzige Lautsprecher gibt es nämlich kaum. Und dann schon gar nicht in den geforderten Widerstandswerten. (Übrigens, je höherohmig der Lautsprecher ist, desto weniger belastet er die Batterie, desto leiser ist aber auch das Geräusch.)

Wir haben alles mögliche probiert. Da gibt es zunächst die Ohrhörer. Mit einem kleinen Metallrohr wie in Bild 1 verlängert, klingen sie recht vorbildähnlich. Dann gibt es noch dynamische Mikrofone, die ebenfalls noch in einen H0-Wagen passen. An richtiger Stelle angebracht (ausprobieren), klingen sie ebenfalls ganz passabel. Stülpt man den Deckel eines passenden Schächtelchens darüber, kann es noch vorbildähnlicher klingen. Nicht geeignet sind „normale“ Miniaturlautsprecher – aber wer weiß, vielleicht finden gerade Sie dafür einen mechanischen Trick, um da ganz tolle Geräusche herauszuholen.

## Die Batterie, das kurzlebige Wesen

Sie haben es sicher schon gemerkt. Der Haken am Geräuscherzeuger ist die Batterie.

Aber wenn er auch im Stand „dieseln“ soll... 20 mA etwa werden dabei verbraucht und etwa 30 mA während der Fahrt, je nach Lautsprechertyp (hier 200 Ω). Aber woher sonst den Strom nehmen? Sicher, es ginge mit einem NiCd-Akku und einem mitfahrenden Ladegerät. Aber das ist unzuverlässig, sperrig und schwer. Jedoch, es geht auch anders.

### NF-Beleuchtung hat meistens Reserven

Falls Sie Ihre Züge mit NF (10 kHz bis 20 kHz) beleuchten, spielen diese etwa 30 mA keine Rolle. Sie müßten dann nach Bild 2 an die Schienen, wo die NF herkommt. Ein beliebiger Brückengleichrichter, ein Ladeelko und ein Stabilisator sorgen dann für den Betriebsstrom. Nur, jetzt schaltet die NF dauernd auf Fahrtgeräusch. Ein einfacher Tiefpaß beseitigt das Übel. Sie finden ihn in Bild 3, nicht aber in der

Stückliste. Denn dies ist ja ein Sondereinsatz.

### Wozu noch über den Aufbau schreiben?

Wo Sie die Platinenvorlage finden, wissen Sie inzwischen ohnehin, und wie bestückt wird, zeigt Bild 4. Sie können demnach auch ein liegendes Poti einbauen. Daß Sie C 1 um so größer wählen sollen, je niedriger der Lautsprecher ist, steht in Bild 1. Und wie Sie den Geräuscherzeuger im ersten Wagen unterbringen, hängt von diesem ab. In der Lokomotive jedenfalls hat er nur Platz, wenn Sie eine Bahn der Spuren 0 oder I haben. Bleibt nur noch die Stromabnahme. Wenn Sie dünne Litzen zwischen Lok und erstem Wagen scheuen, sollten Sie sich Schleiferchen basteln. Je nach System schleifen die dann auf den Schienen, den Rädern oder (und) auf dem Mittelleiter.

Winfried Knobloch

Hans Wollner

### Stückliste

#### Widerstände 0,125 W

1	2,2 kΩ	2	330 kΩ
1	4,7 kΩ	1	Trimmpot 500 kΩ
3	100 kΩ		

#### Kondensatoren

1	0,1 µF	1	1 µF/35 V (Tantal)
1	0,22 µF	1	100...470 µF/16 V

#### Halbleiter

1	Diode 1 N 4148	1	BC 237 o. ä.
1	Z-Diode ZPD...	1	BC 307B
1	Brückengleichrichter B40 C... (rund)	1	4011A (CMOS)

#### Sonstiges

1	Miniaturschiebeschalter 1x EIN/AUS
1	Lautsprecher oder dyn. Mikrofonkapsel 100...500 Ω
1	Batterie (9-V-Block)
1	Platine ELO 9/81
1	Metallröhren (s. Text)

Der Geräuscherzeuger kostet ca. 15 DM.

# Abisolieren von Kupferlackdraht und HF-Litze

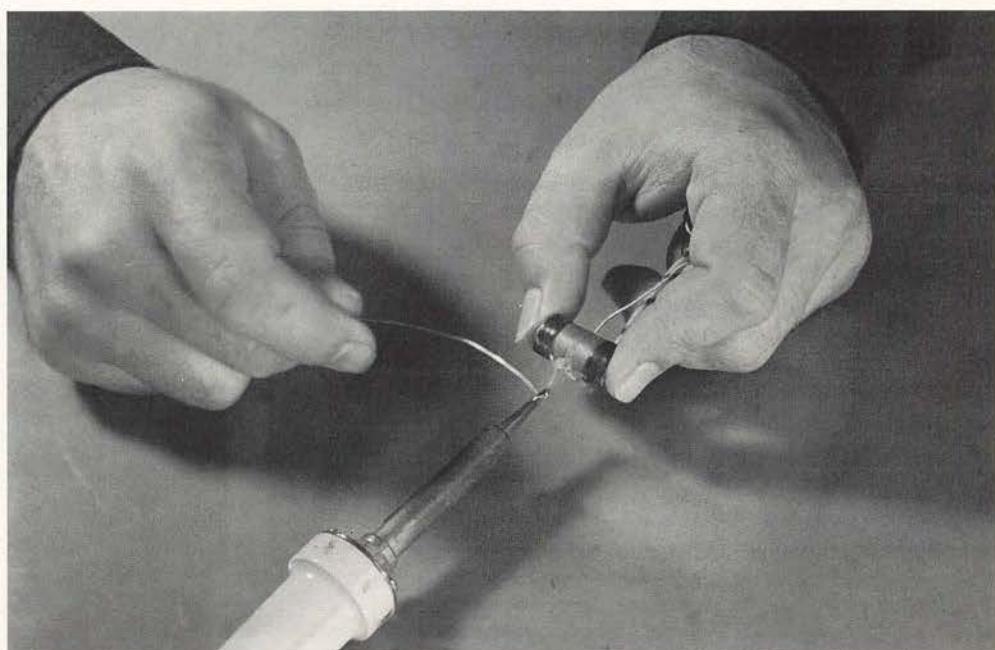
Zu den besonders unangenehmen Arbeiten des Hobby-Elektronikers gehört es, einen mit Lack isolierten Kupferdraht irgendwo anzulöten. Noch schlimmer ist das Verzinnen von HF-Litze, bei der vielleicht 20 oder noch mehr Adern ausnahmslos verzinn sein müssen.

Oft hört man dazu den Vorschlag, das zu verzinnende Ende in Spiritus zu tauchen und abzubrennen. Bei der HF-Litze hat man dann oft statt der gewünschten 5 mm ein 10 cm langes, verkohltes schwarzes Etwas in der Hand, das unbrauchbar zum Verzinnen ist. Dicker Kupferlackdraht erlaubt oft ein Abkratzen oder gar Abfeilen der Lackschicht, doch muß man dabei aufpassen, daß dem Draht dabei keine „Sollbruchstelle“ verpaßt wird.

Bei Kupferlackdrähten bis ca. 2,5 mm Ø sowie HF-Litze hat es sich als günstig erwiesen, die nicht vorbehandelten Drahtenden mit einem kräftigen, heißen Lötkolben zu behandeln. Dazu legt man den Lötkolben sicher auf den Arbeitstisch, hält das Drahtende auf die Lötspitze und führt langsam frisches Zinn nach. Zunächst wird der Draht das Lötzinn abstoßen. Doch nach kur-

zer Zeit (ständig frisches Zinn nachführen) ist der Draht oder die HF-Litze schlagartig und makellos verzinn. Was ist passiert? In der Hitze des Lötzinns verschmoren Lack und Umspinnung der HF-Litze, und lösen

sich unter Luftabschluß vom Draht. Der saubere Kupferdraht kann nun ungehört eine haltbare Verbindung mit dem Lötzinn eingehen. So einfach ist das. Ro



# 100 Jahre elektrische Straßenbahn



Am 12. Mai jährt sich zum 100. Male der Tag, an dem die erste elektrisch betriebene Straßenbahn der Welt in Berlin fuhr. Eine technisch wechselvolle und stets mit der Gesellschaft verbundene Ära soll hier nun kurz vorgestellt werden.

Begonnen hat es mit den Pferdebahnen. In England kennt man diese seit ungefähr 300 Jahren, wo sie vorwiegend im Bergbau eingesetzt wurden. Sie transportierten ursprünglich Steinkohlen von dem Förder schacht bis zur Verladestelle. Gegen Ende des 18. Jahrhunderts schließlich wurden Schienen aus Gußeisen hergestellt und auf Steinblöcken befestigt. Diesen Fortschritt verdankte man einem Bergbauingenieur namens Outram, nach dem derart konstruierte Bahnen „Outram-roads“ oder „-ways“ hießen, woraus durch Abkürzung die noch jetzt in England übliche und in die meisten europäischen Sprachen übergegangene Bezeichnung „tram-way“ entstanden ist. Im Jahre 1819 wurden in Paris erstmals Pferdeomnibusse zur öffentlichen Personenbeförderung eingesetzt. Aus den Pferde omnibussen entstanden im Laufe der Zeit dann Pferdeisenbahnen. Diese machte

1832 in New York ihre Jungfern fahrt. 1865 wurden in Berlin und 1866 in Hamburg die ersten Pferdebahnen eröffnet. Die Wagen waren zweistöckig, boten Platz für 56 Personen und brauchten wegen geringer Rollwi derstände doch nur zwei Pferde.

Die meisten privaten Unternehmer sahen sich jedoch aufgrund von Nachteilen, wie keine größere Steigungsbewältigung, deshalb nach anderen Antriebsarten um. 1877 wurde in Kassel die erste deutsche Dampf Straßenbahn eröffnet, der bald viele inner städtische Linien folgten. Der Dampfbetrieb befriedigte jedoch in den Städten wegen der Rauch-, Abdampf- und Lärmbelästigung auf die Dauer nicht.

Doch man wollte eine Bahn ohne Dampf und ohne Pferde. Es sollte ein neuartiges Fahrzeug sein, das sich mit Hilfe von Strom und Elektromotor fortbewegte. Mit der Entdeckung des dynamoelektri

schen Prinzips (1866) und dessen praktischer Umsetzung in der Dynamomaschine als Stromlieferant für Elektromotoren hatte Werner von Siemens die Voraussetzungen dafür geschaffen. Am 31. Mai 1879 begann dann das eigentliche Elektro-Zeitalter im Bahnverkehr: Auf dem Gelände der Berliner Gewerbeausstellung setzte sich zum ersten Mal ein Schienenfahrzeug mit Hilfe von Strom und Elektromotor in Bewegung (siehe auch ELO 10/1979).

## Die Geburtsstunde der elektrischen Straßenbahn

Nach dem erfolgreichen Vorführen der ersten E-Lok überhaupt plante Werner Siemens eine Hochbahn mit elektrischem Triebwagenbetrieb. Man suchte nur noch nach einer Möglichkeit zum praktischen Erproben des Hochbahnsystems (eine „auf dem Boden fahrende Hochbahn“). Siemens fand sie in Lichterfelde auf einer vom Bahnhof Groß-Lichterfelde-Ost der Anhalter Bahn zur Haupt-Kadettenanstalt führenden eingleisigen 2,45 km langen, meterspurigen Bahnstrecke.

## Historie

Am 12. Mai 1881, dem Tag der Jungfern-fahrt der elektrischen Straßenbahn, konnte Werner Siemens an den ihm befreundeten Physiker Professor Gustav Wiedemann

(1826 bis 1899) folgendes berichten: „Heute ist endlich die kleine elektrische Bahn in Lichterfelde offiziell probiert und abgenommen. Die einzige Schwierigkeit war und ist

noch, die Geschwindigkeit der Wagen dem Reglement entsprechend zu mäßigen. Man wollte nur 20 km per Stunde gestatten, und der Wagen lief bei voller Belastung von 20 Personen und bergen noch mit 30 bis 40 km! Ich denke aber, man wird sich an die größere Geschwindigkeit gewöhnen!“ Ab dem 16. Mai wurde öffentlich nach einem Fahrplan mit 12 Fahrten in beiden Richtungen regelmäßig gefahren.

Ausgestattet war die erste elektrische Tram mit einem zweiachsigen Triebwagen; er hatte Sitzplätze für 12 Personen und konnte insgesamt etwa 25 Fahrgäste aufnehmen (**Bild 1**). Der Antriebsmotor, ein zweipoliger Siemens-Reihenschlußmotor vom Typ D, leistete 3,8 kW bei der behördlich zugelassenen Geschwindigkeit von 15 km/h und etwa 140 V Spannung. Für die Stromerzeugung hatte man in einem nahegelegenen Wasserpumpwerk eine 10-kW-Dynamomaschine aufgestellt, die von einer Kolben-dampfmaschine angetrieben wurde.

Fast 49 Jahre wurde der Betrieb dieser ersten elektrischen Straßenbahnenlinie der Welt durchgeführt, bis sie am 15. Februar 1930 neuen Verkehrsregelungen Platz machte. Die der ersten Bahn folgenden elektrischen Trams von Siemens waren von vornherein als Straßenbahnen geplant und hatten deshalb eine Oberleitung als Stromzuführung. Bereits 1881 baute Siemens u. Halske für die Ausstellungsbahn der Internationalen Elektrizitäts-Ausstellung in Paris eine doppelpolige Oberleitung aus geschlitzten Messingrohren. Die darin gleitenden Kontakt-schiffchen wurden vom Wagen durch Zugseile nachgeschleppt und waren mit ihm durch Kabel elektrisch verbunden.

Aufgrund des technischen und auch finanziellen Erfolges der Lichterfelder Bahn, entschlossen sich einige Gemeinden zur Einführung ebensolcher Verkehrsmittel. So entstanden in der ersten Hälfte der 80er Jahre u. a. die Linien Charlottenburg-Spandauer Bock mit Oberleitungen und Kontaktwagen sowie die Strecken Mödling-Hinterbrühl bei Wien und Frankfurt-Offenbach, die Oberleitungen aus geschlitzten Rohren hatten, in denen ein kleines Kontakt-schiffchen entlangglitt.

Diese Bahnen verliefen meist außerhalb der Stadtkerne, verbanden benachbarte Orte und lagen infolgedessen mehr oder weniger auf freiem Gelände. In den Straßen selbst wollten die Stadtväter vorerst keine Oberleitungen haben, weil sie dadurch eine Verschandelung des Straßenbildes befürchteten und die Masten den Verkehr behinderten oder gar Teile der Leitung herabfallen könnten.

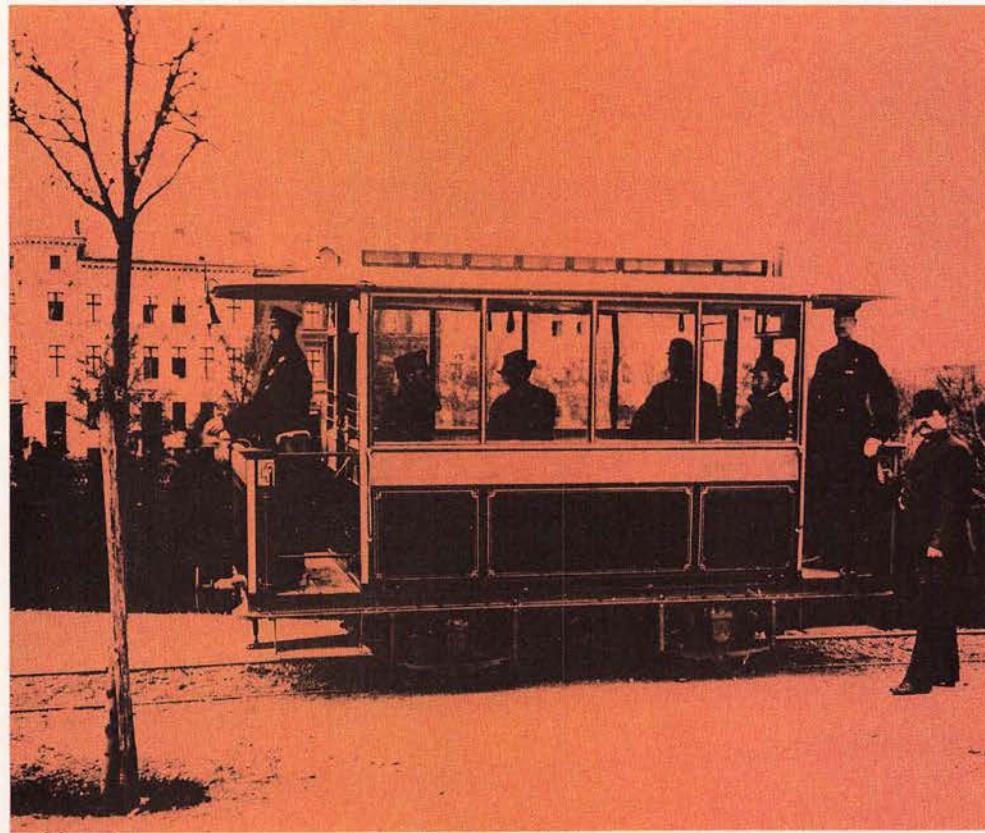


Bild 1: Erste elektrische Straßenbahn in Berlin-Lichterfelde im Jahre 1881.

(Foto: Siemens)



Bild 2: In den 20er Jahren fuhr diese Straßenbahn in Karlsruhe.

## Kurze Zeit für batteriebetriebene Straßenbahnen

Mit Akkumulatoren als Stromquelle schien es zunächst möglich zu sein, ohne Oberleitung auszukommen. So wurden 1883 durch Reckenzaun erste Versuche mit Akkumulator-Straßenbahnen durchgeführt, die ab 1885 in Berlin im öffentlichen Verkehr fortgesetzt wurden. Andere Städte schlossen sich dem Berliner Beispiel an und führten ebenfalls derartige Bahnen ein. Die Ergebnisse aber waren fast überall unbefriedigend, denn die Fahrstrecke war gering und an den Endstationen entstanden infolge der bei jedem Halt notwendigen Aufladung längere Wartezeiten.

## Amerikas Vorstoß im Straßenbahnwesen

In Deutschland kam die Weiterentwicklung zum Stillstand. Der entscheidende Fortschritt auf dem Gebiet der elektrischen Straßenbahnen aber kam vom Amerikaner Julian Sprague. Er verbesserte verschiedene Möglichkeiten der Stromzuführung, bis er seine geniale Lösung hatte: eine Stange mit einem Rad, das an der Unterseite der einglei- ligen Oberleitung entlangrollte. Den zweiten Pol bildeten dabei die Schienen. Spragues Verdienst ist unbestritten, mit Rollenstromabnehmer und Tatzlagermotor (wird erstmal auf die Wagenachsen gesetzt und über Zahnräder angekuppelt) nahezu auf Anhieb praktikable Lösungen eingeführt zu haben.

Von nun an ging es mit wahrhaft atemberaubender Geschwindigkeit voran. 1890 besaß Boston mit 385 km bereits das längste Straßenbahnnetz der Welt. Berlin brachte es zu dieser Zeit mit 179 km nur auf knapp die Hälfte, Budapest hatte 55 km und London überhaupt noch keine Straßenbahn.

Mit der elektrischen Straßenbahn, die, von wenigen Ausnahmen abgesehen, bis in die heutige Zeit Gleichstrom in Höhe von etwa 500 V bis 700 V verwendet, war das Problem des innerstädtischen Verkehrs in vielen Fällen auf Jahrzehnte hinaus gelöst. Die Fahrgäste wußten die Annehmlichkeiten des neuen Gefährtes wohl zu schätzen.

## Straßenbahnbeginn in Deutschland

1889 erwarb in Deutschland die Allgemeine Elektricitäts-Gesellschaft (AEG) Lizizenzen auf die amerikanischen Patente. Damit begann die große Wende der Tram auch bei uns.

So wurde das amerikanische System erstmals 1890 bei der Bahn der Nordwestdeut-

schen Industrie- und Gewerbeausstellung in Bremen angewendet. Doch damit nicht genug. In Halle (Saale) elektrifizierte die AEG die dortige „Stadt bahn“, eine städtische Pferdebahn. Den elektrischen Betrieb mußte die AEG selbst übernehmen; er begann 1891 mit 25 zweimotorigen Triebwagen.

Die kleine Stadt Gera war die zweite, die sich 1892 eine Elektrische zulegte, im gleichen Jahr folgte noch Bremen und 1893 eröffnete Siemens in Hannover und Dresden elektrische Trams. Siemens führte dabei gleich eine Neuerung ein, den „Lyrabügel“, den Bügelstromabnehmer. Bis zur Jahrhundertwende erhielten alle großen deutschen Städte elektrische Straßenbahnen. Ende 1897 bestanden in Deutschland 1356 Gleiskilometer mit 2255 Motorwagen.

## Entwicklungen in der E-Motortechnik und Steuerungstechnik

Die elektrische Ausrüstung erfolgte bei allen Firmen nach den gleichen Prinzipien. Die eisengeschlossenen Fahrmotoren mit einfacher Zahnradübersetzung waren als Tatzlagermotoren federnd im Untergestell aufgehängt. Die Fahrschalter in Walzenform hatten elektromagnetische Funkenlöschung an der Hauptwalze und waren stehend an beiden Frontwänden angeordnet. Sie wurden auf dem jeweiligen fahrenden Ende durch eine separate Fahrtrichtungs-Bremswalze eingeschaltet. Die Anfahrt geschah über Reihen-Parallel-Schaltung mit je einer Feldschwächstufe. Die Umschaltung Reihe-Parallel konnte ohne Leistungsunterbrechung vorgenommen werden.

Um das Jahr 1900 wurden von AEG und Siemens vierpolige Motoren eingeführt und

die Leistung auf 16...18 kW gesteigert. Ab 1905 wurden die Motoren durch Wendepole vervollkommen. Damit war ein weiterer bedeutender Schritt zum Verbessern der Kommutierung von Motoren im ausgesetzten Betrieb getan, wie ihn der Bahnbetrieb darstellt. Insbesondere stand nun der Einführung der elektrischen, selbsterregten Widerstandsbremse (Kurzschlußbremse), bei der die Motoren als Generatoren arbeiten, als Betriebsbremse nichts entgegen.

Die Tram-Steuerung erfolgte nach 1900 mit der Sprague-Methode: Hierbei hatte man einen normalen Straßenbahn-Walzen-Fahrschalter mit einem Steuermotor versehen, der über ein Relais eingeschaltet wurde, bis der durch das Abschalten der Vorwiderstände ansteigende Strom einen vorgegebenen Wert erreicht und das Relais abgeschaltet hatte. Der Fahrschalter blieb auf der erreichten Stufe stehen. Wenn mit zunehmender Geschwindigkeit der Strom unter den vorgegebenen Wert gesunken war, wurde eine Stufe weitergeschaltet. Zwei Feldwicklungen des Steuermotors erlaubten Auf- und Abschalten. Die Fahrtrichtungswender wurden durch Magnete umgeschaltet. Diese Anordnung existierte bis nach dem Zweiten Weltkrieg grundsätzlich bei den Bahnen.

