

Durch seine umfangreiche Ausstattung mit elektronischen Präzisions-Meßgeräten und Normalien sowie die zweckmäßige Raumaufteilung in fünf Arbeitsplätze ermöglicht das in einem 10-t-Sattelaufleger untergebrachte Mobile Elektronik-Labor alle Kalibrierungs- und Prüfarbeiten an elektronischen Geräten. Mit einer dem Stand der Technik entsprechenden Genauigkeit lassen sich die elektrophysikalischen Größen von Gleichstrom bis ins Mikrowellengebiet darstellen und messen.

Mobiles Elektronik-Labor

Als Rohde & Schwarz den Auftrag erhielt, ein mobiles elektronisches Meß- und Eichlabor für universellen Einsatz zu liefern, stellten sich den Mitarbeitern an diesem Projekt vor allem zwei Probleme:

Das eine bestand darin, das erforderliche Spektrum an Normalien, Meßgeräten und Hilfsmitteln über den gesamten Bereich der allgemeinen elektrischen Meßtechnik und mit den höchsten Genauigkeitsanforderungen bereitzustellen. Dazu konnte das – wenn auch noch so umfangreiche – Programm einer einzigen Herstellerfirma nicht ausreichen. Wir waren jedoch in der Lage, auf das vielgestaltige Import-Programm der Rohde & Schwarz-Vertriebsgesellschaft zurückgreifen zu können, für das auch die spätere Betreuung sozusagen aus dem eigenen Hause – Rohde & Schwarz Werk Köln – gewährleistet ist. Darüber hinaus vervollständigen für einige sehr spezielle Meßaufgaben Geräte fremder Hersteller die Ausstattung.

Das andere Problem bestand darin, alle Geräte einschließlich Hilfsmitteln, Ersatzteilsortiment, Werkzeugen und Schriftmaterial in einem Fahrzeuganhänger (Sattelaufleger) unterzubringen, in dem zusätzlich nicht nur mehrere reguläre Laborarbeitsplätze zu installieren, sondern auch angemessene

Bedingungen für die teils recht empfindlichen Geräte und Normalien – also Raumklimatisierung und stoßsichere Unterbringung für den Transport – zu schaffen waren.

Rohde & Schwarz unterhält in seinem Tochterunternehmen Meßgerätebau GmbH, Werk Memmingen, eine Spezialabteilung für die Einrichtung von mobilen Funk- und Fernmeldeanlagen. Deshalb wurde dort die feste Einrichtung mit Mobilar, elektrischer Installation und Stromversorgung für das fahrbare elektronische Laboratorium ausgeführt. Unser Zweigwerk in Köln, das auf dem Gebiet der Reparatur und Kalibrierung elektronischer Spezialgeräte tätig ist, war nicht nur beratend für die Meßgeräteausstattung tätig, sondern steht auch für die spätere regelmäßige Wartung und Rekalibrierung zur Verfügung.

Aufgaben und Ausführung

Das Mobile Elektronik-Labor dient zur Darstellung und Messung aller elektrophysikalischen Größen für die Eichung und Prüfung elektronischer Präzisionsmeßgeräte und -meßmittel. Es ist für ortsveränderlichen Einsatz gedacht und dazu in einem 10-t-Sattelaufleger eingebaut (Bild 1). Der Anhänger ent-

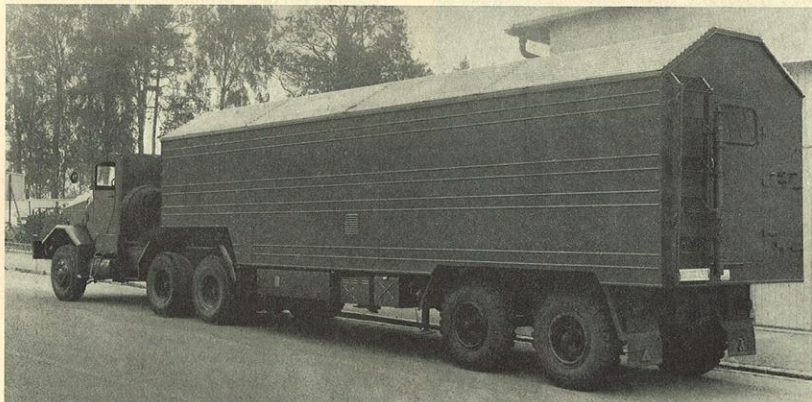


Bild 1 10-t-Sattelaufleger mit dem von Rohde & Schwarz eingerichteten Mobilem Elektronik-Labor.

