

# Jeden Tag bessere Ergebnisse - mit RS

## Top-Spione im Signal-Dschungel

Oszilloskope als Messwerkzeuge für  
den Maschinenbau



# Top-Spione im Signal-Dschungel

## Oszilloskope als Messwerkzeuge für den Maschinenbau

Der Maschinenbau ist aktuell von Entwicklungen geprägt, deren Grundlage letztendlich die Sensorik und Aktorik ist und gemeinhin als IIoT (Industrial Internet of Things) bezeichnet wird. Diese Technologie erzeugt eine Unmenge unterschiedlichster Signale. Sie kommen von Sensoren, Bussystemen oder Stromversorgungen. Dafür sind adäquate Messwerkzeuge notwendig. Eines der vielseitigsten ist das Oszilloskop – der „Kundschafter“ im Signalwirrwarr – es erfasst und analysiert diese Signale.

Ein Messgerät, das sowohl in der Fertigung, auf Test- und Prüfständen, in der Werkstatt, im Labor und im Rahmen von Instandhaltungsroutinen eingesetzt wird, ist das Oszilloskop. Dabei sind – je nach Einsatzfall – insbesondere die robusten Versionen, die tragbaren Geräte oder diejenigen mit den umfangreichsten Analysefunktionen gefragt. Viele Geräte enthalten kombinierte Funktionalitäten und verfügen über „Spezial-Begabungen“, die einen Einsatz vom Standard- bis zum hochkomplexen Anwendungsfall erlauben.

Mit einem Oszilloskop wird die Änderung des Spannungspegels von elektrischen Signalen im zeitlichen Verlauf gemessen und auf dem Bildschirm angezeigt. Auch andere Signale, wie z.B. Schwingungen und Schall, lassen sich über Sensoren in ein elektrisches Signal wandeln und darstellen. Das Oszilloskop bietet eine Vielzahl von Analysemöglichkeiten, Trigger-Varianten und digitalen Funktionen, mit denen sich die Signale umfassend analysieren lassen - Oszilloskope sind wahre Signalspione.

Außerdem bieten sie Speichermöglichkeiten zum Ablegen der Daten, Kommunikations-Schnittstellen zur Weiterverarbeitung und umfangreiche Auswerte-Software. Auf meist farbigen Bildschirmen werden Diagramme und Kurvenverläufe abgebildet, die dem Nutzer - zum Beispiel per Touch-Bedienung und im Split-Screen-Modus - einen gezielten Einblick in den Signalverlauf erlauben. Mit diesen Informationen können u.a. Fehler in Schaltungen gefunden, die Signalqualität geprüft und elektromagnetische Störungen entdeckt werden.

## Einteilung nach Formfaktor

Unabhängig von seinen „inneren Werten“ kann ein Oszilloskop als Benchtop-Version (mit Batterie ggfs. auch als tragbares Gerät nutzbar), als Gerät ohne Bildschirm für den PC-Anschluss oder als Handheld ausgeführt sein.