In den 50er Jahren wurden die bisher üblichen Gleichstrommotoren (Tatzlagermotoren) gegen mechanisch und elektrisch verbesserte nach und nach ausgetauscht. Das gleiche geschah mit der Schaltausrüstung. Hier wurden neben dem Einheitsfahrschalter EF 43 die verschiedensten Bauformen von Nockenfahrschaltern eingesetzt. Die Verbindung zu den Kurbeln stellten Kardanwellen und Winkelgetriebe her. BBC baute einen Feinstufenschalter, der

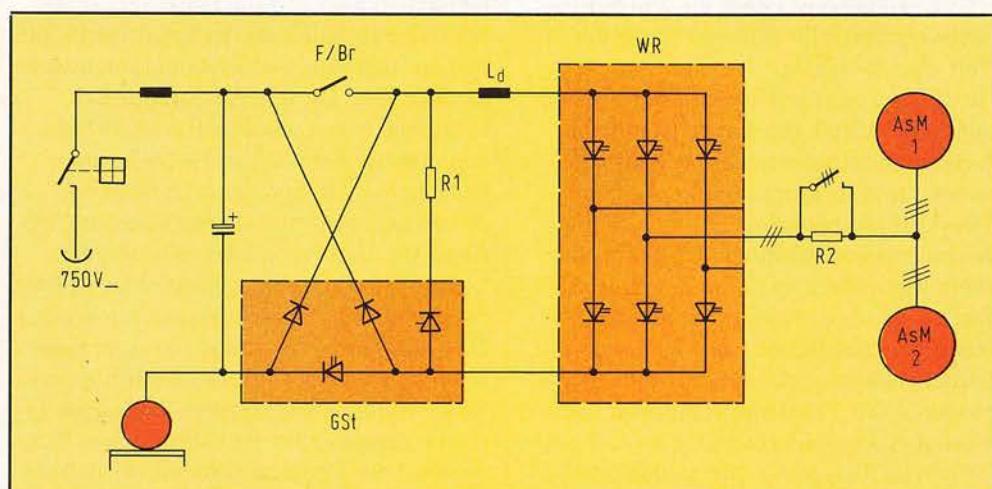


Bild 3: Prinzipschaltung eines Triebwagens mit Drehstromantrieb der U-Bahn Wien. AsM1+2 = Asynchron-Fahrmotoren, WR = Wechselrichter, L<sub>d</sub> = Zwischenkreisglättungsdrossel, GST = Gleichstromsteller, R1 = Bremswiderstand, R2 = Bremsvorwiderstand, F/Br = Fahr/Brems-Umschalt-Schütz. (Nach Unterlagen der Siemens AG.)

mit  $2 \times 114$  Fahrstufen und 114 Bremsstufen auch bei großer Anfahrsbeschleunigung und Bremsverzögerung ein stoßfreies Schalten erlaubt. Das Gerät stellt eine Kombination von Schalter und Widerstand dar. Kleine Widerstandsteile verbinden eine Vielzahl von Lamellen, von denen der Strom über eine Kontaktrolle abgenommen, und so der Widerstand in sehr kleine Stufen geschaltet wird.

Daneben wurden Steuerungen mit Schützen geliefert, die je nach Firma elektropneumatisch oder elektro-magnetisch betätigt wurden. Aus den etwa 16-kW-Motorleistung um das Jahr 1900 wurden gegen 1960 schon 150-kW-Motorleistung je Drehgestell bei den Gelenkwagen.

### Drehstromstraßenbahnen, U-, S- und Sonderbahnen

Einige wesentliche Ereignisse seien hierbei erwähnt: 1895 baute die Firma Brown Boveri & Cie die erste mit Drehstrom betriebene Straßenbahn der Welt für Lugano. Basiert auf den von Ferrari 1893 erfundenen brauchbaren Dreiphasen-Synchronmotor erzielte man mit der Drehstrom-Tram auch eine wesentliche Verminderung der Bau- und Betriebskosten.

Die Ausdehnung der Straßenbahn erreichte etwa Mitte der 20er Jahre den Höhepunkt (**Bild 2**), dann gingen ihre Netze vor allen Dingen in Amerika und England immer mehr zurück. Die Städte mittlerer Größe aber sehen in ihr noch immer ein wichtiges Glied unter den Beförderungsmitteln.

Mittlerweile gab es auch Unterpfasterbahnen, die „Straßenbahnen unter der Erde“ sozusagen darstellen. 1896 wurde schon in Budapest die erste elektrische Untergrundbahn des Kontinents in Betrieb gestellt und 1902 verkehrten erste Züge auch in Berlin. Heute verfügen alle größeren Städte der Welt über U-Bahnen.

Für die hochwertige Unterpfaster-Straßenbahn begann sich der Begriff Stadtbahn (S-Bahn) durchzusetzen. Eine Stadtbahn versteht sich als Kompromiß zwischen U-Bahn und Straßenbahn.

Beispielsweise verkehren im S-Bahn-Netz Rhein-Main allein im Raum Frankfurt z. Zt. über 75 der bis zu 120 km/h schnellen Triebzüge. Inzwischen baute man sogenannte Stadtbahnen in Essen, Stuttgart, Bremen, Köln, Frankfurt, Hannover, Ludwigshafen, Düsseldorf und vielen anderen Städten im Ruhrgebiet. Die Stadtbahn erlaubt in der Regel einen Mischbetrieb mit dem vorhandenen Straßenbahnsystem und wertet dieses dadurch auf.

In den Bereich der Sonder-Straßenbahn ist

auch die konstruktiv einmalige, 80 Jahre alte Wuppertaler Schwebebahn des Ingenieurs Eugen Langen einzureihen. Sie läuft nicht mehr auf zwei Schienen, sondern benutzt nur noch eine, an der sie hängt.

### Aufbau und Weiterentwicklung nach 1945

Durch zwei Weltkriege und wirtschaftliche Notzeiten war die Entwicklung zum elektrischen Straßenbahnverkehr immer wieder ins Stocken geraten. So konnten in den ersten Jahren nach 1945 die Schäden nur notdürftig beseitigt werden.

Ein richtungsweisender Großraumwagen-Prototyp wurde 1951 von der Düsseldorfer Waggonfabrik geliefert. Statt der bisher üblichen Schiebetüren waren geteilte Falttüren eingebaut. Nach 1955 kam die Zeit des Gelenkwagens. Dabei sind zwei gleichgroße Wagenteile durch ein Gelenk miteinander verbunden.

### Ab 1961: Elektronik in der Straßenbahn

Vor etwa 20 Jahren konzentrierte man sich – aufgrund durchgereifter Halbleiterbauelemente – zunächst vorrangig auf eine gewisse Automatisierung der Fahr- und Bremssteuerung. 1960 und 1961 erschienen bei den Straßenbahnen München und Nürnberg die ersten Triebwagen, deren starkstromseitige Schaltausrüstungen durch elektronische Fahr-Brems-Regler betätigt werden. Parallel zu den elektronischen Steuerungen begann auch die Leistungselektronik für Gleichstromtriebwagen des Nahverkehrs interessant zu werden; es waren dies elektronische Gleichstromstellersteuerungen. Bei dieser Art übernimmt ein elektronisches Gerät die Funktion der bisher üblichen Schütze oder Schaltwerke, die Anfahr- und Bremswiderstände stufenweise verändern. Die energiesparende Leistungselektronik wurde seit etwa 1975 so weiterentwickelt, daß an die Stelle des Gleichstromfahrmotors ein Drehstrom-Asynchronmotor mit vorgeschaltetem Thyristor-Wechselrichter eingesetzt werden konnte (**Bild 3**). Der Wechselrichter arbeitet nach dem Prinzip der Phasenfolgelösung. Die Umrichter – bestehend aus einer Kombination aus Gleichstromsteller (Chopper) und Wechselrichter – liefern Drehstrom variabler Frequenz für die Fahrmotoren. Das Konzept des Umrichters garantiert, daß die Rückwirkungen des Umrichters auf die 750-V-Stromversorgung (U-Bahn in Wien) nur mit der konstanten Frequenz des Gleichstromstellers erfolgt. Die variable

Frequenz des Wechselrichters ist durch eine relativ große Drossel im Gleichstromzweckkreis stark gedämpft. Diese Drossel ist zwischen Gleichstromsteller und Wechselrichter geschaltet.

Wie bei den Fernbahnen ist hierbei neben einem ruckfreien Anfahren und Bremsen weitgehender Fortfall routinemäßiger Wartungsarbeiten gegenüber konventionellen Fahrzeugen, geringeres Gewicht und kürzerer Achsstand der Drehgestelle möglich gemacht worden. Die Nutzbremse wandelt die kinetische Energie der bremsenden Fahrzeuge in elektrische Energie um, die anderen Straßenbahnen (U- und S-Bahn) zur Verfügung steht. Seit Anfang 1979 sind über 50 Nahverkehrstriebwagen mit Drehstromtriebwerken im Bau, überwiegend U-Bahn-Fahrzeuge für Nürnberg, Berlin und München.

Neuerdings dringen auch Mikroprozessoren in die Straßenbahn-Technik ein. Sie werden die Arbeit für das Fahr- und für das Werkstattpersonal noch attraktiver und effektiver gestalten.

100 Jahre elektrische Straßenbahn ist nicht nur ein Stück Technikgeschichte. Mit ihr verbinden sich auch gesellschaftliche und städtebauliche Veränderungen. Mit der Entwicklung der Straßenbahn veränderte sich auch das Stadtbild. Jede wichtige Straße wurde von einer Linie durchfahren. Viele Straßenbahnen sind verschwunden. Der Krieg und die Neubauzeit haben Straßen und Plätze verändert. Neue, mit Elektronik ausgerüstete Trambahnen führen jedoch zu einer Renaissance der Straßenbahn.

Dipl.-Ing. (FH) Bernhard Wagner

### Literatur (Auswahl):

- Bernhard Wagner: „100 Jahre elektrische Bahnen“, ELO 1979, Heft 10, Seiten 54–60  
Kurt Sattelberg: „Vom Elektron zur Elektronik“, Elitaverlag, Berlin, 1971, Seiten 238–258  
100 Jahre elektrische Eisenbahn, Josef Keller Verlag, 1979, Seiten 118–142  
Günter Schlachte, Hundert Jahre elektrische Straßenbahn in Berlin, ETZ Bd. 101 (1980), Heft 1, Seiten 17–21  
Siemens-Zeitschrift, Bd. 21, März/April 1941, Heft 2, Seiten 95 und 96  
Siemens-Zeitschrift, Februar 1956, Heft 2, Seite 106  
ETZ, August 1881, Die elektrische Eisenbahn zu Groß-Lichterfelde, Seiten 292–297 mit Tafeln  
Wolfgang Zedlitz, Die Bahn ohne Dampf und Pferde, Bild der Wissenschaft 4 – 1979, Seiten 166–168  
Karl-Ernst Maedel, „Giganten der Schiene“, Franckh'sche Verlagshandlung, Stuttgart, 1963  
Georg Siemens, Geschichte des Hauses Siemens, Erster Band, Karl Alber Verlag München, 1947  
Archiv für Post und Telegraphie, Jahrgang 1881, Seiten 312 und 313  
Frischmuth, E., 50 Jahre elektrische Bahnen, Siemens-Zeitschrift 1929, Seiten 263–287  
Bernhard Wagner, Geburt der „Elektrischen“, Badische Neueste Nachrichten, 32. Jg.-Nr. 21 – 2. Juni 1979, Reportage  
In die weite Welt hinein..., Siemens Mitteilungen, 6/79, Seiten 6–8

# Nachleuchte

## Automatischer Zeitschalter mit Dimmer für die Auto-Innenbeleuchtung

Natürlich ist es in der Garage stockduster. Gerade in Unterflurgaragen wird immer mit dem Licht gespart. Die Kosten müssen ja alle Mieter tragen. Kurz, Sie steigen in Ihr Auto ein, schließen die Fahrertür – und es wird ganz dunkel. Also, Tür

wieder auf, Zündschlüsselloch gesucht, gefunden. Schlüssel hinein, Motor starten, Tür zu. Das war unserem Einsender zuviel, und er schickte uns die Abhilfe: einen Zeitschalter mit Dimmer für die Auto-Innenbeleuchtung.

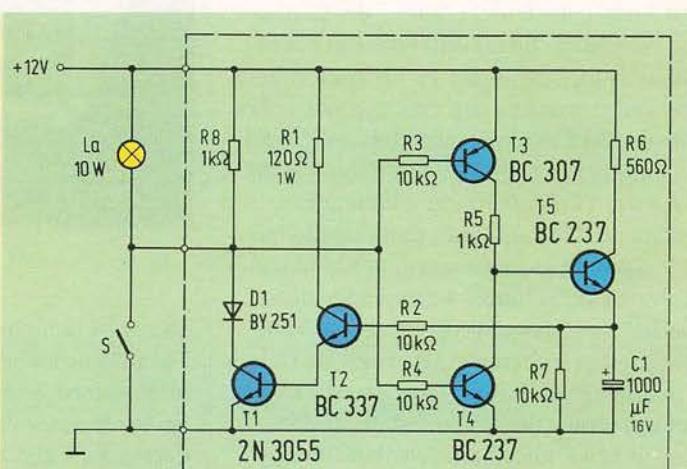
### Das Pflichtenheft

Sie wissen nicht, was ein Pflichtenheft ist? Darin legt der Besteller fest, welche Eigenschaften und Toleranzen ein noch zu entwickelndes Gerät haben muß. Hier also die für den Dimmer:

- Die Lampe soll nach dem Schließen der Fahrertür noch eine begrenzte Zeit lang weiterleuchten.
- Danach soll sie langsam verdunkeln.
- Im Ruhebetrieb soll kein oder nur ein sehr kleiner Strom fließen.

So, das wäre es. Und danach wurde auch die folgende Schaltung entwickelt.

Bild 1: Die Funktionen dieser Schaltung sind im Text sehr ausführlich beschrieben.



### Viel Anspruch – viel Aufwand

Wenigstens relativ viel Aufwand, wobei die fünf Transistoren in Bild 1 sowie die paar weiteren passiven Bauteile weniger als 10 DM kosten. Aber nur so waren die Pflichtenheftbedingungen zu erfüllen.

Betrachten wir die Schaltung einmal statisch. Der Türkontakt S, ein Ruhekontakt, ist offen. Über die Lampe L liegen 12 V am Dimmereingang, und damit über R3 an der Basis des PNP-Transistors T3, der dadurch eisern gesperrt wird – sowie über R4 an T4, dessen Emitter-Basis-Strecke geöffnet wird, so daß ein Ruhestrom von etwa 1,2 mA

fließt. Damit dies auch dann der Fall ist, wenn die Lampe einmal durchbrennen sollte, liegt parallel zur Lampe der Widerstand R8. Sonst aber tut sich nichts, der Kollektor von T4 kriegt vom Kollektor von T3 keinen Strom. Das merkt ebenfalls T5, dem auch der Basisstrom fehlt, so daß er ebenfalls nicht leiten kann. C1 ist über R7 entladen – ein Zustand, der T2 und über ihn T1 sperrt. Rien ne va plus (nichts geht mehr).

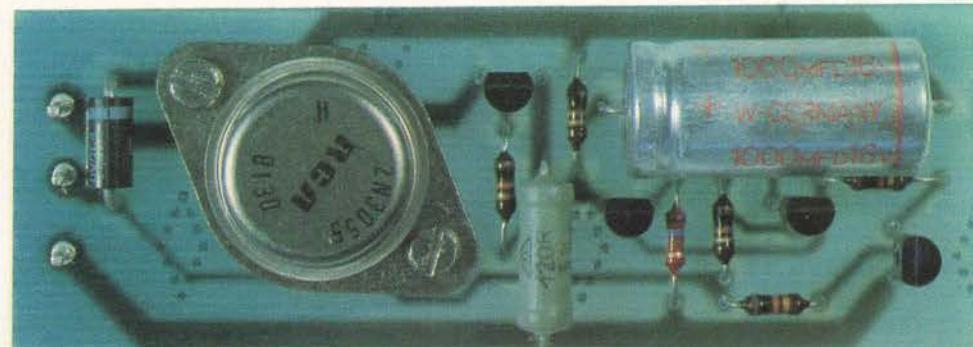


Bild 2: Hier im Foto sehen Sie, wie bestückt werden muß. Aber aufgepaßt, der Widerstand R8 ist hier noch nicht vorhanden. Wenn Sie Seite 60 aufschlagen, sehen Sie aber im Bestückungsplan, wo er hingehört.

Wenn jetzt der Schalter geschlossen wird, denken Sie bestimmt zu kompliziert. Es ist viel einfacher – der Türkontakt S überbrückt nämlich den Dimmer, und die Lampe leuchtet sofort auf. Die Schaltung braucht sich deshalb gar nicht zu beeilen, C1 aufzuladen. Das geht so vor sich: Die Masse am Dimmereingang öffnet T3, sperrt T4, und T3 öffnet T5. Der Ladestrom von C1 wird mit R6 begrenzt. Daß während des

Aufladens T2 Strom zu ziehen beginnt – mit R1 auf maximal etwa 0,1 A begrenzt, stört nicht weiter, T1 ist immer noch von S überbrückt.

### Der große Moment: die Tür wird geschlossen

Damit beginnt die eigentliche Wirkung des Dimmers. Die Ladung von C1 hält jetzt etwa

10 s lang T2 und über ihn T1 voll geöffnet. Wegen der Verlustwärmeverteilung auf T1 und D1 – ihretwegen entfällt der sonst übliche Kühlkörper – leuchtet die Innenleuchte, jetzt um etwa 1,2 V dunkler. Sie können sich also in aller Ruhe gurten und starten, ehe dann, bei der weiteren Entladung von C1, innerhalb der nächsten etwa 5 s das Licht verdimmt. Übrig bleibt nur der Reststrom von etwa 1,2 mA.

### Wie und wohin baut man den Dimmer?

Erst einmal das Wie: es braucht nach **Bild 2** wohl nicht mehr erläutert zu werden. Die Leiterbahnvorlagen finden Sie wie immer auf unserer Platinenseite. Kühlung brauchen die kräftig überdimensionierten 2 N 3055 und BY 251 nicht, aber man sollte den Aufbau auch nicht, wie es der Einsender vorschlägt, direkt unter das Dach montieren. Dort wird es bis zu über 80 °C heiß, und selbst wenn es die Transistoren vertragen, der Elko trocknet aus. Meistens findet sich hinter der Fußraumverkleidung in der Nähe des Türkontakts ein schattigeres Plätzchen. Nur muß halt dann noch eine 12-V-Leitung gezogen werden. Eine kleine Warnung am Schluß: Verstauen Sie den Baustein nur dann, wenn er bestens nach allen Seiten isoliert ist. Alle blanken Teile von ihm führen Strom. Trotz gewisser Bedenken wegen des Wäremestaus dürfte hierfür Schaumstoff am zweckmäßigsten sein. Sonst haben Sie ein Klappern mehr im Auto.

Winfried Knobloch

Peter Romann

### Stückliste

Widerstände 0,25 W, wenn nicht anders angegeben:

- 1 120 Ω/1 W
- 1 560 Ω
- 2 1 kΩ
- 4 10 kΩ

#### Elko

1000 µF/16 V

#### Halbleiter

- 1 Diode BY251
- 2 Transistoren BC237
- 1 Transistor BC307
- 1 Transistor BC337
- 1 Transistor 2N3055

1 Platine ELO 7/82 (Film ist lieferbar)

Die Bauteile für den Kfz-Dimmer kosten ohne Platine ca. 10 DM.

# Theorie mit Praxis

Amateurfunk-Ausbildung von Christiani



Sicher ist es nicht übertrieben, wenn das Technische Lehrinstitut Dr.-Ing. P. Christiani, Konstanz, wie es voll ausgeschrieben heißt, als das wohl bekannteste in der Bundesrepublik gilt. Solch ein Ruf verpflichtet. Es ist deshalb auch kein Zufall, daß der Autor dieses Lehrgangs „Amateurfunk-Lizenz“ Heinz W. Prange ist, Amateurfunkern besser bekannt als DK 8 GH. Er hat es nicht nur verstanden, den Lehrstoff locker zu gliedern – man könnte fast sagen bunt durcheinanderzuwürfeln –, um durch die Freude am immer neuen Entdecken das Dabei-Lernen gar nicht erst fühlen zu lassen, sondern dem Lehrgang gleich einen, sogar recht guten, 2-m-Amateurfunkempfänger (FM + SSB) beizupacken (nicht obligatorisch). So kann sich jeder Kursteilnehmer in den Amateurfunk einhören, um das Gelernnte praktisch zu vertiefen. Daß es ein UKW-Empfänger ist, hat praktische Gründe, die meisten Lizenzanwärter werden wohl erst einmal die (auf UKW beschränkte) C-Lizenz machen (schöner wäre nach Meinung des Rezensenten ein KW-Empfänger – die Funkdisziplin ist auf den KW-Bändern doch erheblich besser).

Über die Faszination des Amateurfunks braucht hier ja wohl nichts mehr gesagt zu werden. Entweder man erliegt ihr oder man hat andere Hobbys. Fest steht jedoch, daß sie nicht nur auf Techniker ausstrahlt. Des-

halb ist der Lehrkurs auch so aufgebaut, daß selbst technisch völlig Unvorbereitete danach die Lizenzprüfung wagen können. Aber auch ausgebildete Techniker finden darin trotzdem so manches, was sie vergessen hatten oder noch nicht wußten. Zumindest haben sie Spaß an den zahlreich eingestreuten Cartoons in den vorzüglich bebilderten Lehrbriefen. Trotz eifriger Suchens konnte nur ein „Fehler“ gefunden werden: Die Weltzeitkarte im Brief 1, Seite 36, zeigt nicht ganz die wahren Verhältnisse. Nach dem Durcharbeiten lassen sich die Lehrbriefe auseinandernehmen und nach den Sachgebieten Technik, Betriebstechnik, Gesetzeskunde, Übungen, Fachwörter und Datei neu einordnen. Das entsprechende Register ist schon vorhanden, und der großzügige Ordner läßt noch Platz für das mitgelieferte Stationstagebuch, für Geräteschreibungen und ähnliches. Eine Audio-Cassette liegt bei. Natürlich kostet solch ein Lehrgang viel Aufwand und damit Geld. Es sind genau 448,- DM ohne den Empfänger, 520,- DM für Empfänger und Antenne. Das ist sicher angemessen, und auch nach dem Kurserfolg behält der Neulizenzierte eine ausführliche Amateurfunkbibliothek auf engstem Raum. Außerdem können die Lehrbriefe (8 Hefte zu je 56 DM) und der Empfänger (8 × 65 DM) auch in monatlichen Raten bezahlt werden.