Foto 14715

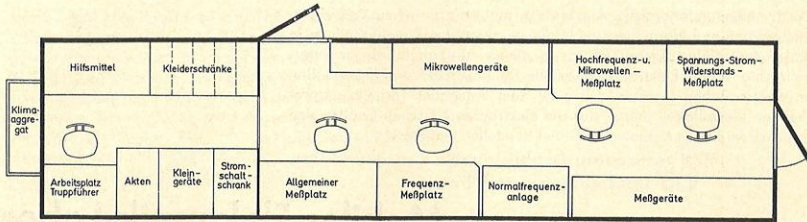


Bild 2 Raumaufteilung des Sattelaufflegers.

hält vier Arbeitsplätze normaler Dimension, dazu vorn im Wagen einen weiteren Arbeitsplatz für den Truppführer (Bild 2). Die Meßgeräte und Normalien sind in schwingmetallgelagerten Gestellen transport-sicher untergebracht. Sie lassen sich im Gestell betreiben, aber ebensogut auch herausnehmen und auf dem Arbeitsplatz aufstellen. An jedem Arbeitsplatz stehen alle gängigen Versorgungsspannungen zur Verfügung, wie 220 V 50 Hz, 115 V 60 Hz, 115 V 400 Hz und 28 V –, die zum Teil über rotierende geregelte Umformer gewonnen werden. Eine leistungsfähige Klimaanlage sorgt für die erforderliche Raumtemperatur, die auf $22^{\circ}\text{C} \pm 1^{\circ}\text{C}$ konstant gehalten wird bei einer relativen Feuchte von höchstens 60%. Neben dem selbstverständlichen Elektronikerwerkzeug gibt es umfangreiches mechanisches Werkzeug, mit dem sich im Bedarfsfall zum Beispiel auch kleinere Blecharbeiten ausführen lassen. Schließlich wurde auch für die persönlichen Bedürfnisse der

Besatzung gesorgt: Für heiße Tage ist im Fahrzeug ein kleiner Kühlschrank eingebaut; außerdem verfügt jede Person über einen verschließbaren Kleiderschrank. Das Mobile Elektronik-Labor wird am Arbeitsort aus dem jeweiligen Ortsnetz mit Strom versorgt. Zum Schutz gegen gefährliche Berührungsspannungen ist die Stromversorgung über Trenntransformatoren geführt. Die gesamte Anschlußleistung beträgt 20 kVA.

Geräteausstattung

Die Ausstattung des Labors umfaßt Geräte und Normalien zur Darstellung (aktive Geräte) und Messung (passive Geräte) der elektro-physikalischen Grundgrößen. Sie wird ergänzt durch viele Präzisions-Betriebsgeräte zur Messung und Darstellung extremer physikalischer Größen, wie Spannungen bei sehr hohen Frequenzen sowie sehr kleiner und sehr großer Meßgrößen, ferner durch Geräte zur Messung und Darstellung abgeleiteter Größen, wie Modulationsgrad, Klirrfaktor und Phase.

Mehrere Meßoszillografen mit den zugehörigen Einschüben runden die Ausstattung ab. Meßbereich und Fehlergrenzen aller Geräte des Mobilen Elektronik-Labors entsprechen dem Stand der Technik.

Die Meßgeräte und Normalien gliedern sich in folgende Gruppen auf:

Übertragungs- und Arbeitsnormalien

- Kapazitäten
- Induktivitäten
- Widerstände
- Impedanzen
- Güten

Meßgeräte und Meßhilfsmittel

- Gleich- und Wechselspannungsquellen
- Gleich- und Wechselstromquellen
- Voltmeter
- Selective Spannungsmesser und Meßempfänger
- Leistungsmesser
- Frequenzmeßgeräte
- Dämpfungsglieder
- Phasenmesser



Bild 3 Blick in das Mobile Elektronik-Labor. Foto 14782

Meßsender, Generatoren
 Modulationsmeßgeräte
 Klirrfaktormeßgeräte
 Allgemeine Mikrowellengeräte und -meßmittel
 Netzgeräte
 Oszillografen

Spezial-Mikrowellenmeßgeräte

Universalprüf- und Meßgeräte, Meßhilfsmittel

Allgemeine Hilfsmittel

Koaxiale Steckersystem-Übergänge, Umrüstteile
 Koaxiale Verbindungskabel

ferner
 Mechaniker- und Elektroniker-Handwerkzeug

Anordnung der Meßgeräte und Meßplätze

Alle Geräte, Hilfsmittel und Werkzeuge sind – teilweise zu Gruppen oder Meßplätzen zusammengefaßt – im Hauptraum des Fahrzeuges in Gestellen (Bild 3), Aufhängungen, Schubladen und Schränken untergebracht. Die gesamte Einrichtung ist transport-sicher durch abgefederete Aufhängungen und schaumstoffausgekleidete Fächer in den Schubladen ausgeführt, so daß auch empfindliche Geräte und Teile selbst bei ungünstigen Transportverhältnissen nicht beschädigt werden. Die Bewegungsfreiheit an den Arbeitsplätzen ist laborüblich. Die Stehhöhe beträgt etwa 2 m.

