

Mikrowellen-Signalgenerator SMR

# Optimale Kalibrierquelle für Wetterradar-Empfänger

Nur mit kalibrierten Wetterradar-Geräten lassen sich Niederschlagswahrscheinlichkeit sowie die Dichte von Regen, Schnee oder Nebel exakt bestimmen. Das hierfür notwendige Kalibrierverfahren erfordert einen Signalgenerator mit sehr genauem Ausgangspegel. Dank eines sorgfältigen Geräte-Designs mit firmwaregestützter Pegelkorrektur ist der Mikrowellen-Signalgenerator SMR (BILD 1) die optimale Signalquelle für diese Aufgabe.



Foto 43264/3

**BILD 1** Die Mikrowellen-Signalgeneratoren SMR [\*] sind gefragte Signalquellen in Forschung, Entwicklung und Produktion sowie in der EMV-Messtechnik.

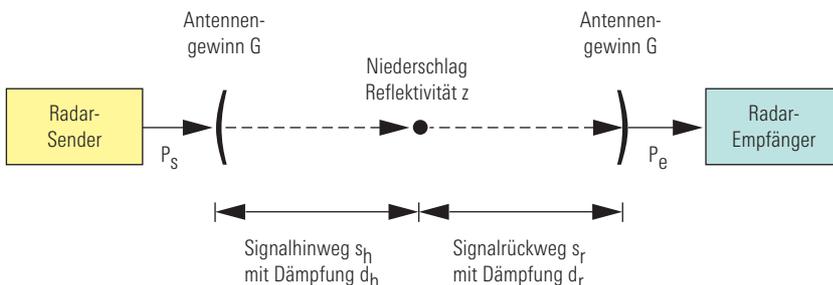
## Was hat Radar mit Wetter zu tun?

Meteorologen setzen Wetterradar-Anlagen in erster Linie für die Analyse der dynamischen Struktur von Einzelwolken oder Wolkensystemen und zur flächendeckenden, kontinuierlichen Niederschlagsmessung ein. Ein wichtiger Parameter für genaue Wettervorhersagen ist die sogenannte Niederschlagsintensität oder Regenrate. Sie gibt an, wieviel Regenwasser pro Zeit- und Flächeneinheit fällt. Mit dem Wetterradar sind die Niederschlagsaktivitäten mit hoher räumlicher und zeitlicher Auflösung erfassbar. Allerdings kann man mit Radargeräten die Niederschlagsintensität nicht direkt messen, sondern nur die Reflektivität. Diese ist ein Maß für den Rückstreuquerschnitt von Zielen, die mit einem Radargerät erfasst werden können. Sie ist proportional zu der Energie, die von sämt-

lichen Streuteilchen im Radarstrahl zur Antenne zurückgestreut wird. Bei Regen ist sie um so größer, je mehr und je größere Regentropfen in der Luft enthalten sind.

Wie BILD 2 zeigt, handelt es sich bei der quantitativen Bestimmung der Reflektivität im Prinzip um eine Vierpolmessung mit dem Radarsender als Signalquelle und dem Empfänger als selektivem Leistungsmesser. Aus der bekannten eingespeisten Sendeleistung  $P_s$  und der gemessenen Empfangsleistung  $P_e$  kann der Betrag des Transmissionsfaktors der Übertragungsstrecke vom Senderausgang bis zum Empfängereingang berechnet werden. Dieser Transmissionsfaktor enthält neben dem Antennengewinn und dem Dämpfungsfaktor des Signalweges von der Antenne zum Radarziel auch die zu ermittelnde Reflektivität des Zieles. Da der Antennengewinn und die Übertragungsdämpfung bekannt sind, lässt sich die Reflektivität berechnen. Antennengewinn und Übertragungsdämpfung müssen dabei doppelt gerechnet werden, weil das Radarsignal die Antenne und die Übertragungsstrecke sowohl auf dem Hin- als auch auf dem Rückweg durchläuft.

**BILD 2** Situation zur Bestimmung der Reflektivität Z.



Üblicherweise generieren Radarsender eine ausreichend genaue Ausgangsleistung, um die Reflektivität nach obiger Methode zu ermitteln. Schwieriger liegen die Verhältnisse bei den Empfängern. Sie erfassen zwar Pegeländerungen in der Regel sehr genau, sind aber für absolute Pegelmessungen typischerweise zu ungenau. Da sich hochwertige Empfänger ansonsten jedoch stabil verhalten, können sie mit einem Mikrowellen-Signalgenerator SMR mit optionaler Eichleitung, der einen präzisen Ausgangspegel liefert, zur Erhöhung der Genauigkeit kalibriert werden (BILD 3).

### So wird kalibriert

Normalerweise gelangt das empfangene Radarsignal von der Antenne über einen Zirkulator, der für die Entkopplung von Sender und Empfänger sorgt, direkt auf den Empfängereingang. Diese Verbindung wird aufgetrennt und ein Richtkoppler eingeschleift. Damit gelangt das Ausgangssignal des SMR praktisch rückwirkungsfrei auf den Empfängereingang. Die Empfängerempfindlichkeit wird durch die geringe Einfügedämpfung des Richtkopplers nur unmerklich herabgesetzt. Natürlich muss die Einfügedämpfung bekannt sein, damit sie bei der Pegeleinstellung des Signalgenerators berücksichtigt werden kann, genau so wie die Gesamtdämpfung vom Ausgang des Signalgenerators bis zum Empfängereingang. Hier ist eine genaue Messung notwendig.