DL 6 MP

Strom aus Wind. 8 % sollen es im Jahre 2000 sein. Gegenwärtig sind wir allerdings noch im Forschungsstadium: die Versuchs-Windmühle GROWIAN mit 3 MW geht in diesen Tagen in Betrieb.

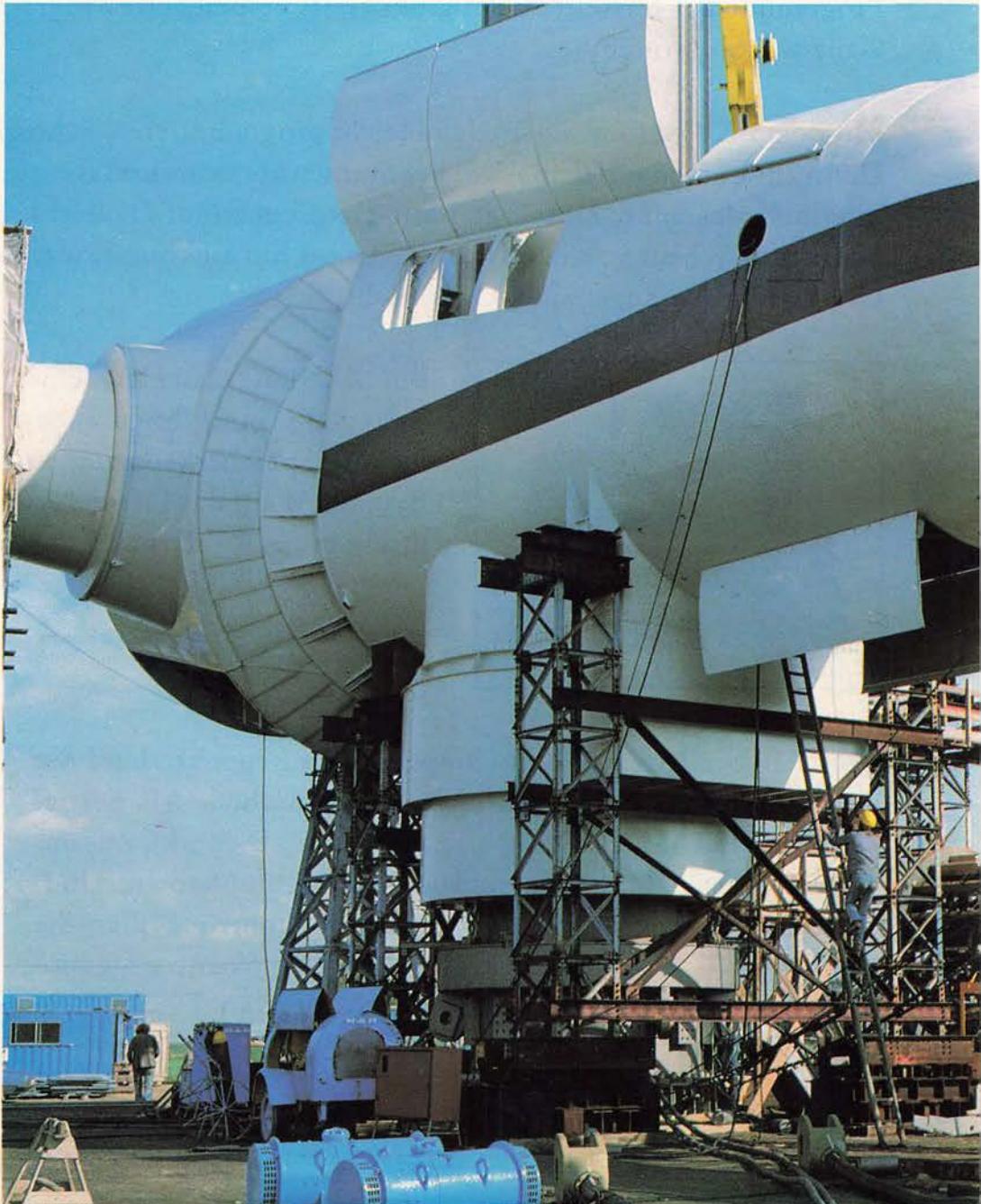
# Energiesorgen – vom Winde verweht?

Energie aus Wind ist für die Menschheit nichts Neues. So ist in Alexandria der Unterbau einer 3000 Jahre alten Windmühle heute noch zu sehen. Die Griechen kannten schon vor 2000 Jahren die Windenergie, und in der venezianischen Epoche Kretas soll es auf dieser Mittelmeerinsel rund 10 000 Windmühlen gegeben haben, die der dort ansässigen Bevölkerung zu großem Wohlstand verholfen haben.

In Deutschland gab es die sogenannte deutsche Bockwindmühle, bei der das ganze Haus auf einem Bock gedreht wurde, seit dem 15. Jahrhundert. Ein halbes Jahrtausend war dieser Typ dann der führende in ganz Europa. 1875 standen in Norddeutschland rd. 30 000 Windmühlen mit einer geschätzten Gesamtleistung von 300 000 kW bis 600 000 kW, die freilich wie alle ihre Vorgängerinnen keine elektrische Energie erzeugten, sondern mechanische zum Antrieb von Mahlwerken, Hammerwerken, Sägewerken, Wasserpumpen usw. lieferten. Mit der elektrischen Nutzung der Windenergie begann es Ende des vergangenen Jahrhunderts in Nordamerika. So gibt es dort noch heute 150 000 vielblättrige Windmühlen mit bis zu 15 kW Nennleistung, daneben etwa 1 Million dreiblättrige Windkraftanlagen mit etwa 200 W Leistung bei 1,5 m Rotordurchmesser, vornehmlich zur Stromversorgung von Wochenendhäusern.

## Wind ist wieder „in“

Gleichwohl war bis vor wenigen Jahren die Nutzung der Windenergie zur Stromerzeugung im industriellen Maßstab ein Stieftkind. Und das, obwohl uns die Natur an Windleistung mehr als 3500 Milliarden kW liefert, das sind Größenordnungen mehr als die gesamte Kraftwerksleistung auf unse-



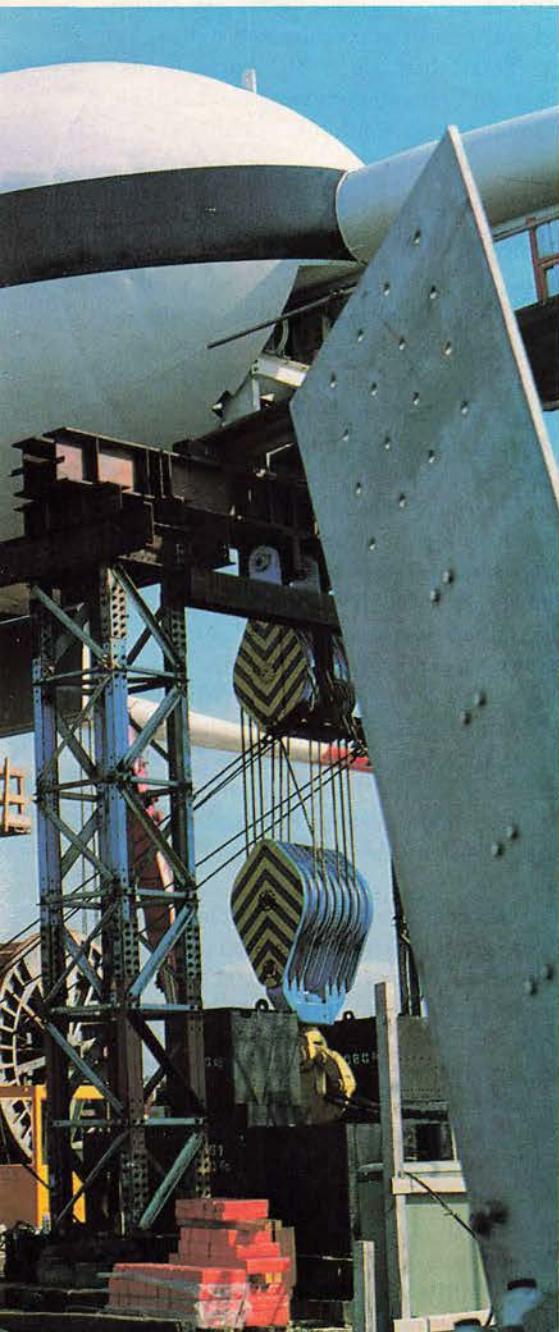
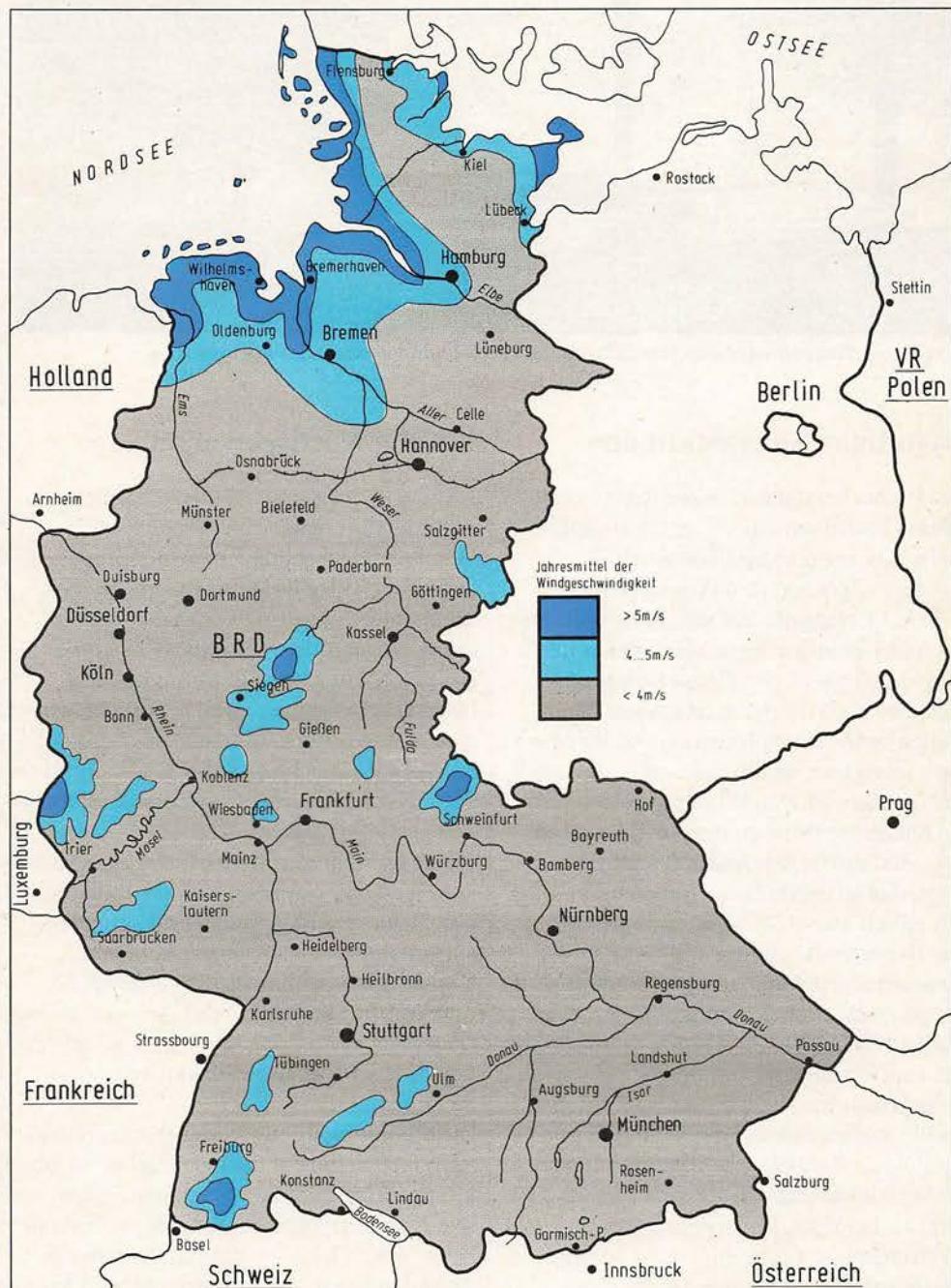
rem Globus. Oder anders ausgedrückt: Allein 3% dieses Energievorrates würden fast den zwanzigfachen Energiebedarf der gesamten Weltbevölkerung decken.

Leider läßt sich selbst unter der Vorstellung, mit einer Vielzahl von Windmühlen diesen kostenlosen Energievorrat anzuzapfen (was theoretisch durchaus möglich wäre), eine konstante Stromversorgung nicht garantieren. Wind weht eben nicht immer und auch nicht immer ausreichend stark. Daher ist der Verlauf der mittleren Windgeschwindigkeit während eines Jahres von größtem Einfluß auf die Nutzung der Windenergie. Attraktiv wird dies erst, wenn an möglichst vielen Tagen des Jahres mindestens 5 m/s erreicht werden. In Mitteleuro-

pa gibt es diesen Wert vornehmlich an Küsten, im Binnenland nur selten und dort fast ausschließlich in Gebirgsgegenden. Geringe Windgeschwindigkeiten am Boden schließen eine Nutzung der Windenergie nicht von vornherein aus. Nach Angaben von Bernd Stoy („Wunschernergie Sonne“, Energie-Verlag GmbH, Heidelberg) gilt, daß in 50 m mit der 1,35fachen und in 100 m Höhe mit der 1,5fachen Windgeschwindigkeit gegenüber einer Höhe von 10 m gerechnet werden kann. Da das Leistungsangebot mit der dritten Potenz der Windgeschwindigkeit wächst, lassen sich in 50 m Höhe die  $1,35^3 = 2,4$ fache und in 100 m Höhe die  $1,5^3 = 3,4$ fache Windenergielast nutzen.

Fallen Sie aber jetzt nicht in Euphorie, denn mit Wind allein lassen sich unsere Energieprobleme nicht lösen. Die schwankende Verfügbarkeit des Windes zwingt Erfinder und Ingenieure zu Kompromissen. So wird ein technisch sicher beherrschbares 10-MW-Windkraftwerk im Jahresmittel erheblich weniger laufen als eine 3-MW-Anlage, weil die im ersten Fall erforderlichen höheren Windgeschwindigkeiten weit weniger auftreten. Andererseits bleiben eben diese höheren Windgeschwindigkeiten bei dem 3-MW-Kraftwerk ungenutzt. Ebenso eignen sich Windkraftwerke nicht zur Abdeckung der Grundlast. Sie können nur Spitzenbedarfsaufgaben übernehmen, diese allerdings in hohem Maße.

#### Jahresmittel der Windgeschwindigkeit.





In wenigen Wochen wird das Maschinenhaus mit Seilwinden den Mast hochgezogen.

### „Windige“ Konstruktionen

Bei den horizontal drehbaren Rotoren (die wie ein Ventilator aussehen) überwiegt die Bauart der sogenannten Leeläufer, die sich mit dem „Gesicht“ vom Wind abwenden, d. h. bei Draufsicht auf den Rotor mit der dahinterliegenden Nabe bläst einem der Wind ins Gesicht. Sämtliche Konstruktionen (also auch die der ganz großen Windkraftanlagen) ermöglichen es, den Rotor je nach herrschender Windrichtung einzustellen, um stets hart am Wind zu bleiben und die Energie optimal zu nutzen. Bei großen Rotorblättern besteht außerdem das Problem, daß an den äußeren Enden unterschiedlich starke Windbelastungen auftreten; diese Kräfte stellen eine sehr starke Biegebeanspruchung an die Turmkopf-Aufhängung dar. Bei extrem großen Anlagen wie GROWIAN (s. u.) werden diese Momente durch ein zusätzliches Pendellager aufgefangen, das eine Nickbewegung des Rotors zuläßt. Zusammen mit der komplizierten Verstellmechanik für die Blattdrehung ergibt sich hierdurch ein aufwendiger Mechanismus, bei dem, im Gegensatz zu unserem elektronischen Fachgebiet, eine höhere Integration nicht zu erwarten ist.

### Wo die Nordseewellen...

Im Jahr 1979 begann bei uns in der Bundesrepublik die „neuzeitliche“ Nutzung der Windenergie, nachdem man allerorts die Suche nach regenerativen Energiequellen intensiviert hatte. Im Auftrag des Bonner Forschungsministeriums (BMFT) wurde das GKSS-Forschungszentrum in Geesthacht (bei Hamburg) damit beauftragt, vergleichende Untersuchungen an Windkraftanlagen der Leistungsklasse 10 kW durchzuführen. Man verfolgte mit diesem Vorhaben zweierlei Ziele:

Erstens sollten die oft nicht sehr finanzstarke Hersteller gefördert werden, indem sie eine Referenzanlage bauen und deren Leistungsfähigkeit nachweisen konnten.

Und zweitens sollten die Zuverlässigkeit und Wartungsfreiheit derartiger Anlagen im Dauerbetrieb untersucht werden, um die Erkenntnisse für spätere Projekte verwerten zu können.

Die Standortwahl für diesen ersten größeren Versuch fiel auf die Insel Pellworm, ein kleines Eiland vor der Westküste Schleswig-Holsteins; hier weht ständig eine steife Brise, die im Jahresmittel Windgeschwindigkeiten von 6...7,5 m/s erreicht. Im Ver-

gleich zu Hamburg liegt hier die Nutzungsduer um den Faktor zwei, im Vergleich zu Regensburg sogar um den Faktor zwanzig höher. Für eine Anlage mit einer Nennleistung von 10 kW bedeutet das, daß sie auf Pellworm im Jahresschnitt 5,8 kW liefert, und das ist im Vergleich zur Ausbeute bei der Sonnenenergie schon recht ordentlich.

Von den neun auf der Nordsee-Insel installierten Anlagen hat nur eine unbeschadet den zweijährigen Dauerversuch überstanden; ihre Kameraden haben entweder die Flügel hängen lassen, oder sie drehen nur noch müde ihren Propeller, ohne daß dabei nutzbare Elektro-Energie herauskommt. Diese Ausfälle sollte man nun nicht nur auf Qualitätsmängel zurückführen, sondern sie eher als Zeichen dafür werten, daß die Materialbeanspruchung bei derartigen Anlagen ganz enorm ist. Zumaldest ist dies eine erste Erkenntnis, die in die Planung nachfolgender Generationen von Windkraftanlagen einbezogen werden konnte.

### Der sanfte Riese: GROWIAN

Hinter dieser für unseren Sprachgebrauch nicht alltäglichen Wortschöpfung verbirgt sich die Abkürzung für „Große Windenergieanlage“, die ihrem Namen alle Ehre macht. Seit 1977 in einer dreijährigen Planungsphase konzipiert, entsteht seit 1980 an der Nordseeküste diese größte Windenergieanlage der Welt. Zur Abwicklung dieses gigantischen Vorhabens wurde eigens eine GROWIAN-Bau- und Betriebs-GmbH gegründet, die von den Hamburger Electricitäts-Werken (HEW; 49%), der Schleswag (31%) und den Rheinisch-Westfälischen Elektrizitätswerken (RWE; 20%) getragen wird. Im Auftrag des Bundesforschungsministeriums (und unter Zwischenabschaltung der KFA Jülich) übernimmt diese Gesellschaft die gesamte Projektarbeit einschließlich eines dreijährigen Probebetriebs.

Und was da in der Marschlanschaft an der Elbmündung bisher entstanden ist, kann sich sehen lassen: Ein knapp 100 m hoher Stahlrohr-Turm von 3,5 m Durchmesser rankt sich da im Kaiser-Wilhelm-Koog in den Himmel; an seinem Fuß, über den Tragmasten gestülpt, wird das Maschinenhaus zusammengesetzt, an dessen Spitze der überdimensionale Rotor von mehr als 100 m Durchmesser (!) montiert ist. Diese Anlage soll, über das Jahr gemittelt, einen Energieertrag von 12 GWh (!) liefern, womit sich 250 Einfamilienhäuser einschließlich Heizung versorgen ließen. Das entspricht

sage und schreibe einer Einsparung von 3,5 Millionen Litern Heizöl in einem ölgefeuer-ten Kraftwerk!

Sie sollten sich die Dimensionen dieses Riesen einmal deutlich vor Augen führen, weil es sehr schwierig ist, sich anhand von Bildern eine Vorstellung davon zu machen: Die Blattspitze des Rotors erreicht fast die Höhe des Kölner Doms; und dieser „Propeller“ rotiert mit rund 18 Umdrehungen pro Minute munter vor sich hin, was – wenn es in Kürze so weit ist – sicherlich nur aus respektabler Entfernung zu ertragen ist (dann aber hoffentlich von einer gemütlichen Besucherterrasse aus). Das Maschinenhaus bietet mit seinem Lebendgewicht von gut 300 Tonnen (!) weit mehr Platz als eine moderne Neubauwohnung, in der sich der mannshohe 3-MW-Generator noch fast bescheiden ausnimmt.



**Horst Wohlers,**  
bei den HEW  
Leiter der Öffent-  
lichkeitsarbeit:  
„Eine Aussage  
über die Wirt-  
schaftlichkeit  
von GROWIAN  
können wir früh-  
estens nach ei-  
nem Probebe-  
trieb von drei  
Jahren machen.“

### Das Haar in der Suppe

Das führt zur Überlegung der Betriebssi-cherheit, damit sich so ein Rotorblatt nicht selbstständig macht und im Tiefflug Bäume und Häuser abmählt. Dazu Horst Wohlers: „Das kann schon deshalb nicht passieren,

weil im Notfall der Verstellmechanismus für die Flügel ausgeklinkt wird, wenn man die mechanische Hilfsbremse nicht mehr nehmen kann.“ Die Blätter gehen dann durch den Wind allein in die sogenannte „Fahnenstellung“, d. h. der Rotor schaltet gewissermaßen auf Durchzug und bleibt auch bei heftigstem Sturm ungerührt ste-hen. Aber es gibt (wenn man will) noch mehr zu mäkeln an dieser sonst so makello-sen Energieform: Nehmen Sie doch mal ver-suchsweise einen 50 m langen Stab und lassen Sie den 18mal in der Minute krei-sen. „Das pfeift ganz schön an den Blattspitzen“, gesteht man bei der GROWIAN-GmbH auch freimütig ein. Und Umweltschützer tun gut daran, sich auf ein neues Ziel einzu-schießen, das sich in Form von Riesenroto-ren durch unsere (Küsten-)Landschaft zieht.

## Javaanse Jongens. Mehr muß der Spaß nicht kosten

Als Milder 4,10 DM. Als Halfzwaren 4,30 DM. Als Sterke Shag 4,10 DM. Für ca. 50 frische Drehs aus Holland

The advertisement features a black and white photograph of two young men with curly hair, dressed in casual 1970s-style clothing (white t-shirt and dark vest/jacket), sitting on a bench outdoors. They are both smoking cigarettes. The background shows some foliage and what might be a playground or park area. In the bottom right corner, there is a close-up image of a pack of "JAVAANSE JONGENS MILD" cigarettes. The pack is dark with a illustration of two men in traditional headgear. The text on the pack includes "TIN NIEVELD" at the top, "JAVAANSE JONGENS" in large letters, "MILD" below it, and "CIGARETTENTABAK" at the bottom.