Allgemeiner Meßplatz

In der Umgebung dieses Meßplatzes (Bild 4) sind Prüf- und Meßgeräte für allgemeine Untersuchungen, Reparaturarbeiten und zur Fehlersuche angeordnet, so ein Vielfachmeßgerät, R- und C-Meß-

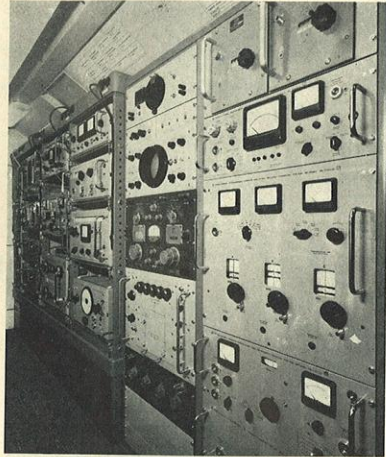


Bild 5 Frequenz-Meßplatz mit einer vollständigen Normalfrequenzanlagen für 30 Hz bis 12,4 GHz (rechts). Foto 14 744

geräte, ein Hochspannungsprüfer, rückwärts in Schubladen drei verschiedene Oszillografen sowie andere Geräte und Hilfsmittel. Der Meßplatz eignet sich auch zum Aufbau allgemeiner Schaltungen, zur Präzisionsdarstellung von physikalischen Größen oder für sonstige allgemeine Prüf- und Eichaufbauten mit Einzelgeräten, die sich an verschiedenen Stellen des Wagens befinden.

Frequenz-Meßplatz

Der Platz dient zur Darstellung und Prüfung von Frequenzwerten mit höchster Genauigkeit. Eine Normalfrequenzanlage gestattet das Messen aller Frequenzen zwischen 30 Hz und 12,4 GHz (Bild 5).

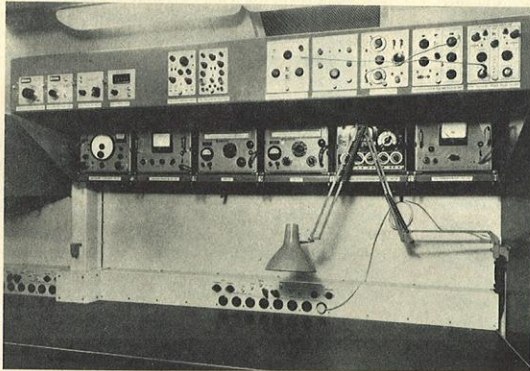


Bild 4 Allgemeiner Meßplatz mit Labor-meßgeräten und Versorgungsanschlüssen. Foto 14 748

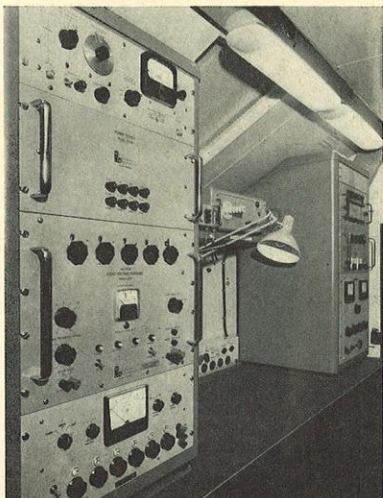


Bild 6 Multimeter-Eichplatz mit fest zugeordneten dekadischen Spannungs- und Stromquellen. Foto 14745

Spannungs-Strom-Widerstands-Meßplatz

Um den Meßplatz herum gruppieren sich, fest in Gestellen montiert, die Geräte zur Erzeugung von Gleich- und Wechselströmen sowie von Spannungen (Bild 6). Er ist daher besonders geeignet zum Eichen und Prüfen von Strom- und Spannungsnormalen sowie Vielfach-Meßgeräten von Gleichstrom bis zu 10 MHz. Weitere Geräte, Normalien und Hilfsmittel befinden sich in benachbarten Gestellen und Schubladen.