Zur Einschleifung empfiehlt sich ein 16-dB-Koppler. Zwischen dem Koppeltor des Richtkopplers und dem HF-Ausgang des SMR sollte ein 3-dB-Dämpfungsglied eingefügt werden. Zusammen mit den erforderlichen Leitungen ergibt sich so vom HF-Ausgang des SMR zum Eingang des Radarempfängers eine Gesamtdämpfung von ziemlich genau 20 dB. Variiert man jetzt den HF-Pegel des

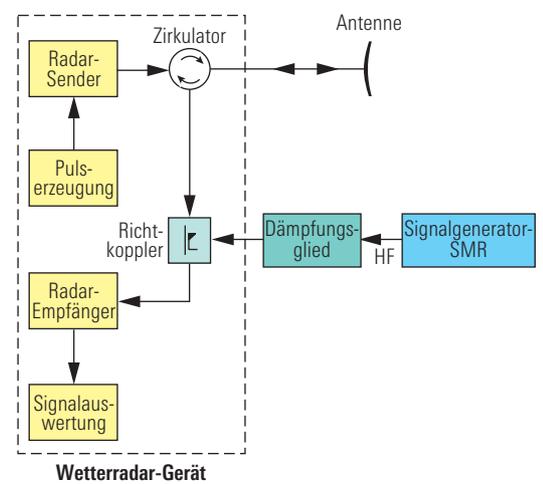
SMR von +10 dBm bis -90 dBm, so überstreicht man den für die meisten Radarempfänger optimalen Bereich von -10 dBm bis -110 dBm. Wie BILD 4 zeigt, weist der SMR für diese Pegel eine Genauigkeit von typisch <0,45 dB auf (gemessen bei 5620 MHz und Raumtemperatur, Messgenauigkeit 0,2 dB).

Sind Richtkoppler und Dämpfungsglied korrekt eingebaut und gemessen, kann eine Empfängerkalibrierung durchgeführt werden. Das geschieht wie folgt:

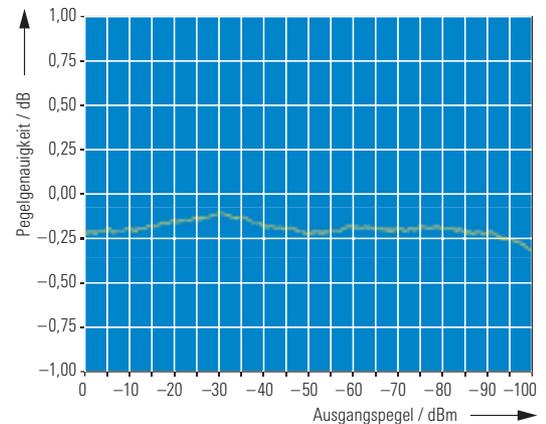
- ◆ Sender des Wetterradar-Gerätes abschalten
- ◆ SMR auf die erforderliche Frequenz einstellen (z. B. auf 5620 MHz)
- ◆ Ausreichend hohen SMR-Pegel einstellen (z. B. -10 dBm)
- ◆ Der vom Empfänger ermittelte Pegelwert wird von der Kontrolleinheit des Wetterradars ausgelesen; sie berechnet daraus einen Korrekturwert für den Empfänger und speichert ihn
- ◆ Ausreichend niedrigen Pegel am SMR einstellen (z. B. -70 dBm). Die Radar-Kontrolleinheit berechnet wieder einen Korrekturwert und speichert ihn
- ◆ SMR abschalten. Das Radargerät ist nun wieder für den regulären Betrieb bereit

Da die Empfänger typischerweise eine gute relative Pegelgenauigkeit aufweisen, reicht die beschriebene Zweipunkt-Kalibrierung voll aus. Andernfalls empfiehlt sich die Verwendung weiterer Kalibrierpunkte. Dank der hohen Pegelgenauigkeit des SMR kann bis an die untere Empfindlichkeitsgrenze des Empfängers von beispielsweise -110 dBm gegangen werden. Wenn die Kontrolleinheit des Wetterradars das Ermitteln und Speichern von Korrekturwerten für den Empfänger nicht unterstützt, ist ein externer Personal-Computer mit einem entsprechenden Programm erforderlich. Die Kalibrierabstände sind von der Stabilität des Empfängers abhängig und betragen üblicherweise einen Monat.

Wilhelm Kraemer



**BILD 3** Kalibrierung des Wetterradar-Empfängers.



**BILD 4** Pegelgenauigkeit des SMR bei 5620 MHz.

Weitere Informationen und Datenblatt zum SMR unter [www.rohde-schwarz.com](http://www.rohde-schwarz.com) (Suchbegriff SMR)



Datenblatt SMR

#### LITERATUR

[\*] Mikrowellen-Signalgenerator SMR: 40 GHz per Klick-Trick. Neues von Rohde & Schwarz (1999) Nr. 162, S. 4-6.