### Aus Wind wird Strom

Zur Nutzung der kinetischen Energie liegt es nahe, die Drehbewegung des Rotors unmittelbar zum Antrieb eines elektrischen Generators zu verwenden, obwohl dies in der Praxis mehr Probleme aufwirft, als man beim ersten Hinsehen annimmt. Winfried Witt, der bei den Hamburger Electricitätswerken Sonderaufgaben im Bereich Bau übernimmt, äußert sich zu den Schwierigkeiten: „Die Problematik dieser Anlagen liegt darin, daß sie eine relativ hohe Leistung haben, die in ein sehr schwaches Netz eingespeist werden soll, und da bereitet schon die Wahl des Generators große Schwierigkeiten. Normalerweise nimmt man da Synchrongeneratoren, die starr mit dem Netz verbunden sind, d. h. die haben eine starre Drehzahl, um die 50 Hz zu machen; nur kann man mit so einer Anlage keine Böen erfassen.“

Am Beispiel der sogenannten Jahrhundert-Bö erläutert er dies; bei dieser geheimnisumwitterten Bö handelt es sich um den stärksten Windstoß der vergangenen hundert Jahre, bei dem Windgeschwindigkeiten bis zu 60 m/s aufgetreten sind (Windstärke 14!): „Bei so einer Bö würde innerhalb einer halben bis einer Sekunde die Leistung von den vorgesehenen drei Megawatt auf 9 MW steigen, und ein normales schwaches Netz kann diesen Laststoß überhaupt nicht aufnehmen. Es besteht die Gefahr, daß der Synchronismus verlorengeht.“

Der Unterschied zum normalen Kraftwerk besteht in erster Linie darin, daß der Generator mit einer sich ständig ändernden Drehzahl gespeist wird. – Setzt man statt des besonders einfachen Synchrongenerators eine Asynchronmaschine ein, würde bei einer Bö und gleichzeitigem Kurzschluß im Netz die für die Erregung notwendige Blindleistung verlorengehen. „Das hieße dann, daß der Generator völlig entkoppelt wäre“, fügt Winfried Witt ein, „und das ist genauso, als wenn Sie bei einem Zugpferd die Seile kappen!“

Folglich mußte man nach einem passablen Ausweg suchen, der bei GROWIAN von der Firma Siemens stammt. Man setzt als Generator einen sogenannten Schleifringläufer ein. Im Prinzip ist das ein Asynchrongenerator mit einer Wicklung auf dem Läufer und ohne Käfig, der sonst beim Asynchronmotor verwendet wird. Der Läufer wird nun mit einer variablen Frequenz gespeist, die man in gewissen Grenzen ( $\pm 7,5$  Hz) einstellen kann. Ein separater Umrichter liefert diese Frequenz und sorgt dafür, daß dadurch die Ständer-Frequenz immer 50 Hz beträgt und sich die gesamte Anordnung am



Eine Spannweite von 100 m haben die Rotorblätter, die sich auf dem fast 100 m hohen GROWIAN-Turm drehen (Phantombild).

Dipl.-Ing. Winfried Witt, HEW: „Bei der Einspeisung ins Netz kann die bei einem Laststoß anfallende Energie von einem schwachen Netz gar nicht aufgenommen werden.“



Netz wie eine Synchronmaschine verhält. Man wird mit einem solchen Aufbau (in gewissem Rahmen) unabhängig von Drehzahlschwankungen, was für die Unempfindlichkeit gegenüber Böen unabdingbar ist. Bei der doppelt gespeisten Asynchronmaschine von GROWIAN kann das bei einer Bö auftretende Energieangebot durch eine Zunahme der Rotationsenergie kurzzeitig gespeichert und damit abgeschafft werden. Die Rotordrehzahl kann hierbei um 15% nach oben oder unten abweichen, ohne daß sich dies auf die Frequenz der erzeugten Wechselspannung auswirkt.

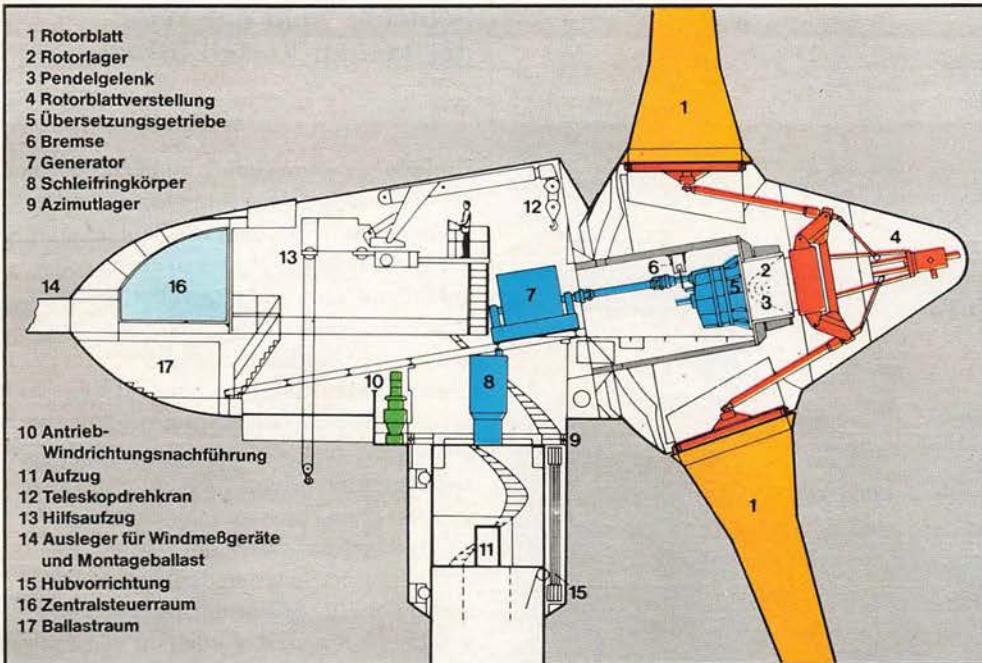
Um die relativ langsame Rotordrehzahl an die erforderliche Generatordrehzahl anzupassen, setzt man mechanische Übersetzungsgetriebe ein, die die Drehzahl bis zum Hundertfachen der Rotordrehzahl erhöhen. GROWIAN hat dazu – auch aus Platzgründen – ein kompaktes Planetengetriebe mit einer Übersetzung von 1:81 erhalten.

### Ohne Elektronik geht es nicht

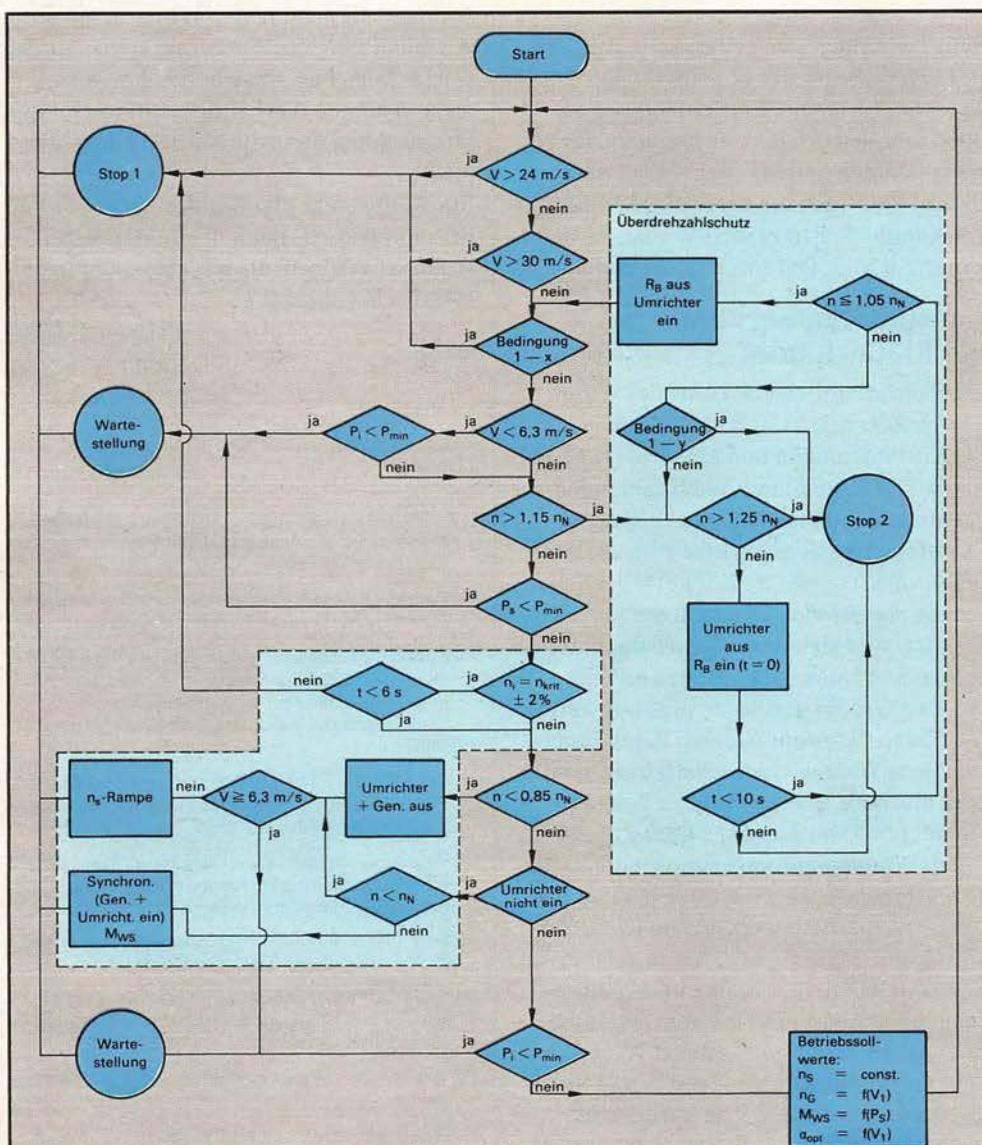
Sobald (bei ausreichender Windgeschwindigkeit) die Anlage mit Nennleistung arbeitet, erfolgt die Drehzahlregelung durch Verstellen der Rotorblätter um ihre Längsachse. Im Teillastbereich hält man die Drehzahl mit Hilfe des veränderlichen Generatormoments im Sollbereich. Da auch Großanlagen vollkommen unbemannt arbeiten sollen, setzt man für ihre Führung und Überwachung leistungsfähige Prozeßrechner ein. Diese übernehmen außer der laufenden Kontrolle der Daten das Protokollieren und Analysieren des Betriebszustandes sowie das Erfassen und Weitermelden von Störungen. Das Flußdiagramm zur Betriebsführung und -überwachung von GROWIAN läßt erkennen, daß auch ein simpler Drehflügel eine sorgfältige Behandlung braucht, für die man ein umfangreiches Elektronikpaket bereitstellen muß. Diese Sicherheitseinrichtungen ermöglichen es insbesondere, ein mögliches Versagen frühzeitig zu erkennen, indem kritische Teile besonders sorgfältig unter die Lupe genommen werden. Sollte die Regel- und Überwachungseinrichtung selbst einmal ausfallen, setzt als letzte Rettung eine rein mechanisch wirkende Notbremse ein, die den Rotor auch bei höchster Drehzahl zuverlässig zum Stillstand bringt.

### Ein Rotor auf dem Wasser

Einen ganz anderen Weg zum „Einfangen“ von Windenergie geht Günter Wagner, selbständiger Erfinder und Unternehmer auf der Insel Sylt. Er ordnet einen zweiflügeligen Rotor um 45° geneigt auf einem Schiff an und fährt dies einige Seemeilen hinaus aufs Meer. Dort verankert er sein schwimmendes Windkraftwerk und liefert die erzeugte elektrische Energie per Seekabel an Land. Der Clou seiner Anlage liegt in dem nach seinem Erfinder benannten Rotor, dem sogenannten „Wagner-Rotor“; im Prinzip ist das ein einzelner Flügel mit einer Länge von rund 25 m, der mit einem etwas kürzeren Stützflügel starr verbunden ist. Die auf seinem Versuchsschiff „Tanja 1“ installierte Anlage liefert eine Nennleistung



Schnitt durch das GROWIAN-Maschinenhaus.



Selbst eine Windanlage erfordert hohen Elektronik-Aufwand.

von 250 kW, wobei sie einen Wirkungsgrad von etwa 30% erreicht. Dazu Günter Wagner: „Damit ist das Verhältnis gemeint zwischen der Energie, die im Wind drinsteckt (bezogen auf die Windeinfangfläche) und der elektrischen Leistung, die nach der Aufbereitung herauskommt; unter Einfangfläche ist die (fast kreisrunde) Ellipse zu verstehen, die der Rotor bei Projektion auf den Wind überstreicht und dabei quasi abgrast; diese Fläche wird wie beim Propeller regelrecht abgeerntet.“

Hinsichtlich der Stabilitätsprobleme seiner schwimmenden „Erntemaschine“ sieht Günter Wagner keine unüberwindbaren Hindernisse: „Sehen Sie, wir haben ja hier auf dem Schiff überhaupt keinen Turm wie bei Windanlagen, und damit entfällt auch das hohe Biegemoment, das bei Windbelastung durch den langen Hebelarm entsteht. Außerdem entfällt bei meiner Nutzung auch das aufwendige und damit teure Fundament; denken Sie nur an GROWIAN, wo

**Dr. Günter Wagner** vor einem Modell des von ihm konstruierten turmlosen Rotors: „Bedingt durch die wesentlich geringere Windbeanspruchung kommen wir zu deutlich niedrigeren Erzeugerpreisen.“



man etliche Betonsäulen einige zehn Meter tief im Boden verankern mußte!“ Bei ihm aber kommt das teure Seekabel hinzu (Kosten: über eine halbe Million Mark!), was offensichtlich jedoch zu überbrücken ist: „Trotz dieser Kabel- und Schiffskosten wird man bei meinem Verfahren nur 1500,- DM pro Kilowatt investieren müssen, während man bei GROWIAN auf mehr als das Dreifache kommt!“

Günter Wagner ist wohlgerne kein spleeniger Erfinder von der Hobby-Messe, sondern sein Projekt hat Hand und Fuß, selbst wenn sich eine Realisierung in der Praxis weit problematischer herausstellen sollte als angenommen. Inwieweit sieht er sich nun als Partner oder Konkurrent zu den eingesessenen Energie-Versorgungs-Unternehmen? „Da muß ich sagen, die Schlacht hat bereits begonnen, gerade weil das ein sobrisantes Thema ist! Die stromerzeugenden Unternehmen sind natürlich ganz anders orientiert, wodurch es zu Fiktionen kommt; trotzdem will ich nicht sagen, daß bewußt gegen mich geschossen wird, auch wenn man bei einer solchen Basis-Innova-



Der Wagner-Rotor, ein skurril anmutendes, aber dennoch erfolgversprechendes Konzept der Windenergie-Nutzung.

tion oftmals mit ungerechtfertigter Kritik fertig werden muß!"

Fragen wir doch mit den HEW eines der angesprochenen Unternehmen: „Kein Kommentar dazu“, war die knappe und eindeutige Antwort von dort.

Und der Einzelkämpfer Wagner fährt fort: „Durch das Forcieren der Windenergie-Nutzung haben wir nicht nur ein umweltfreundliches und risikoarmes Verfahren, sondern schaffen auch gleichzeitig noch Arbeitsplätze, insbesondere in der Maschinenbau-Industrie, von erhöhten Exportmöglichkeiten und geringerem Importbedarf an fossilen Brennstoffen mal ganz absehen.“ Es erscheint sicherlich nicht unrealistisch, daß auch aus diesem Nutzungsprinzip noch weit mehr herauszuholen ist, wenn es auch nur annähernd so viel Förderungsmittel zugesprochen bekäme wie der große Bruder GROWIAN mit seinem 90-Millionen-Etat.

3 MW bei GROWIAN und 250 kW bei Günter Wagner sind aber – trotz aller zuvor gemachten Bedenken – nicht das Ende der Entwicklung. Für GROWIAN II ist geplant, daß er bei 6 m/s Windgeschwindigkeit anfängt zu drehen und bei 11 m/s seine Nennleistung von 5 MW erreicht. Die Drehzahl soll bei etwa 17 Umdrehungen pro Minute liegen. Damit erhält man an der äußeren Blattspitze des Rotors eine Geschwindigkeit von 450 km/h.

Günter Wagner ist jetzt schon stolz auf seinen ersten Auftrag, der ihn leistungsmäßig ganz schön nach vorne wirft: „Im nächsten Jahr bauen wir eine 7-MW-Anlage. Das

Schiff wird 80 bis 90 m lang sein, der längere Flügel 120 m, der kürzere 60 m.“ Er rechnet mit einer Betriebszeit von ca. 4000 Stunden pro Jahr, ausreichend für einen rentablen Betrieb des Seekraftwerkes, dessen Preis man mit ca. 6 Mio. DM ansetzen könnte. Bei 10 Pf pro kWh lassen sich somit 2,8 Mio. DM Einnahmen erzielen.

## Europas Wasserkante als Flatterkante?

Eine wirtschaftliche Nutzung der Windenergie beschränkt sich naturgegeben auf die Küstenregionen und einige exponierte Stellen im Binnenland. Wo liegen nun die Zukunftsaussichten bei konzentriertem Einsatz ganzer Kraftwerksbatterien? Beide Seiten, also sowohl traditionelle Versorgungsunternehmen wie auch der Forscher Wagner, sind sich da einig, daß die nordeuropäischen Länder ihre Küsten mit einigen tausend Windkraftanlagen pflastern könnten (deren flatternde Rotoren dann sicherlich neue Wahrzeichen schaffen würden). „Bei uns ließe sich“, so Günter Wagner, „damit ohne weiteres ganz Deutschland durch Windenergie versorgen!“ Nicht ganz so optimistisch zeigt man sich bei den Hamburger Electricitätswerken: „Im Jahr 2000 könnte bei uns der Anteil der regenerativen Energiequellen, (d.s. Sonne und Wind zusammen, d.Red.) rund 8% vom gesamten Energiebedarf decken“, schätzt Winfried Witt vorsichtig ab. Ergänzend fügt er hinzu: „Genaueres können wir aber frühestens nach ein paar Jahren Probebetrieb unseres GROWIAN sagen.“

## Schlecht weht der Wind, der keinen Vorteil bringt

(Shakespeare)

Und genau darum geht es nicht zuletzt auch bei der Nutzung der Windenergie. Den unbestreitbaren Vorteilen, wie Sauberkeit und kostenloses Angebot, stehen eben auch leider etliche Nachteile gegenüber (keine ständige Verfügbarkeit, noch hohe Investitionskosten, nur begrenzte Standorte).

Gleichwohl bieten sich vielleicht sogar im privaten Bereich Nutzungsmöglichkeiten. 2- bis 5-kW-Anlagen wären beispielsweise auch geeignet, private Haushalte zu versorgen. Der überschüssige Strom könnte ins öffentliche Netz abgegeben werden. Als Speicher sind Batterien denkbar, dann allerdings müßte Spannung und Frequenz mehrfach umgesetzt werden. In Verbindung mit der Sonnenenergie (vgl. ELO 3/1982 „Energie aus Sonne und Luft“) ließe sich die Verfügbarkeit des Stroms sowohl in den Sommer- als auch in den Wintermonaten erheblich steigern. Allerdings stehen die für solche Anlagen aufzuwendenden Kosten noch in keinem Verhältnis zu den ersparten Stromkosten; denn die Netz-Abhängigkeit bleibt.

Ein weites Feld bleibt indes für Ideen und Erfindungen, die noch in alle Winde zerstreut sein mögen, die wir aber nicht in den Wind schlagen sollten.

Reinhard Gößler  
Henning Kriebel

## Literatur

- [1] BINE (Bürger-Information Neue Energietechniken: Nutzung der Windenergie. Fachinformationszentrum Karlsruhe, Büro Bonn, Ahrstr. 64, 5300 Bonn 2.
- [2] Hau, Erich: Große Windkraftanlagen. Sonderdruck der Firma MAN (Neue Technologie), München 1981.
- [3] Mitschel, H.: Die Großwindanlage GROWIAN – eine moderne Windenergieanlage in Norddeutschland. Forschung in der Kraftwerkstechnik 1980, S. 23...30. VGB Technische Vereinigung der Großkraftwerksbetreiber e.V.
- [4] GROWIAN. Technische Beschreibung der GROWIAN-Bau- und Betriebs-GmbH, Überseering 12, 2000 Hamburg 60.
- [5] Wagner, G.: Saubere Windenergie vom Meer. Beschreibung des Wagner-Rotors und technische Grundlagen der Windenergie-Nutzung.
- [6] Stoy, Bernd: Wunschkraft Sonne. Energie-Verlag GmbH, Heidelberg. ISBN 3-87200-611-8.
- [7] Brink, H.W.: Windmühlen im Selbstbau. Bezug Forschungsinstitut für sanfte Technologie, Schalweg 7, 4358 Haltern-Sythen.
- [8] Verschiedene Veröffentlichungen des Öko-Buchverlages.
- [9] Windkraft? Ja, bitte!: Einfache bewährte Windkraftwerke selber bauen. Verlag „das fenster“, 2448 Burg. ISBN 3-922115-5-5.

Musiker haben ihre eigenen Vorstellungen vom Klang. Vor allem Gitarristen wollen von Hi-Fi überhaupt nichts wissen.