Hochfrequenz- und Mikrowellen-Meßplatz

Es handelt sich um einen Meßplatz für allgemeine Messungen an Hochfrequenz- und Mikrowellen-Meßgeräten mit Empfänger-Meßsender, Frequenzmesser und Rauschgenerator. Alle Geräte können bei Bedarf aus den Gestellen genommen und auf einen beliebigen Meßplatz gestellt werden; es ist aber genauso gut möglich, jedes Meßgerät im Gestell zu betreiben und die Verbindung zu den Meßobjekten mit Meßleitungen oder Koaxialkabeln herzustellen oder die an jedem Arbeitsplatz vorhandene koaxiale Ringleitung zu benutzen. An jedem Gerätegestell befinden sich Netzsteckdosen für den Betrieb der Geräte im Gestell.

In zusätzlichen Gerätegestellen sind Meßgeräte für nicht spezielle Aufgaben: weitere Empfänger-Meßsender, Phasen- und Klirrfaktormeßgeräte sowie Labornetzgeräte. Alle Geräte können bei Bedarf aus den Gestellen genommen und auf einen beliebigen Meßplatz gestellt werden; es ist aber genauso gut möglich, jedes Meßgerät im Gestell zu betreiben und die Verbindung zu den Meßobjekten mit Meßleitungen oder Koaxialkabeln herzustellen oder die an jedem Arbeitsplatz vorhandene koaxiale Ringleitung zu benutzen. An jedem Gerätegestell befinden sich Netzsteckdosen für den Betrieb der Geräte im Gestell.

Meßmöglichkeiten

Die Geräteausstattung läßt praktisch alle im Bereich der Elektronik und Hochfrequenztechnik interessierenden Messungen mit der jeweils höchstmöglichen Genauigkeit zu. Eine große Zahl davon ist direkt ausführbar, viele weitere Messungen und Eichungen können auf indirektem Wege und in abgeleiteter Weise vorgenommen werden.

Insgesamt erfassen die Geräte des Mobilen Elektronik-Labors bei einem gesamten Frequenzbereich von einigen Hz bis zum Ende des X-Bandes (12,4 GHz) folgende Meßgrößen und Meßbereiche mit den angegebenen Fehlergrenzen:

Physikalische Größe	Meß- oder Darstellungsbereich	Fehlergrenzen in mittleren Wertbereichen	Wertverhältnis etwa
Kapazität	0,01 pF ... 1100 pF	0,05 %	10 ¹¹
Induktivität	0,1 µH ... 1000 H	0,1 %	10 ¹⁰
Widerstand	0,01 Ω ... 1000 MΩ	0,01 %	10 ¹¹
Impedanz	50 mΩ ... 1,1 MΩ	0,1 %	2 · 10 ⁷
Spannung	1 µV ... 30 kV	0,01 %	3 · 10 ¹¹
Strom	20 pA ... 10 A	0,05 %	5 · 10 ¹¹
Leistung	10 µW ... 10 kW	0,5 %	10 ⁹
Frequenz	30 Hz ... 12,4 GHz	≈ 10 ⁻⁹	4 · 10 ⁸
Dämpfung	0 ... 110 dB	0,2 dB	—
Phase	0 ... 360°	0,05°	—

faktor:

Güte, Modulation, Klirrfaktor, Zeitintervall

Meßbereichsgrenzen

Die Genauigkeit ist an den Meßbereichsgrenzen und bei hohen Frequenzen naturgemäß etwas eingeschränkt. Meßbereichsgrenzen und Genauigkeitswerte lassen sich teilweise noch erheblich erweitern und verbessern, wenn man besondere Meßverfahren, Übertragungs- und Vergleichsmethoden anwendet und damit die nicht von den Grundnormalen direkt darstellbaren Größen über deren Bereichsgrenzen hinaus transferiert.

Das Mobile Elektronik-Labor fand auf der Deutschen Luftfahrtschau anlässlich der Hannover-Messe 1966 in Fachkreisen aufmerksame Beachtung. Dennoch kann weder eine Ausstellung noch dieser Bericht den Sinn haben, unsere Kunden etwa zum Kauf eines solchen Labors zu animieren; ein derartiges Objekt stellt einen extremen Sonderbedarf dar. Vielmehr soll damit die Leistungsfähigkeit des Hauses Rohde & Schwarz gezeigt werden, die sich nicht auf Erzeugnisse des regulären Programms beschränkt.

W. Frieß