# Heißer Sound aus kühler Elektronik

## ELO-Gitarrenverstärker-Vorstufen

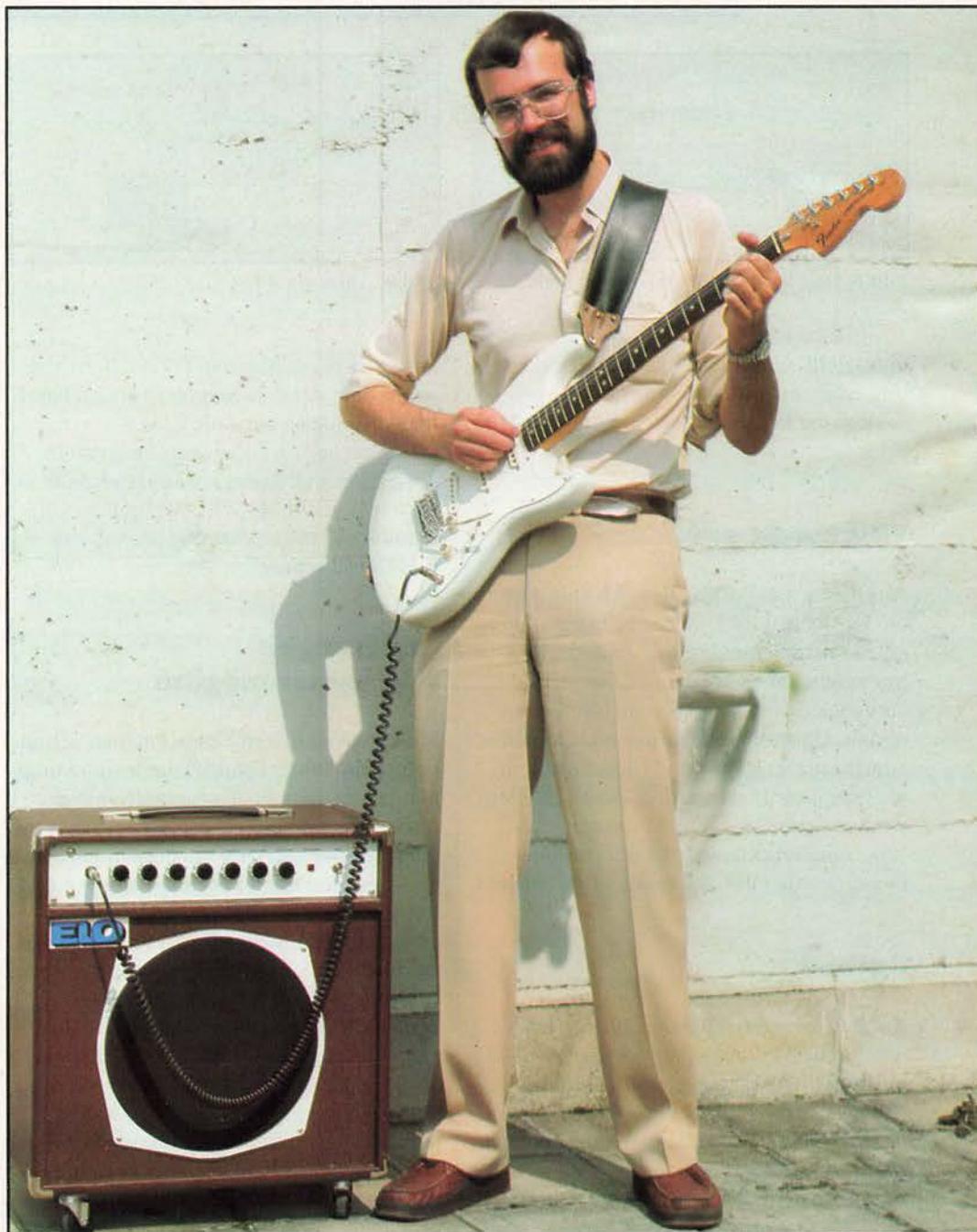
Heiße Musik machen, das ist eines der erregendsten Hobbys junger Leute. Elektrogitarre und -baß sowie Schlagzeug sind immer dabei, oft auch E-Piano, Orgel oder Synthesizer. Die Spieler finden sich schnell zusammen, und schon ist die Band komplett und legt los, daß die Fetzen fliegen. Die Lautstärke muß natürlich zünftig sein, ohne Elektronik geht es also nicht. Bei einer gut ausgestatteten Band kommt schon eine Menge an Geräten zusammen.

### Gitarrenverstärker – eine Sache für sich

Die Musikelektronik hat sich in den letzten Jahren zu einer völlig eigenen Branche entwickelt. Die Verstärker haben mit den üblichen Hi-Fi-Anlagen kaum noch etwas gemeinsam. Vor allem die Gitarrenverstärker sind so ausgelegt, daß sie den Ton bewußt kräftig verfärbten. Erst so kommt der richtige heiße Rock-Sound überhaupt zustande. Die meisten Elektrogitarren haben gar keinen Resonanzkorpus mehr, sondern bestehen nur noch aus einem massiven Brett mit Saiten und Tonabnehmern. Würde man den Originalklang eines solchen Instruments naturgetreu verstärken, so ergäbe sich ein ganz steriler, langweiliger Klang. Die Verfälschung wirkt also hier durchaus positiv. Ein Teil davon geschieht bereits in den Tonabnehmern selbst, den Rest besorgt dann der Verstärker. Das „Geheimnis“ liegt vor allem in krummen Frequenzgängen und in kräftigen Klirrverzerrungen. Aber nicht irgendwie, sondern „gewußt wie“.

### Röhren sind noch sehr gefragt

Von den käuflichen Gitarrenverstärkern ar-



beiten viele immer noch mit Röhren. Der Transistor hat sich hier bisher nur zögernd durchgesetzt. Viele Musiker behaupten, Röhrenverstärker klängen besser, einfach wärmer und gefälliger; Transistoren seien hart und unpersönlich. Irgend etwas ist da auch dran, die ersten Transistorverstärker hatten wirklich keinen guten Ton, vor allem bei Übersteuerung fingen sie ganz häßlich an zu kratzen. Wird ein Röhrenverstärker übersteuert, so werden Verzerrungen erzeugt, die sich harmonisch in den Gesamtklang einfügen. Es entsteht der heiße, aggressive Rock-Sound, wie ihn Gitarristen wie Eric Clapton oder Carlos Santana populär gemacht haben.

Die Zeit blieb aber nicht stehen; die Schaltungsentwickler bei den Firmen haben inzwischen herausgefunden, welche Eigenschaften von Transistoren und Röhren für den unterschiedlichen Klang verantwortlich sind, und haben daraufhin Transistorverstärker entwickelt, die sich ebenfalls „wohlklingend“ übersteuern lassen. Sie kosten weit weniger, sind nicht so schwer und werden im Betrieb nicht so heiß.

## Kann man einen Gitarrenverstärker selber bauen?

Na klar. So viel ist da nämlich gar nicht drin. Die Schaltung ist relativ schnell aufgebaut, die Hauptarbeit macht eigentlich das Gehäuse, wenn es nachher anständig aussiehen soll. Eine ausgeklügelte Schaltung sorgt für einen guten Sound, das Geheimnis liegt dabei vor allem in der Dimensionierung der Bauteile. Irgendwelche exotischen Teile sind nicht erforderlich. Was Abmessungen und Gewicht angeht, ist dieses wohl die „größte“ Bauanleitung, die die ELO je gebracht hat, der Schwierigkeitsgrad übersteigt aber nicht den gewohnten Rahmen. 50 W Sinus sind der Lohn.

## Test bestanden

Bevor der ELO-Gitarrenverstärker zur Veröffentlichung freigegeben wurde, mußte er harte Tests über sich ergehen lassen. Nicht bloß von Elektronikern im Labor, sondern vor allem auch von Musikern unter realen Bühnenbedingungen. Viele Stunden lang wurde die Lautstärke voll ausgetestet, und mit vielen verschiedenen E-Gitarren wurden alle Soundmöglichkeiten durchgecheckt. Er bietet mit nur wenigen Bedienungsknöpfen reichhaltige Möglichkeiten. Die Musiker waren äußerst angetan. Also keine weltfremde Schreibtisch-Entwick-

lung, sondern etwas für die wirkliche Praxis.

## Durchschaubares Konzept ohne Spielereien

Die Qual der Wahl, ob Transistoren oder Röhren, war bei der Entwicklung nicht groß. Ein Röhrenverstärker mit halbwegs akzeptabler Ausgangsleistung braucht eine Versorgungsspannung von mindestens 400 V, absolut lebensgefährlich! Außerdem sind die erforderlichen Trafos fast nirgends zu bekommen, und wenn überhaupt, dann nur zu schwindelerregenden Preisen. Unser Verstärker soll ja auch noch bezahlbar bleiben. Also Transistoren. Nur eben die richtigen.

Damit der Nachbau nicht zu kompliziert wird, wollen wir auf alle Spielereien zunächst verzichten. Der Verstärker hat weder einen eingebauten Phaser noch ein Tremolo und bekommt auch nur einen Eingang. Mehr als eine Gitarre anzuschließen, ist sowieso nicht sinnvoll, der Sound leidet dabei beträchtlich. Jede E-Gitarre braucht in der Band ihren eigenen Verstärker. Dafür ist aber Nachhall mit dabei, das lohnt sich schon eher. Vor allem bei der Klangregelung wurde einiger Aufwand getrieben. Vier Pots sind hierfür durchaus nicht selbstverständlich. Auch läßt sich der Verstärker schön weich übersteuern, ohne daß es kratzt. Es klingt täuschend echt nach Röhren.

## Die Schaltung: „Low Fidelity“

Sehen wir uns die Schaltung an. Das Schaltbild auf Seite 69 zeigt die Vorstufe. Eingangsbuchse ist eine 6,3-mm-Klinkenbuchse, wie in der Musikelektronik allgemein üblich. Bevor das Signal in die erste Verstärkerstufe gelangt, durchläuft es erst einmal einen Tiefpaß, der alle Frequenzen oberhalb des Hörbereichs wegfiltert. Das hat folgenden Grund: Elektrogitarren sind oft schlecht abgeschirmt und fangen leicht HF-Signale aus der Umgebung ein, z. B. von nahen Rundfunksendern oder Amateurfunkern. An den nichtlinearen Kennlinien der Halbleiter werden die dann demoduliert, und man hört aus dem Lautsprecher „Transzendentalsstimmen“. Der Tiefpaß verhindert das.

T1 bildet die erste Verstärkerstufe. Sie ist so ausgelegt, daß sie sich sehr ähnlich verhält wie eine Röhre. Die Kennlinie einer Triode mit einem normalen bipolaren Transistor nachzubilden, ist nicht möglich; ein Feldef-

fekt-Transistor (FET) ist dafür aber wie geschaffen. Nun haben FETs allerdings eine störende Eigenschaft: sie weisen sehr starke Exemplarstreuungen auf. Nach der Herstellung werden sie durchgemessen und nach Gruppen sortiert. Vom BC 264 gibt es die Gruppen A, B, C und D. B ist hier am besten; C geht auch noch, A und D aber sind weniger geeignet. Um auch die Schwankungen innerhalb der Gruppen noch auszugleichen, wird der FET hier aus einer Konstantstromquelle (T2) gespeist. Für Wechselströme ist diese mit dem Kondensator C5 überbrückt, so daß die Stufe nicht gegengekoppelt ist. Sie verstärkt sozusagen „ins Blaue hinein“ und erzeugt dabei ein gewisses Maß an Klirrverzerrungen. Das ist hier beabsichtigt. Die Verzerrungen nehmen mit wachsender Aussteuerung ganz allmählich zu. Wird die Stufe durch eine zu hohe Eingangsspannung übersteuert, so wird die Kurve oben und unten sanft abgeplattet. Das Verhalten einer Röhre ist genauso. Der Gitarrenklang, der dabei entsteht, erfreut sich bei den Rockmusikern großer Beliebtheit, er ist voller und aggressiver als bei unverzerrter Verstärkung und hält länger an. Klingt die Gitarre langsam aus, so nehmen die Verzerrungen kontinuierlich ab, der Ton wird wieder klarer.

Hi-Fi-Verstärker sind mit bipolaren Transistoren aufgebaut und besitzen starke Gegenkopplungen. Bis zur Aussteuerungsgrenze sind die Verzerrungen äußerst gering, aber schon bei kleinster Übersteuerung steigen sie sehr schnell an. Der Übergang ist sehr abrupt. Klanglich äußert sich das in einem häßlichen Kratzen, das bei den Gitarristen ausgesprochen unbeliebt ist. Kein Wunder, daß sich die Röhrenverstärker so lange gehalten haben. Der FET ist nun die ideale Lösung. Er ist genauso klein wie ein normaler Transistor, braucht keine Anheizzeit, wird nicht heiß, und er kratzt nicht.

## Übersteuerung beabsichtigt

Auf T1 folgt der erste Lautstärkeregler. Danach kommt eine weitere Verstärkerstufe nach demselben Prinzip wie die erste, nur anders dimensioniert für höhere Verstärkung. Während die erste Stufe nur bei sehr starken Gitarrenimpulsen leicht übersteuert wird, ist diese zweite nun dafür ausgelegt, ganz kräftig übersteuert zu werden. Wenn dies gewünscht wird, muß P1 weit aufgedreht werden. Soll dagegen unverzerrt gespielt werden, so wird P1 weit zurückgedreht. Die endgültige Lautstärkeinstellung geschieht nachher mit P6. P1 erlaubt, die Stärke der Verzerrung in weiten Grenzen nach Geschmack einzustellen.

## Klangregelung ganz für Gitarre zugeschnitten

Bei den üblichen Hi-Fi-Verstärkern besteht die Klangregelung nur aus Höhen- und Tiefenreglern. In der Schaltung von Bild 1 sind das P2 (Tiefen) und P5 (Höhen). Für eine Elektrogitarre reicht dieses einfache Netzwerk aber noch nicht aus, deshalb sind hier noch zwei zusätzliche Regler für den Mittenbereich vorgesehen.

P3 wirkt als Regler für die unteren Mitten, die stärkste Wirkung liegt etwa im Bereich 300...400 Hz. Er arbeitet rein passiv, d. h. es ist nur eine Absenkung damit möglich, aber keine Anhebung. Gehörmäßig ist das so richtig, denn wenn man bei einer E-Gitarre diesen Bereich anhebt, wird der Ton ganz mulmig. Bei Mittenabsenkung wird er dagegen klarer.

P4 ist der Präsenzregler. Damit ist eine Anhebung im Bereich von etwa 2000...3000 Hz möglich, gerade da, wo es die E-Gitarre besonders braucht. Wie man sieht, wird hier ein Netzwerk vom gleichen Typ wie beim Mittenregler verwendet. Nur liegt es hier im Gegenkopplungsweg eines Operationsverstärkers. Die Frequenzen, die das Netzwerk am stärksten abschwächt, werden hier am wenigsten gegengekoppelt, also gerade am höchsten verstärkt. Eine Präsenzabsenkung ist nicht möglich und hat auch wenig Sinn; der Klang würde nur ausdruckslos.

Der Frequenzgang des gesamten Klangregelteils ist dann annähernd geradlinig, wenn Höhen- und Tiefenregler etwa in der Mitte, der Mittenregler am rechten und der Prä-

senzregler am linken Anschlag stehen. Es folgt der Haupt-Lautstärkeregler P6. Die Bedienung von P1 und P6 geht folgendermaßen: Klarer Sound: P6 voll aufdrehen, Lautstärke mit P1 einstellen; verzerrter Sound: P1 weit aufdrehen, Lautstärke mit P6 einstellen. Zwischen diesen Extremen sind beliebige Zwischenstellungen möglich. Wer ein bißchen mit den Potis spielt, findet schnell seinen persönlichen Sound.

## Nachhall aus der Drahtspirale

Hinter P6 wird das Signal noch einmal mit einem Operationsverstärker nachverstärkt, dann gelangt es zur Endstufe. Hier sitzt nun noch der Nachhallteil. Die preiswerteste Möglichkeit für diesen Zweck sind Hallspiralen. Zwar klingen Band- oder elektronische Echogeräte weit besser, dafür sind sie aber auch gleich wesentlich teurer. Damit es nicht allzu schäbig klingt, nehmen wir hier eine gute, lange Doppelspirale. Die kurzen, vor allem die mit nur einer Spirale, hören sich nämlich oft an wie ein rostiger Blecheimer. Die hier verwendete Spirale (Typ 4C von Accutronics, Vertrieb durch die Orgel-Firma Hammond) findet sich auch in sehr vielen professionellen Gitarrenverstärkern. Sie hat den Vorteil eines hochohmigen Eingangs, so daß sie sich einfacher aus der Schaltung ansteuern läßt als die billigen niederohmigen. Das macht hier ein Operationsverstärker in Verbindung mit den Transistoren T5 und T6.

Ihr nutzbarer Frequenzbereich erstreckt sich etwa von 150 Hz bis 5 kHz. Die Fre-

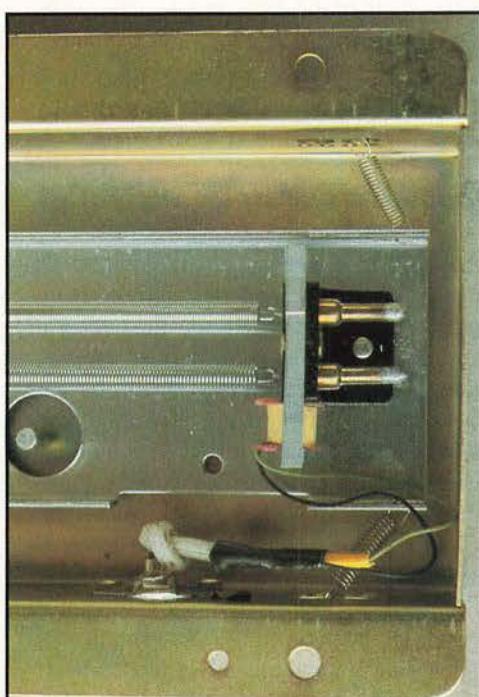
quenzanteile, bei denen sie nicht mehr brauchbar arbeitet, werden von vornherein von ihr ferngehalten. Das tun einige Widerstände und Kondensatoren, die einen Hoch- und einen Tiefpaß bilden. Das Ausgangssignal der Hallspirale ist sehr schwach. Es wird in der anderen Hälfte des Doppel-Operationsverstärkers kräftig verstärkt und gelangt zum Poti P7, mit dem sich die Nachhallstärke einstellen läßt. Anschließend wird das Hallsignal dem Original zugespielt, beides zusammen geht dann in die Endstufe (im zweiten Teil der Bauanleitung).

## Auch ohne Nachhall möglich

Natürlich ist die Hallspirale mit rund 80 DM nicht ganz billig. Wer eine schmale Brieftasche hat, der kann den ganzen Hallteil auch weglassen. Dazu sägt man einfach die Platine entlang der gestrichelten Linie ab. Das hat den Vorteil, daß man mit einem kleineren Gehäuse auskommt, also noch mal eine Stange Geld spart. Der Rest des Verstärkers arbeitet ohne Hall genauso gut. Dann ist aber eine zusätzliche Drahtbrücke (gestrichelt eingezeichnet) in der Nähe der Schnittkante einzulöten, um die Masseleitung nicht zu unterbrechen. Sonst geht nichts mehr.

## Und so wird die Vorstufe zusammengebaut

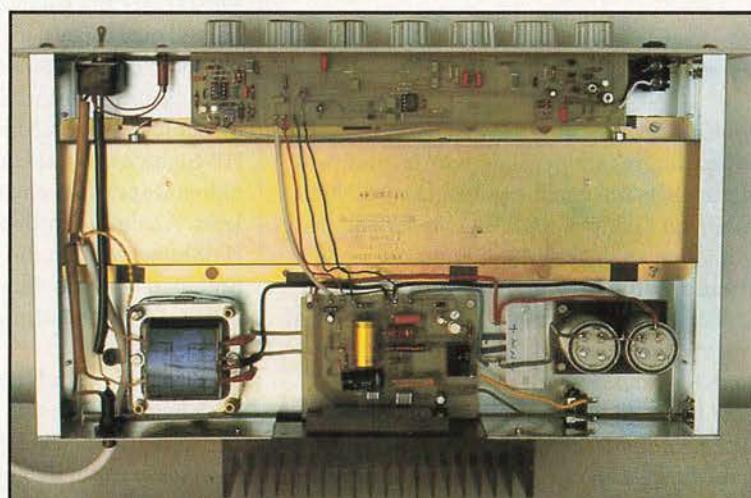
Wie bestückt wird, geht aus dem üblichen blauen Bild hervor. Die beiden ICs 78L15

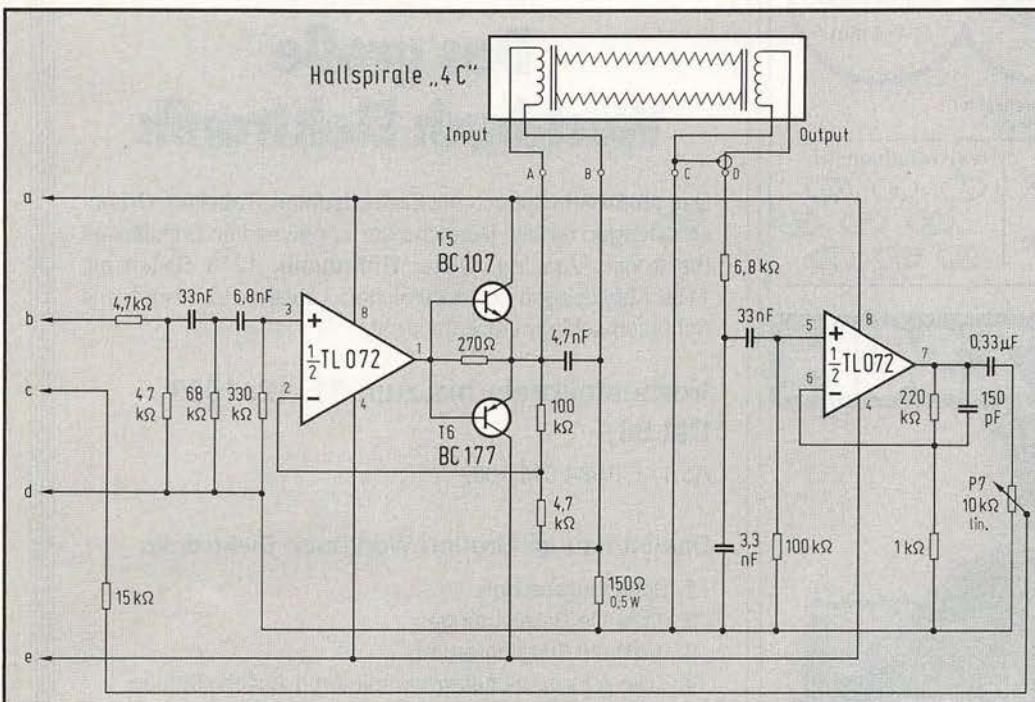
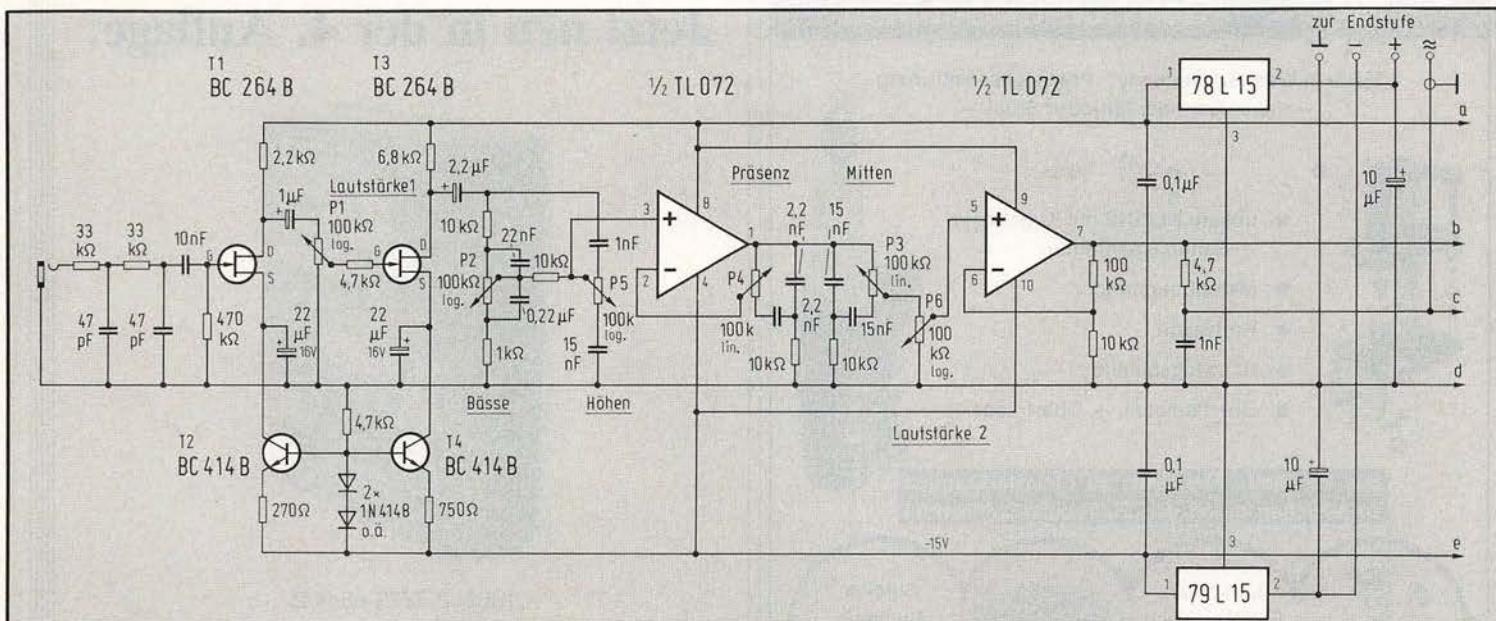


Hallspiralen mit Wandlern. Sie hängen in Federchen, weil sie mikrofonieempfindlich sind (linkes Bild).



Der Gitarrenvorverstärker in zwei Ansichten, unten mit Hallgerät, Endstufe und Netzteil. Bitte beachten Sie den Kühlkörper (rechte Bilder).





und 79L15 stabilisieren die Versorgungsspannung auf  $\pm 15$  V. Alle sieben (ohne Nachhall sechs) Potis werden von der Kupferseite her in die Platine eingelötet; wenn alles fertig ist, werden sie in der Frontplatte festgeschraubt. Die Platine hat so sicheren Halt, eine zusätzliche Abstützung zum Chassis ist nicht mehr unbedingt erforderlich.

Die Eingangsbuchse muß entweder eine vollisolierte Klinkenbuchse sein oder – wenn mit Metallgewinde – mit Isolierringen eingesetzt werden. Der „kalte“ Anschluß soll mit der Frontplatte keine Verbindung haben. Durch das Verstärkergehäuse dürfen keine Ströme fließen, es wird nur an einer einzigen Stelle mit der Schaltung

masse verbunden (an der Endstufe). Beim Anschluß der Eingangsbuchse ist unbedingt auf richtige Polung zu achten. Die Abschirmung des eingesteckten Steckers kommt an Masse, die Spitze an den Verstärkereingang. Die vier Anschlüsse für die Hallspirale (A, B, C, D) befinden sich rechts hinten an der Platine. Die Leitung „Output“ (D) muß abgeschirmt sein. An der Hallspirale selbst ist ein kleiner Eingriff vorzunehmen: Die vier Drähte müssen von den beiden eingebauten Cinch-Buchsen gelöst und isoliert herausgeführt werden (**Bild links**). Kein Anschluß darf mehr mit dem Gehäuse Kontakt haben. Die Polung der Spulen ist egal, nur „Input“ und „Output“ sollten nicht verwechselt werden. Beim Einbau der Hallspi-

Diese Schaltung ist zu lang.  
Beide Bilder gehören zusammen.

### Stückliste

	Widerstände	Kondensatoren
0,125 W		2 47 pF
1 150 Ω/0,5 W		1 150 pF
2 270 Ω		2 1 nF
1 750 Ω		2 2,2 nF
2 1 kΩ		1 3,3 nF
1 2,2 kΩ		1 4,7 nF
5 4,7 kΩ		1 6,8 nF
2 6,8 kΩ		1 10 nF
5 10 kΩ		3 15 nF
1 15 kΩ		1 22 nF
2 33 kΩ		2 33 nF
1 47 kΩ		2 0,1 μF
1 68 kΩ		1 0,22 μF
3 100 kΩ		1 0,33 μF
1 220 kΩ		
1 330 kΩ		
1 470 kΩ		
<b>Elkos</b>		
1 1 μF/25 V		
1 2,2 μF/25 V		
2 10 μF/40 V		
2 22 μF/16 V		
<b>Potentiometer</b>		
4 100 kΩ log.		
2 100 kΩ lin.		
1 10 kΩ lin.		
<b>Sonstiges</b>		
1 Klinkenbuchse		
1 Hallspirale		
Hammond 4 C		
10 Lötosen		
<b>Halbleiter</b>		
2 BC 414 B		
1 BC 107		
1 BC 177		
2 BC 264 B, FETs		
1 78L15		
1 79L15		
2 TL 072		
2 1N4148 o. ä		

rale in das Verstärkergehäuse ist darauf zu achten, daß die Output-Seite weit vom Netztrafo entfernt zu liegen kommt. Andernfalls kann der Hall durch Brummeinstreuungen gestört werden.

Helmut Lemme  
(Fortsetzung folgt)

Autonotfunksystem wurde erprobt

# Per Funk Hilfe in Sekunden

Ein kleines Zusatzgerät im Autoradio soll es jedem Autofahrer möglich machen, für sich und andere Hilfe zu holen.

Die B3 kurz vor Darmstadt. Es ist kurz vor 23.00 Uhr. Ein grüner VW Passat nähert sich einer winkenden dunklen Gestalt, wenige Meter weiter am rechten Straßenrand ein Fahrzeug mit einem offenen Motorraumdeckel. Der Fahrer mit dem grünen VW hält und erkundigt sich.

Seine Annahme war richtig, tatsächlich eine Panne. Er drückt auf die Taste seines Autoradios „Panne“. Nach wenigen Sekunden meldet sich die Stimme des ADAC: „Hier ADAC. Ihr Ruf ist angekommen. Bitte sprechen Sie jetzt.“ – Die Pannenmeldung wird durchgegeben. Dem betroffenen Fahrzeug kann nach einer halben Stunde geholfen werden.

Die Geschichte könnte aber auch ihre Varianten haben. Wieder die winkende Gestalt, ein Auto ist aber nicht zu erkennen. Unser VW-Fahrer hält ebenfalls und erfährt, daß ein anderes Fahrzeug von der Straße abgekommen ist, sich mehrmals überschlagen hat, im Fahrzeug zwei Verletzte. Diesmal drückt der VW-Fahrer auf die Notfalltaste seines Autoradios. Und diesmal meldet sich die Rettungsleitstelle Hessen-Süd. Und diesmal dauert es nur acht Minuten bis Rettungswagen und Polizei an der Unfallstelle eintreffen.

Spielen wir noch eine dritte Variante durch: Wieder eine winkende Gestalt, dahinter scheinbar ein Pannenfahrzeug. Unser Fahrer hält an, kurbelt die Fensterscheibe nur wenige Zentimeter herunter. Zwei weitere Gestalten tauchen aus der Dunkelheit auf. Die Situation wird bedrohlich. Der VW-Fahrer startet durch, drückt auf die Notfalltaste. Wieder meldet sich die Rettungsstelle. Glücklicherweise hatte der bedrohte Fahrer den Wagentyp und drei Ziffern des Kennzeichens erkennen können. Der Funker in der Rettungsleitstelle schaltet den Ruf auf den Polizeikanal. Die Fahndung läuft an.

## Ein Jahr lang Spiel und Ernst

Die oben geschilderten Fälle können sich täglich ereignen. Solche Fälle wurden ein Jahr lang gespielt, aber sie fanden auch tatsächlich statt. Ein Jahr lang, 1982, wurde im Raum Darmstadt das von AEG-Telefunken kreierte mit Unterstützung des Bundesministeriums für Forschung und Technologie im Versuchsgelände Darmstadt aufgebau te Autonotfunksystem erprobt. 150 Autofahrer hatten daran teilgenommen, die vom Battelle-Institut in Frankfurt ausgewählten waren. Dieses Institut betreute zusammen mit der Bundesanstalt für Straßenwesen in Köln den „nicht-technischen“ Teil des Feldversuchs. AEG-Telefunken, der „technische Projektleiter“, stattete auch die Rettungsleitstelle in der Darmstädter Bismarckstraße aus und errichtete neun Relaisstellen in dem ca. 100 km<sup>2</sup> großen Versuchsgelände.

## Vom Bit zum Befehl

Erinnern wir uns nochmals unseres Fahrers auf der B3 kurz vor Darmstadt in dunkler Nacht. In allen drei Fällen benötigt er an seinem Autoradio eine Taste. Damit löst er einige Aktivität in seinem Notfallfunkgerät (das sich, wie wir gehört haben, auch ins Autoradio integrieren läßt) aus. Es strahlt nämlich ein „Funktelegramm“ aus, das unter anderem Informationen über die Notfallart („Notfall“ oder „Panne“), seinen Wagentyp und sein Kennzeichen enthält. Mehrere Relaisstellen nehmen das Telegramm auf und peilen das Fahrzeug automatisch an. Weitere Datentelegramme mit weiteren In-

Am Einsatzleit-tisch werden Not-meldeprotokoll und Standort (auf projizierter Land-karte) auf Bild-schirmen ange-zeigt



Das Bediengerät mit Notmelde-Quittierungsanzeige paßt immer noch zusätzlich ins Auto; hier steckt es in einer Konsole.

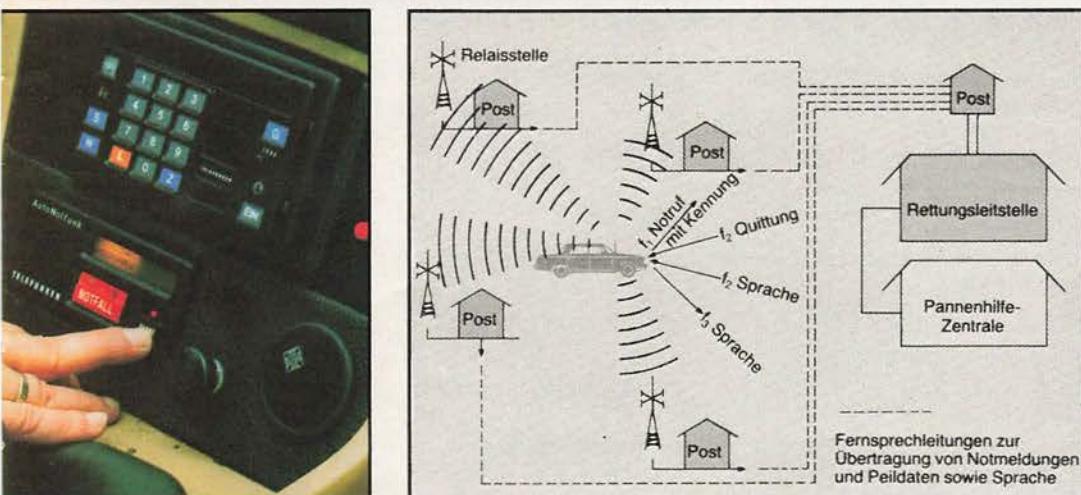


formationen (etwa den Peildaten) gehen nun per Telefonleitung zur Leitstelle. Wie? Klaus Kirsten, der Projektleiter Autonotfunk von AEG-Telefunken in Ulm, erklärt uns: „Eine Wählautomatik, also ein Postmodem, wählt die Nummer der Zentrale auto-

So sieht der Einsatzleiter die Notmeldeprotokolle.

NN-NR ZEIT	NM-ART	FAHRZEUG - KENNUNG	RST-NR.	KOORDINATENWerte
12001 10:38 PANNE 149 ANSPRACHE		00000090 PKW D	1:2	R 88,4 H 54,2
		SPRECHERL. DIALOGENDE	QUIT	
12002 10:31 PANNE 46 ANSPRACHE	712001	00000091 PKW D	1:2	R 88,4 H 54,1
		SPRECHERL. DIALOGENDE	QUIT	
12003 10:33 NOTFALL 149 ANSPRACHE		00000090 PKW D	2:1	R 81,2 H 53,8
		SPRECHERL. DIALOGENDE	QUIT	
		RETT	POL	DOK
		UNFALL BEI STEINHEIM AUF KREISSTRASSE NACH BURLAFINGEN, EINE PERSON VERLETZT, DIESE MELDUNG ERFOLgte DURCH UNBETEILIGTES FAHRZEUG!		
		18:42		
		R1: 2 R2: 1 R3: 1 R4: 1 R5:		
		PÄKTUELLE NOTMELDUNGEN VOM NN-NR 12001 BIS NN-NR 12003		

Darunter: Hier laufen die Notmelde-Telegramme und die Peilwerte zusammen, und von hier gelangen sie zum zentralen Computer. In diesem Schrank befindet sich aber auch der Sender.



Im Prinzip läßt sich jedes Autonofunknetz so aufbauen.

matisch. Hier im Versuchsgelände hat die Leitstelle fünf Leitungen, es können also bei einem Notruf bis zu fünf Datentelegramme hier einlaufen. Die Peilwerte gehen an den Rechner, der ermittelt die Gauß-Krüger-Koordinaten. Diese geben wir an unser Mi-

krofischesystem und schon haben wir unsere Landkarte auf dem Bildschirm.“ Das Fahrzeug ist also geortet. Aber wie genau? „200 m bis 300 m sind es im Durchschnitt. Das hängt natürlich sehr stark von der Geographie ab, und im Gebirge kann es

schon auch mal mehr sein,“ räumt Klaus Kirsten ein.

Sofort nach Eingehen der Datentelegramme ermittelt der Computer die Relaisstation mit den höchsten Empfangspegeln des Autonofunkgeräts. Über dieses Relais wird nun der Sprechfunk abgewickelt.

„Der Fahrer im Fahrzeug kann uns nicht von sich aus ansprechen. Erst wenn der Disponent in der Leitstelle das Fahrzeuggerät aktiviert, wird der Sprechkanal automatisch frei,“ erklärt uns Klaus Kirsten. Zwei naheliegende Vorteile: Schutz vor Mißbrauch und – noch wichtiger –, der Fahrer braucht z.B. bei einem schweren Unfall keine Taste mehr zu bedienen. In diesem Falle könnte nämlich ein Crash-Schalter im Auto das Autonofunkgerät für die Ausstrahlung des Datentelegramms automatisch in Betrieb setzen.

Was aber passiert, wenn kurz nach einem Notruf ein zweiter kommt? Die Zentrale wäre ja blockiert. „Das machen wir mit Zeitschlitten, in denen dieser Notruf durchkäme.“

Nach einer Viertelstunde wird die Verbindung zwischen Leitstelle und Fahrzeug schließlich automatisch aufgehoben. Das geschieht aus Gründen des Datenschutzes. Auch daran hat man also gedacht.

## Wer soll das bezahlen?

Bei dieser Frage sprudeln die Antworten unseres Gesprächspartners natürlich nicht mehr so freimütig. Denn die Kosten sind schon gewaltig. Pro Relaisstelle rechnet man mit 100 000 DM. Etwa 4000 wird man für die Flächendeckung der Bundesrepublik brauchen, und dabei ist schon berücksichtigt, daß man auch die Türme der Post wird benutzen können.

Die Fahrzeuggeräte sollen, wenn man sie ins Autoradio integriert, nicht teurer als 150 DM sein. Vielleicht das Doppelte, wenn es sich um eigenständige Geräte handelt. 150 DM = 1 % vom heutigen Verkaufspreis eines kleineren Mittelklassewagens – wahrlich eine Summe, die wohl den meisten die eigene Sicherheit wert sein dürfte.

Ob aber Bund und Ländern schnelle Hilfe und die Sicherheit seiner Bürger 400 Mio. DM wert sein werden, das wollen die zuständigen Stellen nach Vorlage der Abschlußberichte entscheiden. Wenn man bedenkt, wofür unser hochverschuldeter Staat selbst heutzutage manchmal sein Geld rauschmeißt, dann sollte diese Entscheidung schon heute keiner Diskussion mehr bedürfen.

Henning Kriebel

Marktübersicht: Neue Autoradios 1984 bis zu 1000,- DM

# Autoradiohörer wissen mehr!

Kaum mehr ein Autoradio gibt es ohne Verkehrs-funkdecoder – Verkehrsinformation geht vor Unterhaltung. Die Hersteller haben sich einiges einfallen lassen müssen.

## In der Größe sind alle gleich

Wenigstens in der Frontfläche. Denn sie müssen alle in den

gleichen Einschnitt – meist am Armaturenbrett – passen. Das ist aber auch schon alles an Gleichheit. Die meisten von ihnen sind gleicher als die ande-



Modell	Preis (ca. DM)	Rundfunkteil					Verkehrsfunkeil				Cassettenteil					Bemerkungen									
		Wellenbereiche	UKW-Stereo	PLL-Synthesizer	el. Suchlauf	Handabstimmung	Speicher	Frequenzanzeige	AFC/DFC	Stereo-/Mono-Autom.	Störaustastung	Decoder	Speicher	Suchlauf	Bereichsanzeige	Warnton	Stereowiedergabe	Autoreverse-Betr.	Cass.-Ausschub/Einzug	Schneller Vor-/Rücklauf	Bandsortenwähler	Dolby 0, ä.	Suchautomatik	Bandlaufüberwachung	Ausgangsleistung (W) an ( $\Omega$ )
<b>Becker</b> LMKU 664	748,-	LMKU	●	–	–	●	6	Skala	●	●	–	–	–	–	–	–	●	–	●	●	–	–	●	2x6/4, 2x8/2	
LMKU 663	828,-	LMKU	●	–	–	●	6	Skala	●	●	●	–	–	–	–	–	●	–	●	●	–	–	–	●	2x6/4, 2x8/2
LMU 619	998,-	LM2U	●	●	●	●	4x4	LCD	–	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	–	–	–	●	2x6/4, 2x8/2
<b>Blaupunkt</b> Madrid 23	298,-	LMU	●	–	–	●	–	Skala	●	●	●	–	–	–	–	–	●	–	●	–	–	–	–	–	<b>2x10/2</b>
Mannheim 23	338,-	MU	●	–	–	●	–	Skala	●	●	●	●	–	–	–	–	●	●	–	●	–	–	–	–	<b>2x10/2</b>
Mainz 24	368,-	MU	●	–	–	●	–	Skala	●	●	●	●	–	–	–	–	●	●	–	●	–	dB	–	●	<b>2x10/2</b>
Essen R 24	448,-	MU	●	–	–	●	–	Skala	●	●	●	●	–	–	–	–	●	●	●	●	–	dB	–	●	<b>2x10/2</b>
Düsseldorf R 23	498,-	MU	●	–	–	●	–	Skala	●	●	●	●	–	–	–	–	●	●	●	●	–	dB	●	●	<b>2x10/2</b>
Coburg MR 23	568,-	MU	●	–	–	●	6	Skala	●	●	●	●	–	–	–	–	●	●	●	●	–	dB	●	●	<b>2x10/2</b>
Hamburg SQM 23	598,-	MU	●	●	●	–	2x5	LCD	●	●	●	●	–	●	–	●	●	●	●	–	●	–	–	●	<b>2x10/2</b>

**Fettdruck**  $\triangle$  Sinusleistung

ren. Betrachten Sie nur ihre „Gesichter“. Da gibt es die einfachen mit Linearskala und je einen Knopf für Lautstärke und Sendereinstellung sowie die Tasten für die Wellenbereiche. Von da an geht es aufwärts, bis hin zu unzähligen – oft gekonnt kombinierten – Tasten und Tästchen und natürlich zu digitalen Frequenz- und Funktionsanzeigen. Und weil der Mensch auch nachts fährt, spielt das sogenannte

„Nachtdesign“ eine wichtige Rolle. Das Gerät muß auch bei Dunkelheit zu bedienen sein, ohne daß die Lichter blenden. Einsichtige Entwickler bieten hier für ein gewisses zusätzliches Entgelt sinnvolle Automatiken, die den Bedienenden möglichst wenig vom Fahren ablenken sollen – denn das ist schließlich seine Haupttätigkeit. Da gibt es Sendersuchläufe, die nicht nur die nächste Station, sondern den nächsten

Sender mit Verkehrs durchsagen automatisch suchen (und auch finden). Natürlich werden diese bevorzugt, auch bei Cassettenwiedergabe. Und über solche primitiven Dinge wie AFC (automatische Frequenzkontrolle) spricht heute kaum mehr einer, auch Störunterdrücker gibt es in nahezu allen Modellen, ebenso häufig einen gleitenden Übergang von Stereo auf Mono, weil die Empfängerfeldstärken wäh-

rend der Fahrt stark schwanken. Nur heißen diese (und andere Automatiken) bei jedem Hersteller anders, wobei der Phantasie keine Grenze gesetzt sind. Business as usual. Doch wir wollen nicht ungerecht sein. Fast jede Firma bringt ein kleines (oder großes) persönliches i-Tüpfelchen ins Programm. Das macht die Wahl des richtigen Geräts so erfreulich. Da gibt es beispielsweise getrennte Kurz-



Modell	Preis (ca. DM)	Rundfunkteil					Verkehrsfunkteil			Cassettenteil			Bemerkungen												
		Wellenbereiche	UKW-Stereo	PLL-Synthesizer	el. Suchlauf	Handabstimmung	Speicher	Frequenzanzeige	AFC/DFC	Stereo-/Mono-Autom.	Störaustastung	Decoder	Speicher	Suchlauf	Bereichsanzeige	Variton	Stereowiedergabe	Autoreverse-Betr.	Gass./Ausschub/Einzug	Schneller Vor-/Rücklauf	Bandsortenwähler	Dolby o. ä.	Suchautomatik	Bandtaufüberwachung	Ausgangsleistung (W) an (Ω)
Hamburg SQM 24	668,-	MU	●	●	●	-	2x5	LCD		●	●	●	-	●	-	●	-	●	-	●	-	-	●	2x10/2	2. Empfänger!
Heidelberg SQR 24	748,-	LMU	●	●	●	-	3x5	LCD		●	●	●	-	●	-	●	-	●	-	●	●	DNR	●	2x10/2	Spurlogik
Bremen SQR 34	898,-	LMU	●	●	●	●	2x6	LCD		●	●	●	●	●	-	●	●	●	●	●	●	Dolby	●	4x7/4	Fader, Spurlogik
<b>Fisher</b>																									
AX 730	548,-	LMU	●	●	●	●	2x6	Skala		●	●	●	-	●	-	●	●	●	-	●	-	-	-	2x15/4	Nachtdesign, Snap-in-Montage
AX 750	648,-	LMU	●	●	●	●	3x6	LED		●	●	●	-	●	-	●	-	●	●	●	-	-	-	4x4/4	Fader, Snap-in-Montage
AX 770	848,-	LMU	●	●	●	●	3x6	LED		●	●	●	-	●	-	●	-	●	●	●	Dolby	-	2x12/4	Fader, Snap-in-Montage	
<b>Grundig</b>																									
WKC 2038 VD	348,-	MU	●	-	-	●	-	Skala	●	●	●	●	-	-	-	●	-	-	●	-	-	-	●	2x10/	
WKC 2058 VD	448,-	MU	●	-	-	●	-	Skala	●	●	●	●	-	-	-	●	●	●	●	●	-	-	●	4x5/	Fader
WKC 2837 VD	598,-	MU	●	●	●	●	12	LED	●	●	●	●	4	●	-	●	●	-	●	●	-	-	●	2x10/	
WKC 3858 VD	798,-	LMU	●	●	●	●	16	LCD	●	●	●	●	4	●	●	●	●	-	●	●	Dolby	-	4x6/	Fader	
WKC 3867 VD	948,-	LMU	●	●	●	●	16	LCD	●	●	●	●	4	●	●	●	●	●	●	●	-	-	●	4x22/	Fader, Booster

wellenbandempfänger bei Becker und bei Grundig, hinter denen der Mittelwellenbereich des Autoradios die Funktion des ZF-Verstärkers übernimmt. Oder bei Hitachi: hier gibt es für alle Modelle einen „Einbaukragen“, in den das Gerät einfach hineingesteckt wird (andere Firmen haben ähnliches). Das weiß jeder zu schätzen, der beim normalen

Aus- und Einbau seines Autoradios die Wundpflasterhersteller in die schwarzen Zahlen gebracht hat, von den Spezialwerkzeugherstellern ganz zu schweigen. Außerdem bringt die gleiche Firma eine automatische Lautstärkeeinstellung, in der ein Mikrofon die Innengeräusche des Wagens mißt sowie automatischen Cassetteneingang über einen

Motor. Gelhard wiederum kennt seine jugendlichen Fans, baut bunte Autoradios und läßt eine Warnanzeige aufleuchten, wenn die eingestellte Lautstärke die Verkehrsgeräusche übertönt. Grundig dagegen denkt mehr an die leisen Autos und läßt den Warnton beim Verlassen des Verkehrsfunk-Sendegebiets erst einmal leise anklingen,

bevor er anschwillt. Mitsubishi senkt bei Mehrwellenempfang die Höhen ab, um das „Zwitschern“ zu vermeiden, und Kenwood sucht sich selbst einen neuen Sender, wenn der eingestellte „verblaßt“. Philips hat sich zu diesem Thema etwas anderes einfallen lassen – für bis zu sechs Programme werden jeweils bis zu zehn (!) Frequen-



Modell	Preis (ca. DM)	Rundfunkteil						Verkehrsfunkteil			Cassettenteil			Bemerkungen									
		Wellenbereiche	UKW-Stereo	PLL-Synthesizer	el. Suchlauf	Handabstimmung	Speicher	Frequenzanzeige	AFC/DFC	Stereo-/Mono-Autom.	Störaustastung	Decoder	Speicher	Suchlauf	Bereichsanzeige	Warnton	Stereowiedergabe	Autoreverse-Betr.	Cass.-Ausschub/Einzug	Schneller Vor-/Rücklauf	Bandsortenwähler	Dolby o. ä.	Suchautomatik
Gelhard GXR 225	465,-	LMU	● - -	-	●	-	Skala		●	- - -	-		●	-	-	● ●	● -	-	●	2×10/4	Nachtdesign, Leistungsanz.		
GXR 250	709,-	LMU	● ● ●	● ●	3×6	LCD		● ●	●	-	● - -	●	●	●	●	● ●	● -	-	●	2×10/4	Nachtdesign		
Hitachi Combi 3	448,-	LMU	● - -	-	●	-	Skala	● ● ●	●	- - -	● - -	●	●	●	●	● ●	-	-	●	2×10/2	Cass.-Einzug, Nachtdesign		
Digital 5	598,-	LMU	● ● ●	● ●	3×6	LCD		● ●	●	-	● - -	●	●	●	●	● ●	-	-	●	4×5/4	Cass.-Einz., Nachtdesign, Fader		
Digital 7	748,-	LMU	● ● ●	● ●	3×6	LCD		● ●	●	-	● - -	●	●	●	●	● ●	-	-	●	2×14/4	Cass.-Einz., Nachtdesign, Fader		
Digital 8	898,-	LMU	● ● ●	● ●	3×6	LCD		● ●	●	-	● - -	●	●	●	●	● ●	Dolby	-	●	2×16/4	Cass.-Einz., Nachtdesign, Fader, Lautstärke-Autom.		
Kenwood KRC-300 D	498,-	MU	● - -	-	●	2+3	Skala	● ● ●	●	- - -	-	●	●	●	●	● ●	-	●	2×20/4				
KRC-500 D	748,-	MU	● ● ●	●	5+5	LED		● ● ●	●	-	● - -	●	●	●	●	● ●	-	●	2×5/4	Vorverstärker ausg. 150 mV			
KRC-700 D	998,-	MU	● ● ●	●	5+5	LED		● ● ●	●	-	● - -	●	●	●	●	● ●	Dolby	●	2×20/4	Vorverstärker ausg. 300 mV, Fader			

Fettdruck △ Sinusleistung

zen eingespeichert, der Empfänger sucht sich die jeweils beste laufend selbst aus. Doch den Vogel hat Blaupunkt abgeschossen. Dort wird in ein Gerät für nur 670,- DM gleich ein zweiter Empfänger ausschließlich für den Verkehrsfunk eingebaut, der automatisch nach Senderkennung und Bereichskennung seine Stationen aussucht und

bei Durchsagekennung alles andere „erschlägt“. Damit hat die klassische Musik im Auto endlich Chancengleichheit, und es ist kein Wunder, daß es für diesen Gag den ADAC-Preis '84 gab. Sie finden das Gerät ebenfalls in der Tabelle. Und damit kommen wir zur Auswahl. Wir haben nur Autoradios mit festeingebauten Endstufen berücksichtigt.

Equalizer, Booster und Autolautsprecherboxen führen nahezu alle Hersteller, ja es gibt die unterschiedlichsten Klangphilosophien über Stereo im Auto. Sicher ist nur eines: Hi-Fi nach DIN 45500 gibt es nur bei stehendem Fahrzeug, bei rollendem ist der Geräuschabstand nicht einzuhalten. Bei richtiger Lautsprecheranordnung ähnelt die

Wiedergabe der Kopfhörerstereoфонie, sie kann sehr angenehm klingen. Vor zu hoher Lautstärke wird gewarnt, sie lenkt vom Verkehrsgeschehen ab. Deshalb haben auch Booster hoher Leistung nur dann Sinn, wenn der Wirkungsgrad der Lautsprecher ungünstig ist. Solche Booster abzuschalten vergibt jeder nur einmal.

Winfried Knobloch



Modell	Preis (ca. DM)	Rundfunkteil					Verkehrsfunkteil			Cassettenteil					Bemerkungen								
		Wellenbereiche	UKW-Stereo	PLL-Synthesizer	el. Suchlauf	Handabstimmung	Speicher	Frequenzanzeige	AFC/DIG	Stereo-/Mono-Autom.	Störaustastung	Decoder	Speicher	Suchlauf	Bereichsanzeige	Warnton	Stereowiedergabe	Autoreverse-Betr.	Cass.-Ausschub/Einzug	Schneller Vor-/Rücklauf	Bandsortenwähler	Dolby o. ä.	Suchautomatik
Mitsubishi RX-780	598,-	MU	● ● ● ● ●	6+6	LED			● ● ●	● -	● - - -		●	●	●	●	●	●	● -	Dolby	-	2x7/4	Mute-Taste	
Panasonic CQ-442 MK II	328,-	MU	● - - - ● -		Skala	● ● ● ● ●		● - - - -	● - - - -	● - - - -		●	●	●	●	●	●	● -	-	-	2x5/4		
CQ-754	498,-	LMU	● - - - ● 5		Skala	● ● ● ● ●		● - - - -	● - - - -	● - - - -		●	●	●	●	●	●	● -	-	-	2x5/4		
CQ-844	728,-	LMU	● ● ● ● ●	3x6 +1(LW)	LCD	● ● ● ● ●	● ● ● ● ●	● - - - -	● - - - -	● - - - -		●	●	●	●	●	●	● -	-	-	2x5/4	autom. Suchlaufstart, Stoppuhr	
CQ-874	898,-	LMU	● ● ● ● ●	4x6	LCD	● ● ● ● ●	● ● ● ● ●	● - - - -	● - - - -	● - - - -		●	●	●	●	●	●	● -	Dolby	-	2x13/4	Zeitanzeige, Fader	
Philips Caravan 635	368,-	LMU	● - - - ● -		Skala	● ● ● ● ●		● - - - -	● - - - -	● - - - -		●	●	●	●	●	●	● -	-	-	2x15/2		
Racing 744	559,-	MU	● ● ● ● ●	4+4	LCD	● ● ● ● ●	● ● ● ● ●	● - - - -	● - - - -	● - - - -		●	●	●	●	●	●	● -	dB	-	2x14/2		
MCC 914	988,-	LMU	● ● ● ● ●	3x6+60	LCD	● ● ● ● ●	● ● ● ● ●	● - - - -	● - - - -	● - - - -		●	●	●	●	●	●	● -	●	●	2x15/2	siehe Text	
Pioneer KE 473 SDK	548,-	LMU	● ● ● ●	3x6	LCD	● ● ● ● ●	● ● ● ● ●	● - - - -	● - - - -	● - - - -		●	●	●	●	●	●	● -	●	●	2x6,5/		
KE 5230 SDK	648,-	LMU	● ● ● ●	3x6	LCD	● ● ● ● ●	● ● ● ● ●	● - - - -	● - - - -	● - - - -		●	●	●	●	●	●	● -	●	●	2x6,5/	Nachtdesign	
KE 8300 SDK	948,-	LMU	● ● ● ●	3x5	LCD	● ● ● ● ●	● ● ● ● ●	● - - - -	● - - - -	● - - - -		●	●	●	●	●	●	● -	Dolby	● ●	2x6,5/	Fernbedienung	
Sharp RG-375	448,-	LMU	● - - - ● -			● ● ● ● ●	● ● ● ● ●	● - - - -	● - - - -	● - - - -		●	●	●	●	●	●	● -	Dolby	● ●	2x20/	Equalizer	

Auto-Navigationssysteme heute und morgen

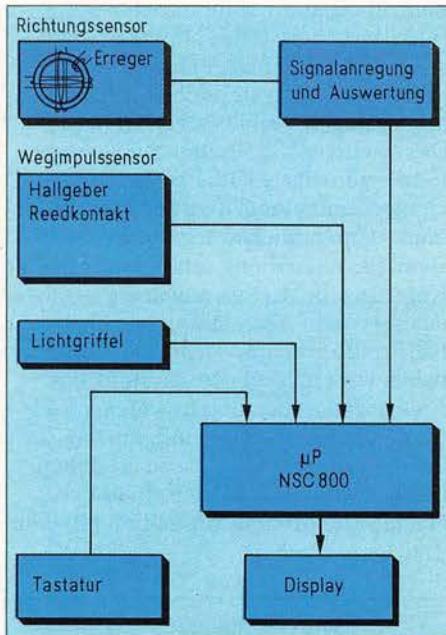
# Pfad-finder

Wer kennt das nicht: Fremd in einer anderen Stadt als Fahrer in seinem Wagen ohne Beifahrer, die Karte auf dem Nebensitz – Straße und Zielort unbekannt. – Auto-Navigationssysteme sollen hier helfen. Wir stellen zwei Verfahren vor, ein drittes folgt demnächst.

Autobahnausfahrt Hamburg-Bahrenfeld. Ein ortskundiger Fahrer will zur AEG nach Wedel. Auf dem Beifahrersitz neben ihm liegt ein viel-seitiger Stadtplan von Hamburg. Der Fahrer landet unmittelbar nach dem Abfahren von der Autobahn vor einer roten Ampel. Er freut sich darüber, denn das gibt ihm Gelegenheit sich kurz im Stadtplan zu orientieren. Zu kurz..., aber die Richtung stimmt, hoffentlich. Wann kommt die nächste rote Ampel, grüne Welle, Sch... Orientierung in einer fremden Stadt. Wer kennt diese Probleme nicht? Und wer kennt nicht auch die Verkehrssituation, in der ein offenkundig ortsfremder Fahrer unberechenbar vor einem fährt, die Spur wechselt, unvermutet ohne Ankündigung abbiegt. Der Ortsfremde, ein Verkehrsrisiko? Ganz sicher.

Warum, so fragt man sich unwillkürlich bei diesen Überlegungen, gibt es denn eigentlich keine Navigationshilfen für Autofahrer? Warum es sie früher nicht gab, ist noch relativ einfach zu beantworten. Sie wären kaum machbar, in jedem Fall aber zu teuer gewesen. Und seit dem nicht mehr so ist, arbeitet die einschlägige Industrie mit Hochdruck daran.





So einfach sieht das Blockschaltbild des City-Piloten aus. Das besondere Know-how steckt in der Auswertung der Informationen des Richtungssensors.

### „Wir haben Versuchsfahrzeuge in mehreren Großstädten laufen.“

Ende des Jahres, so hofft VDO, die ersten „City-Piloten“ beim Kunden zu haben. So um die 1500 DM wird das Gerät kosten, anfangs zumindest. Bisher kannte die Elektronik noch immer die Preissprünge nach unten, wenn's erstmal in die Großserie ging.

VDO's „City-Pilot“ ist der Anfang; ein anderes Verfahren, Blaupunkts „Eva“ kommt erst in ein paar Jahren, es ist sogar BMFT-gefördert und wird dann zum Allerfeinsten auf diesem Gebiet gehören – allerdings nur dann, wenn die sicherlich nicht unrealistischen Erwartungen der Hildesheimer Forscher auch alle erfüllt werden.

Bleiben wir aber zunächst beim „City-Pilot“. Ein Prototyp davon ist in einem dunkelblauen BMW eingebaut, den wir an einem regnerischen Frühsommertag vor dem VDO-Gebäude in Bad Schwalbach besteigen. Dr. Helmut Angermüller, Abteilungsleiter in der Zentralentwicklung, ist der Erfinder des „City-Piloten“.

Er zeigt uns ein Display, das gegenwärtig noch unterhalb des Amaturenbretts angebracht ist (keine Angst, es wird da nicht bleiben). Wir sehen einen grünen Richtungspfeil und eine Entfernungsgabe 5,18 km.

„Der Richtungspfeil zeigt Ihnen die Richtung, in der Sie fahren müssen. Die Kilometer-Angabe ist die Luftliniendistanz zu Ihrem Ziel.“

Dabei bedeutet ein nach oben gerichteter Pfeil nicht etwa Norden, sondern geradeaus. Entsprechend ein nach rechts gerichteter Pfeil nach rechts orientieren. Und fährt man gar in entgegengesetzter Fahrtrichtung, dann zeigt der Pfeil nach unten.

Wir aber wollen den „City-Piloten“ live erleben und geben Helmut Angermüller ein Ziel vor. Dazu gibt er dem System zunächst einmal die Koordinaten des Zielortes, dann die des Startpunktes ein. Er hat dazu zwei Möglichkeiten. Einmal die genaue Kilometerangabe in nördlicher/südlicher Richtung und in östlicher/westlicher Richtung – eine Art und Weise, die sicherlich dem einen oder anderen zu kompliziert ist.

Die andere Möglichkeit bietet ein entsprechend präparierter Straßenatlas. Der enthält nämlich in einem Strichcode auf jedem Kartenteil die Informationen über den Kartenausschnitt, Nummer des Kartennatlas (also die Stadt), Deklination (Abweichung des magnetischen vom geographischen Nordpol), Maßstab usw. Der Abfahrts- und Zielort werden über ein rechtwinkliges Lineal bestimmt; dazu befindet sich auf diesem Lineal eine Millimetereinteilung, und zwar sowohl für die Höhe als auch für die Breite von bestimmten Fixpunkten außerhalb der Karte. Und den Rest macht ein Lichtgriffel. Der kriegt, wie nicht anders zu erwarten, aus der Anzahl der Millimeterstriche und dem Strichcode alle Informationen, die er braucht, um seinen Computer entsprechend arbeiten zu lassen.

Und der tut das auch. Wir haben inzwischen Helmut Angermüller ein Ziel vorgegeben: die Kirche in Niederhöchstadt. Dabei haben wir ihm nicht gesagt, wo es hingehört, wir wollen ja den „City-Pilot“ und nicht die Ortskenntnisse von Helmut Angermüller testen.

Das Display zeigt uns eine optimale Fahrtrichtung und eine laufend wechselnde Entfernungsgabe, abnehmend. Wir fahren nicht in diese Richtung. Eigentlich müßten wir uns links halten. „Es hat wenig Sinn, in jede kleine Nebenstraße einzubiegen, wenn Sie noch etliche Kilometer vom Ziel entfernt sind.“ Das leuchtet ein.

Wir haben uns ein paar Kilometer bewegt und stellen natürlich die Frage, woher das System seine Informationen über zurückgelegte Wegstrecke und Fahrtrichtung erhält. Die Messung der zurückgelegten Wegstrecke beruht auf dem Koppelortungsverfahren, hierbei zerstückelt man den Weg in willkürlich kleine Schritte, die (vektoriell) addiert werden.

Und die Richtung wird mit Hilfe des Erdmagnetfelds ermittelt. „Unser Rich-

tungssensor ist eine abgewandelte Förstersonde, eine sogenannte Magnetfeldsaturationssonde,“ weiß Helmut Angermüller und fährt fort: „Der Kern dieser Sonde besteht aus weichmagnetischem Material, um das zwei Spulen gewickelt sind, die orthogonal aufeinanderstehen. Damit messen wir die Horizontalkomponente des Erdmagnetfeldes. Je nachdem, in welche Richtung das Auto fährt, wird einmal die eine, zum zweiten die andere Spule vom Magnetfeld durchflutet und gibt ein entsprechendes Signal ab.“ Beide Signale (Richtung und Weg) werdet ein Mikroprozessor aus, korrigiert sie entsprechend der Kalibrierungsfahrt und zeigt auf dem Display die erwähnten Informationen an.



Dr. Helmut Angermüller aus der Zentralentwicklung von VDO, Schöpfer des City-Piloten: „Ende des Jahres hoffen wir, unser System auf dem Markt zu haben.“

### „Zum Kalibrieren müssen Sie einmal im Kreis und zusätzlich eine längendefinierte Strecke fahren“

Apropos Kalibrierungsfahrt. Dieser Begriff bringt uns darauf, daß das ganze System ja anfangs unbedingt mal geeicht und initialisiert werden muß. Und das ist ganz einfach. Sie fahren eine definierte Wegstrecke (500 m, 1000 m, 1500 m usw.), etwa auf der Autobahn, weil dort die Kilometerangaben außerordentlich präzise sind. Und Sie fahren einmal im Kreis. Damit teilen Sie dem System mit, wo Norden ist, zumindest magnetisch. Und das geschieht, wie kaum anders zu erwarten über die erwähnte Försteronde, die ja bei einer Kreisfahrt auch irgendwann einmal Maximalwerte mißt. Ein paar hundert Meter vor unserem Ziel sagen wir unserem Fahrer den tatsächlichen Zielort: die Niederhöchstädt Kirche. Er soll sich jetzt auch an dem Ziel selbst orientieren können.

„Wenn Sie erwarten, daß Sie das System genau zu Ihrem Ziel hinführt, muß ich Sie leider enttäuschen,“ so Helmut Angermüller. „Der ‚City-Pilot‘ führt Sie ungefähr dorthin. Ungefähr heißt, daß das System im Mittel einen Fehler von 3 % macht.“



Via Lichtgriffel werden die Informationen von Start- und Zielort eingegeben. Anhand des Strichcodes (siehe Seite 20 oben) und der Millimeterzählungen erkennt der Computer die Positionen.

Wir stehen vor der Kirche. Unser Fehler ist weit geringer. Es ist gerade ein halbes Prozent. Ein Sonntagsschuh? „So können Sie es nennen. Denn überlegen Sie mal, welche Ursachen der Fehler haben kann,“ gibt Helmut Angermüller zu bedenken.

Da sind die Ungenauigkeiten der Karten, die Ungenauigkeit der Eingabe, die Schwankungen und Abweichungen des Erdmagnetfeldes und allerlei Einflüsse von außen. Straßenbahnen etwa, da entstehen, wegen des Magnetfelds, das die mit Gleichstrom angetriebenen Motoren produzieren, Verzerrungen des Erdmagnetfeldes. „LKW's mit Lautsprecherboxen sind ein Trauma,“ ergänzt Helmut Angermüller unsere Überlegungen. Und auch an Eisenvorkommen neben der Straße gehen unsere Überlegungen nicht vorbei.

Natürlich kompensieren sich manche dieser Einflüsse auch, und unlogische Fehler korrigiert das System selbst. Bleiben noch zwei Dinge zu erwähnen. Die Bedienung ist in der Praxis natürlich noch einfacher, weil man in der Regel nur den Zielort eingeben muß. Der Startpunkt war ja immer auch ein Zielpunkt. Und: 99 verschiedene Ziele können Sie vorprogrammieren.

Mit diesem „City-Pilot“ hat man auf diesem Gebiet einen bedeutenden Anfang gemacht. Und was bringt die Zukunft?

## „Geht das technisch überhaupt?“

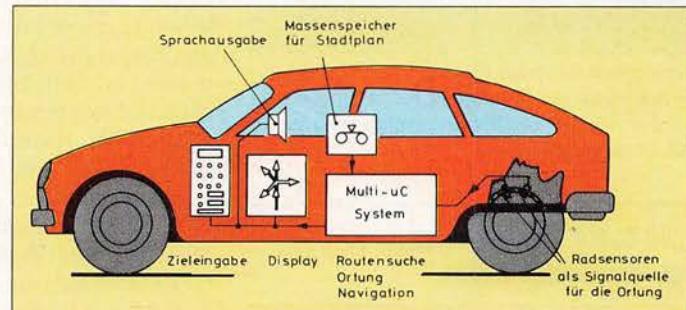
Bei Blaupunkt kam man 1978 darauf, etwas Ähnliches wie eine Verkehrslenkung auf Autobahnen auch für Städte und Gemeinden zu entwickeln. Man erkannte relativ schnell, daß hier möglicherweise zu viele neue Komponenten eingesetzt werden müßten und somit die

Blaupunkts „Eva“-System für Kraftfahrzeuge wird wohl erst in vier bis fünf Jahren marktreif sein.

Möglichkeiten eines Unternehmens überschritten werden könnten. Und so trat man an das Bundesministerium für Forschung und Technologie heran, um Zuschüsse für die Entwicklung eines elektronischen Verkehrslotsen für Autofahrer zu erhalten, der den Fahrzeugführer in Straßennetzen von Großstädten und Ballungsräumen von seinem individuellen Startpunkt zu seinem individuellen Ziel bringen soll, und zwar auf dem kürzesten Weg – nicht unbedingt auf dem besten. Es sollte ein Funktionsmuster hergestellt werden, um die technische Machbarkeit nachzuweisen. Die Mittel wurden bewilligt, und seit 1980 bis Ende dieses Jahres zahlt der Bund 50 Prozent, das sind rund 3,5 Millionen Mark, die andere Hälfte muß allerdings Blaupunkt selbst aufbringen.

Vorgenommen hatte man sich ein System, das keine Infrastruktur braucht und dessen Intelligenz vollständig im Fahrzeug sitzt. Es war auch recht frühzeitig klar, daß das Gesamtsystem im wesentlichen aus vier Komponenten bestehen soll. Dr.-Ing. Otmar Pilsak, Vater von „Eva“ (Elektronischer Verkehrslotse für Autofahrer), wie dieses System heißt, aus der Vorentwicklung Nachrichtentechnik: „Da ist einmal das Kommunikationssystem mit der Eingabe für den Zielort und die Ausgabe der Fahranweisungen, möglichst per Sprachausgabe,

denn ein Display kann nur eine Stützfunktion haben. Dabei sind wir davon ausgegangen, daß die Fahranweisungen so sind, wie man sie auch von einem ortskundigen Beifahrer erwartet. Das zweite ist das Routen-Suchsystem für die günstigste Fahrstrecke. Das machen wir mit einem digitalisierten Stadtplan. Dann brauchen wir ein Ortungssystem, das dazu dient, ortsgenau vor jeder Kreuzung die Anweisungen auszugeben, das aber auch Abweichungen von der Fahrtroute erkennt. – Und schließlich haben wir ein Navigationsystem, das Auskunft darüber gibt, in welcher Richtung gefahren werden muß, um das Ziel auf dem günstigsten Weg zu erreichen. Dieses System macht also einen Vergleich von Soll- und Istposition mit dem Ziel.“



Alle vier Komponenten sind im Fahrzeug innerhalb des Blechmantels untergebracht. Es besteht aus einem Multi-Prozessor-System, das die genannten Aufgaben Routensuche, Ortung und Navigation erfüllt; dazu gibt es eine Tastatur für die Zieleingabe und natürlich die Sprachausgabe sowie ein Display, zu deren Stützung (siehe Titelbild). In einem Massenspeicher ist der Stadtplan digitalisiert.

Wir erleben das System in der Praxis. Otmar Pilsak gibt die Codewerte ein, Daten von Start- und Zielort (das Hildesheimer Krankenhaus). An der Werksausfahrt beginnt das Versuchsgelände mit dem digitalisierten Stadtplan. „Eva“ meldet sich, mit völlig ungewöhnlicher Stimme: „Links einordnen“. – Und ein paar Sekunden später: „Links abbiegen“. Die Anforderungen an das System sind erheblich. Immerhin muß es so genau sein, daß bei der Fahrzeugortung zwei aufeinander folgende Kreuzungen unterscheidbar sind. Das bedeutet konkret, mehr als 25 Meter dürfen das nicht sein.

Ferner ist daran gedacht, das System nicht nur statisch arbeiten zu lassen, sondern auch aufgrund der Kenntnis des Stadtplans eine dynamische Führung zu ermöglichen, wozu eine Beeinflussung durch einen Datenkanal von außen möglich sein müßte.

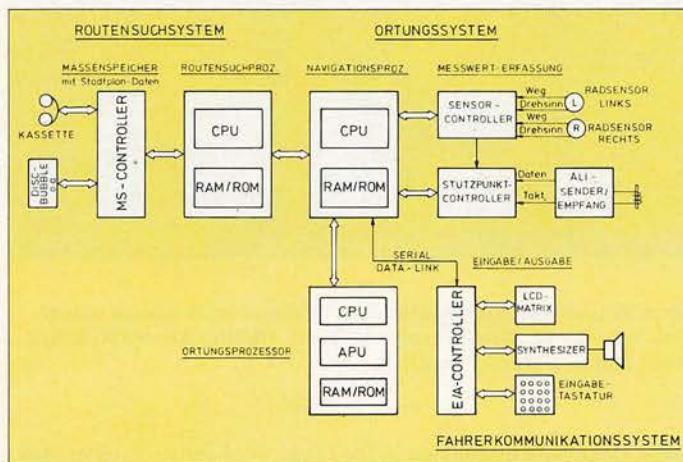
**„Beim Koppel-Ortungsverfahren sind sowohl Weg als auch Winkelerfassung nicht fehlerfrei.“**

Grundvoraussetzung für einen solchen Verkehrslotsen, wie ihn sich Blaupunkt vorstellt, ist natürlich die genaue Kenntnis des Systems darüber, wo man sich gerade befindet. Ortungsverfahren gibt es viele, aber nur ganz wenige sind für den Straßenverkehr geeignet. Aus nahe-

liegenden Gründen geht es schon gar nicht mit optischen Verfahren. Funkortungsverfahren scheiden deswegen aus, weil es durch Reflexion zu erheblichen Laufzeitunterschieden kommt, und da der Ort aus der Laufzeit ermittelt wird, treten Fehler von im Mittel mehreren hundert Metern auf.

So kam man schließlich auf das sogenannte Koppelnaviationsverfahren (eigentlich müßte es heißen: Koppelortungsverfahren). Ausgehend von einer bekannten Startposition, die als Initiali-

sierungsschritt eingegeben werden muß, werden hierbei Wegelemente nach Länge und Richtung ermittelt, also sogenannte Vektoren; und diese Vektoren addiert man ganz einfach und kommt so von seiner Startposition laufend zu einer aktuellen Istposition. Das Verfahren ist allerdings mit relativ großen Fehlern behaftet, vor allem wenn man weiß, wie Wegstrecke und Winkel ermittelt werden. Die Wegmessung erfolgt, wie meist üblich, über ein tachometrisches Verfahren. Bei der Winkelmessung bedient man sich eines planimetrischen Verfahrens. Dabei werden an den beiden hinteren, nicht angetriebenen Rädern Radsensoren angebracht, die pro Radumdrehung eine bestimmte Anzahl (im konkreten Fall 96) von Impulsen liefern. Wenn das Fahrzeug exakt geradeaus fährt und beide Reifen den gleichen Durchmesser haben, dann liefern rechtes und linkes Rad immer die gleiche Anzahl von Impulsen; fährt das Fahrzeug um die Kurve, kommen vom Kurvenaußenrad mehr Impulse als vom Kurveninnenrad, weil es einen größeren Weg zurücklegt. Diese Wegdifferenz ist genau proportional zur Winkeländerung, die die Längsachse des Autos ge-



Systemkonzept des Eva-Geräts. Die Speicherung über Cassette ist heute nicht mehr aktuell. Die Zukunft gehört wohl der CD-Platte.

## Javaanse Jongens. Mehr muß der Spaß nicht kosten.

Als Milder 4,30 DM. Als Halfzwaren 4,50 DM. Als Sterke Shag 4,30 DM. Für ca. 50 frische Drehs aus Holland.



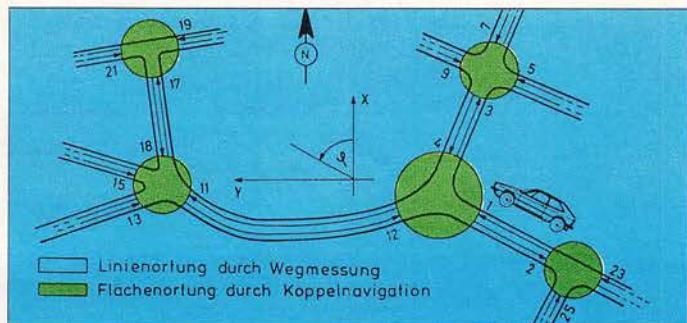
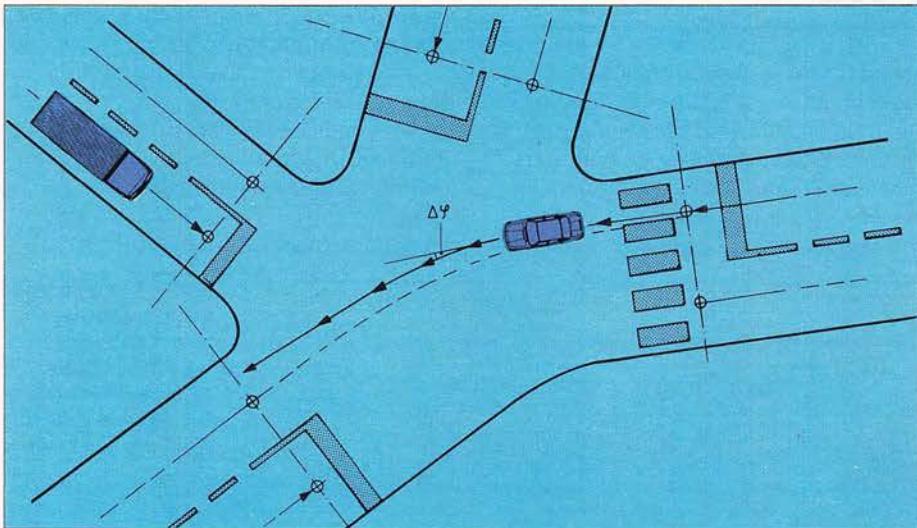
macht hat. Dabei spielt in diesem System, wie man sieht, die Zeit überhaupt keine Rolle.

Natürlich ist das Ganze nicht fehlerfrei, und in der Praxis ergeben sich durch Weg und Winkelerfassung Abweichungen von circa 3 %.

„Wir verwenden es dennoch“, so Otmar Pilsak, „denn wir haben ja an Bord eine Netzabbildung, den digitalen Stadtplan (den brauchen wir ja, um die beste Route zu ermitteln). Und wenn wir jetzt in diesem digitalen Stadtplan noch zusätzlich Daten über den Verlauf des Straßennetzes, also über geometrische Größen, etwa wie das Straßennetz geformt ist, abspeichern, dann können wir mit Hilfe dieses Stadtplans die Fehler bei der Koppelortung korrigieren. Dabei setzen wir natürlich voraus, daß sich das Fahrzeug immer auf der Straße befindet. Kommt nun das Fahrzeug rein rechnerisch von der Straße ab, dann können

wendet werden kann. Elektrisch sieht es allerdings ganz anders aus. Denn selbstverständlich muß bei „Eva“ die Geschwindigkeit statisch gemessen wer-

den, also bis zur Geschwindigkeit 0, und darüber hinaus muß auch der Drehsinn des Rades erfaßbar sein. Gleichwohl, immerhin würde die zusätzliche, bei ABS



Oben: Koppelortung nennt man ein Verfahren, bei dem man seinen Standort über die Wegstrecke (vektorielle Addition kurzer Wegstückchen) und den Winkel ermittelt.

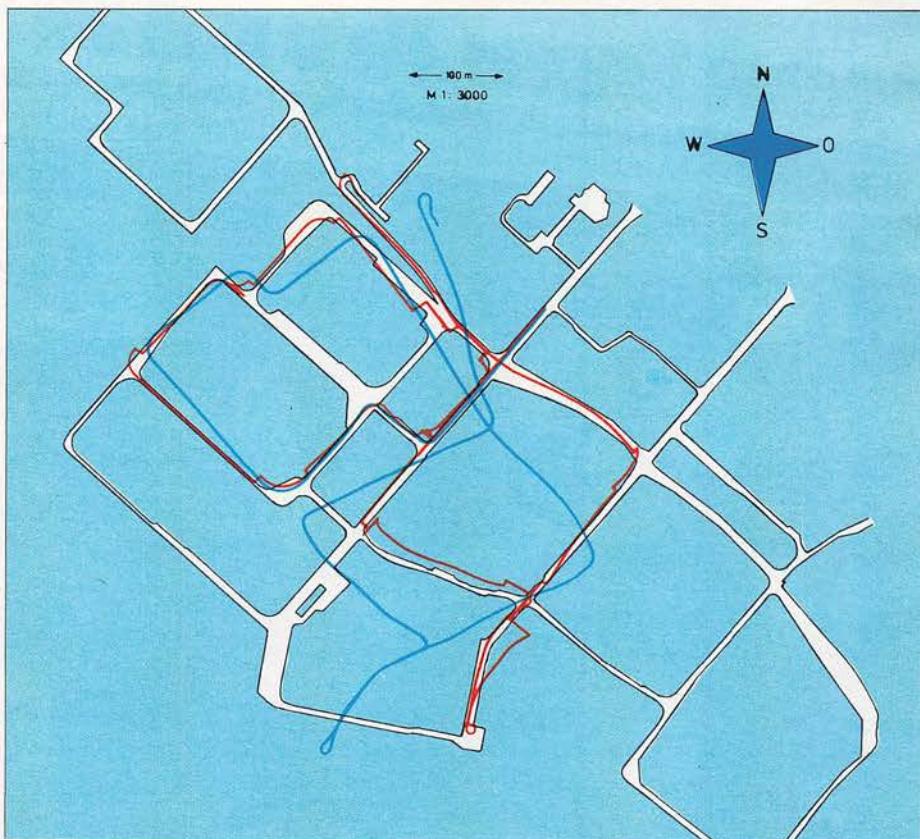
Links: Das Eva-Ortungskonzept. Die Fehler der Koppelortung werden durch die Stadtplan-Information im Computer korrigiert.

Unten: Meßfahrten mit Eva. Blaue Linie: nur mit Koppelortung ohne Korrektur. Rote Linie: korrigierte Strecke durch Stadtplaninformation.

wir es immer wieder auf die Straße heraufsetzen.“

Aber schließlich ist ja auch der Fall vorstellbar, daß die Durchmesser der beiden Reifen nicht gleich sind. Auch dann liefert der vorhandene Stadtplan die Korrekturhilfe. Otmar Pilsak: „In diesem Fall wird von der Koppelortung statt einer Geraden ein Kreis mit einem großen Durchmesser angezeigt. Kommen Sie nun an eine Kreuzung, sollen Sie einen Winkel von 90° fahren. Gemessen wird aber ein solcher von 100°, und schon weiß das System mit Hilfe der bereits überfahrenen Kreuzungen und Wegstrecken und eben unseres digitalisierten Stadtplans, daß hier ein Korrekturfaktor einzufügen ist.“

Der Fehlerquellen sind viele, und so gibt es schließlich noch eine, nicht ganz unerhebliche: den Reifenschlupf. Er kann auftreten beim Bremsen oder auch beim Beschleunigen. Um letzteres auszuschließen, sollen die Radsensoren an den nicht angetriebenen Rädern angebracht sein. Ersteres versucht man dadurch auszuschließen, daß „Eva“ meist in Fahrzeuge mit ABS eingebaut werden dürfte. Dies hat zudem den Vorteil, daß die Mechanik des ABS-Sensors mitver-



erforderliche Scheibe mit ihren 96 Kerben zur Kostenersparnis bei einem Eva-Gerät beitragen.

Wir kommen an eine Kreuzung. „Eva“ gibt uns zu verstehen, daß wir nach rechts abbiegen. Pressesprecher Norbert Hahn ist mit dieser Entscheidung nicht ganz einverstanden. Otmar Pilsak aber weiß: „Das ist tatsächlich der kürzere Weg.“ Also rechts rum.

### „Auf einer CD-Platte können wir das Straßennetz der gesamten Bundesrepublik digital unterbringen.“

Für die Digitalisierung des Stadtplanes von Hildesheim wurden ungefähr 100 KByte Speicherplatz benötigt. Otmar Pilsak schließt daraus folgerichtig: „Also brauchen wir pro Einwohner circa ein Byte.“ Und das erklärt auch, warum das ursprünglich vorgesehene Speichermedium, Cassette, für die Anwendung bei der Einführung dieses Verfahrens ausscheidet: auf der Cassette können nämlich maximal 500 KByte untergebracht werden. Ganz anders sieht es dagegen aus, wenn man sich als Speichermedium der Compact-Disc bedient. Otmar Pilsak: „Die hat nämlich die Fähigkeit, das gesamte Straßennetz der Bundesre-

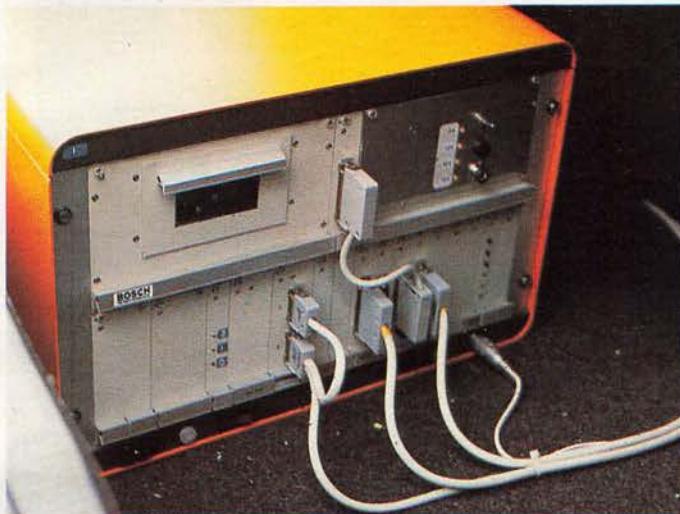
te, die ja bis maximal ein Jahr aktuell sein wird, kosten würde, antwortet Otmar Pilsak vorsichtig: „Ich rechne mit etwa 25...30 DM.“

Da scheint Skepsis angebracht, denn schließlich ist es nicht gerade von Pappe, die gesamte Bundesrepublik Deutschland zu digitalisieren (wenn auch nur ihr zweidimensionales Abbild). Otmar Pilsak gibt sich optimistisch: „Es wird an allen möglichen Stellen über Digitalisierung der Bundesrepublik nachgedacht. Das fängt an bei den Kartenverlagen, das geht weiter über die Landesvermessungsämter, die ihre Vermessungen oft von Flugzeugen aus machen und sofort danach die entstandenen Filme digitalisieren, und das geht bis zu den Energieversorgungsunterneh-

**Dr. Otmar Pilsak, Vorentwicklung Nachrichtentechnik und Vater von „Eva“:**  
„In fünf Jahren dürfte der Preis für ein Eva-Gerät unter 1000 DM liegen.“



Ein Schrank voll Elektronik begleiteten „Eva“, damit alle Komponenten überwacht, gemessen, Daten gespeichert und später ausgewertet werden können. Ein Multiprozessor-System wird „Eva“ allerdings wohl auch im Endzustand sein.



publik Deutschland lückenlos zu erfassen, alle Groß- und Kleinstädte, alle Gemeinden, alle Außerortstraßen, komplett das ganze öffentlich befahrbare Netz, und zwar in der Form, wie wir es brauchen.“ 600 Mega-Byte sind bei der CD-Platte netto nutzbar, und 100 bis 120 Mega-Byte erwartet Otmar Pilsak, um eben diese Mammutmenge an Daten abzuspeichern. Und hierbei kommt die Hi-Fi-Entwicklung den Blaupunkt-Forschern auch noch entgegen. Denn schon in Kürze erwartet man den CD-Player auch im Auto.

Auf die Frage, was eine solche CD-Plat-

ten, die genau wissen wollen, wo ihre Leitungen liegen.“ Und hier will man als Trittbrettfahrer mitfahren, denn man geht davon aus, „den eigenen Bedarf gleich miteinspeisen zu können“. Schließlich berichtet Otmar Pilsak, daß die Digitalisierung von Hildesheim 100 000 DM gekostet hat, also rund eine Mark pro Einwohner. Rechnet man zwei Byte pro Einwohner (in Hildesheim benötigte man nur 1 Byte), dann braucht man für die Bundesrepublik 120 Mega-Byte, also rund 120 Millionen Mark. „Und wenn man das nicht forschungsmäßig, sondern gewerblich macht“, so

Otmar Pilsak, „dann habe ich die Hoffnung, daß die Digitalisierung der Bundesrepublik zwischen 10 und 60 Millionen Mark kostet.“

Wir sind am Zielort, dem Hildesheimer Krankenhaus angekommen, und selbstverständlich gehen unsere Fragen noch mehr in Richtung Zukunft. Schließlich scheint es ja nicht mehr ausgeschlossen, das System so auszubauen, daß auch eine Führung über Bundes- oder Landstraßen erfolgen könnte. Dabei fällt uns auf, daß, unter Berücksichtigung der Tatsache, Korrekturen immer an Kreuzungen erfolgen, das System lange gerade Strecken ohne Kreuzungen nicht besonders schätzen dürfte.

„Und genau da müssen wir etwas tun“, erläutert uns Otmar Pilsak, „mit diesen Untersuchungen fangen wir gerade an.“ Nun wissen wir zwar, daß man in fünf Jahren ein solches Eva-Gerät wird kaufen können, daß eine CD-Platte mit der digitalisierten Landkarte der Bundesrepublik circa 30 DM kosten soll, aber was kostet „Eva“ denn nun selbst? Die Akzeptanz dürfte wohl erst dann vorhanden sein, wenn die 1000-DM-Grenze unterschritten ist. Otmar Pilsak prophezeit: „Wir glauben, daß wir in einem Zeitraum von fünf Jahren die Kosten tatsächlich soweit senken können, daß wir unter 1000 DM Verkaufspreis liegen.“

Eine optimistische Prognose, wenn man bedenkt, daß gegenwärtig acht Prozessoren das System betreiben. Allerdings ist dabei zu berücksichtigen, daß für allerlei Forschungs- und Begleituntersuchungen im Moment auch eine Menge Elektronik zusätzlich eingesetzt werden muß. Und so meint denn auch Otmar Pilsak: „Die Anzahl der Prozessoren sollte uns eigentlich nicht schrecken, denn wir werden das System immer als Multi-Prozessorsystem auslegen, aber sicher nicht mehr in der Flexibilität, wie es für die Forschungsmaßnahmen gemacht wird. Schließlich haben wir die Hardware zu einem Zeitpunkt entwickelt, als das Systemkonzept nur schemenhaft in den Köpfen war.“ Und natürlich wird es dann auch so einige, etwas umständliche Bedienungsvorgänge nicht mehr geben, z. B., daß man statt Straße und Hausnummer verschlüsselt einzugeben, sie einfach alphanumerisch eingeben kann.

Vom Hildesheimer Krankenhaus müssen wir noch – und wir haben nur noch fünf Minuten Zeit – zum Hauptbahnhof. Lassen wir uns wieder von „Eva“ leiten. Nach den bisherigen Erfahrungen, ganz ohne Zittern – und tatsächlich, wir schaffen es sogar in vier Minuten, aber daran hatte auch der relativ geringe Verkehr seinen Anteil.

Henning Kriebel