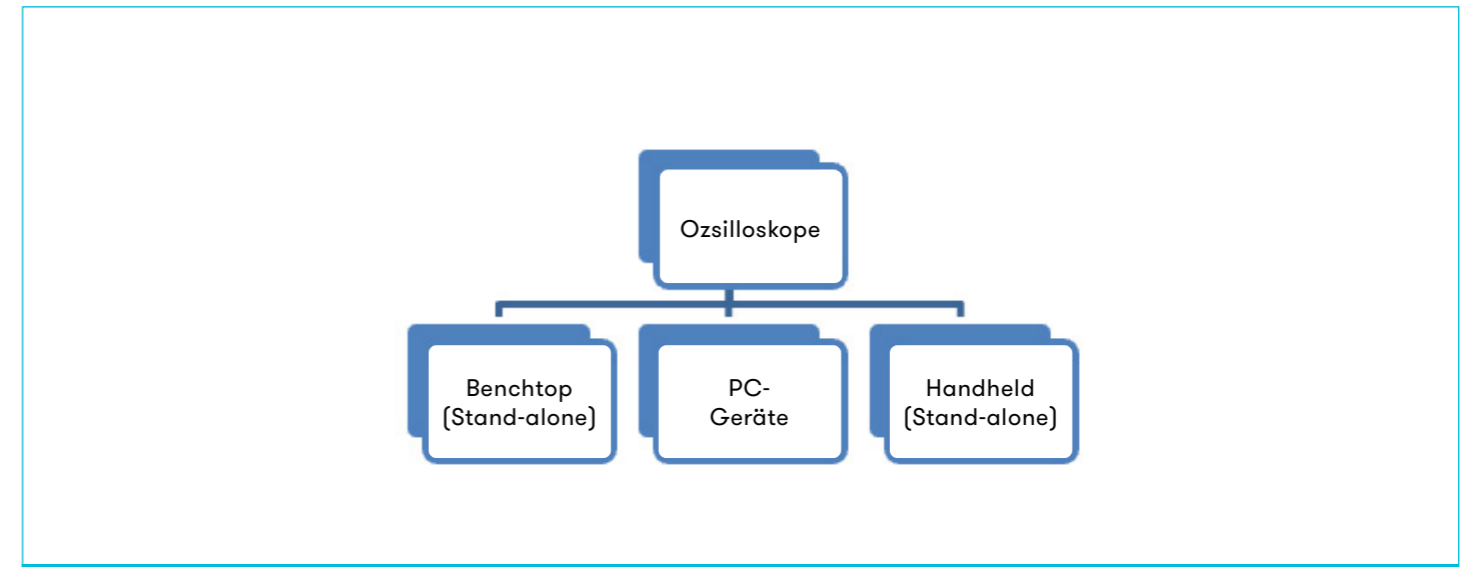


Bild 1. Oszilloskop-Typen nach Formfaktor

Die **Benchtop-Geräte** stehen am Arbeitsplatz (Benchtop) im Testlabor, in der Prüfabteilung, beim Servicetechniker oder in der Entwicklung. Sie weisen das größte Bauvolumen auf und können umfassende Funktionen und Signalanalysen bieten. Gewicht und Größe sind hier keine wichtigen Auswahlkriterien, wobei auch in diesem Segment eine zunehmende Integration zu kleineren Geräten stattfindet.

Es gibt auch Versionen, in denen sich eine Batterie befindet, so dass diese Oszilloskope portabel werden. Damit lassen sich ausgewählte Feldeinsätze erledigen oder spezielle Anforderungen nach einem Messortwechsel erfüllen.

Benchtop-Geräte verfügen über Farbbildschirme – z.B. 10,1- oder 15,6-Zoll-Touchscreens (wie das R&S RTO6 Oszilloskop von [Rohde & Schwarz](#)), die eine hochauflösende Darstellung ermöglichen. Es gibt z.B. auch Geräte mit einem 15,6-Zoll-Display und einem zweiten 3,5-Zoll-Touch-Display zur Einstellung (z.B. DS70000-Serie von Rigol). Eine ggfs. vorhandene Cloud-Anbindung (z.B. beim MSO der Serie 5 B von Tektronix) erlaubt das Speichern der Daten in der Cloud.



Bild 2. Ein Beispiel für ein Benchtop-Gerät ([RS PRO RSDS 1052 DL+](#); 2-Kanal-Digital-Speicheroszilloskop; 50MHz Bandbreite). Es hat eine schmale Bauform und wiegt 2,5kg. Es kann also durchaus auch mal zu einem Messeinsatz mitgenommen werden. (Bild: RS Components)

Als alltägliche Geräte im Serviceeinsatz an der Anlage sind sie aber nicht ideal. Dort werden digitale **Handheld-Oszilloskope** benutzt, die für den ortsunabhängigen Einsatz ausgelegt sind und mit kleinen Abmessungen, geringem Gewicht und angemessener Akkulaufzeit für den mobilen Einsatz ideal sind. Oftmals verfügen sie über zusätzliche Multimeter- und Aufzeichnungsfunktionen und sind damit für dedizierte Anwendungen verwendbar.



Bild 3. Hier ein Handheld-Gerät ([RS PRO RSHS806](#), 2-Kanal-Handheld-Digitaloszilloskop 60MHz), das mit 1,5kg in der Tat schon recht handlich ist. (Bild: RS Components)

Als weiterer Gerätetyp sind PC-Oszilloskope verfügbar. Das sind Geräte ohne eigenes Display und ohne Frontpanel, die an den PC/Laptop/Notebook angeschlossen werden. Sie enthalten nur die messtechnischen Funktionen, die Analyse der Daten erfolgt größtenteils auf dem Rechner mit einer entsprechenden Software. Die Geräte sind vom Funktionsumfang her auf spezielle Anwendungen zugeschnitten und gelten deshalb i.A. als „abgespeckte“ Oszilloskope. Außerdem werden die Rechenkapazitäten des Computers genutzt. Deshalb können diese Geräte als kompaktes Modul ausgeführt und zu niedrigeren Preisen angeboten werden.

Die robusten Boxen sind auch für raue Industrie-Umgebungen geeignet und können sogar im Schaltschrank platziert werden. Neben dem Laboreinsatz werden sie im Feld genutzt oder beispielsweise mit dem Service-Laptop im Fahrzeug. Die Geräte sind klein und leicht und verfügen über diverse integrierte

Datenschnittstellen. Die Eingangssignale können per USB-Schnittstelle am PC abgefragt werden. Über die LAN-Netzwerkschnittstelle können Daten per Fernabfrage ins lokale Netzwerk oder die Cloud geschickt werden. Es sind auch Geräte verfügbar, mit denen man über Wifi kabellos arbeiten kann (z.B. WiFiScope WS5 von TiePie). Die Datenabfrage kann vom Arbeitsplatz aus erfolgen, während das Oszilloskop fest am Messort installiert ist.



Bild 4. Das PC-basierte Oszilloskop links ([RS PRO 2205A](#), 2-Kanal-PC-Oszilloskop mit 20MHz Bandbreite) ist rechts im Einsatz zu sehen. (Bild: RS Components)

Anstelle von Modellen im Box-Gehäuse gibt es auch Oszilloskope als Einschubkarte, die direkt in ein Geräte-Rack eingesteckt und über Bussysteme integriert werden. Dazu gehören z.B. PXI-Oszilloskope von National Instruments. Während Stand-alone-Oszilloskope komplett herstellerdefiniert sind, können modulare Oszilloskope über ihre Standardfunktionen hinaus flexibel vom Nutzer programmiert werden.

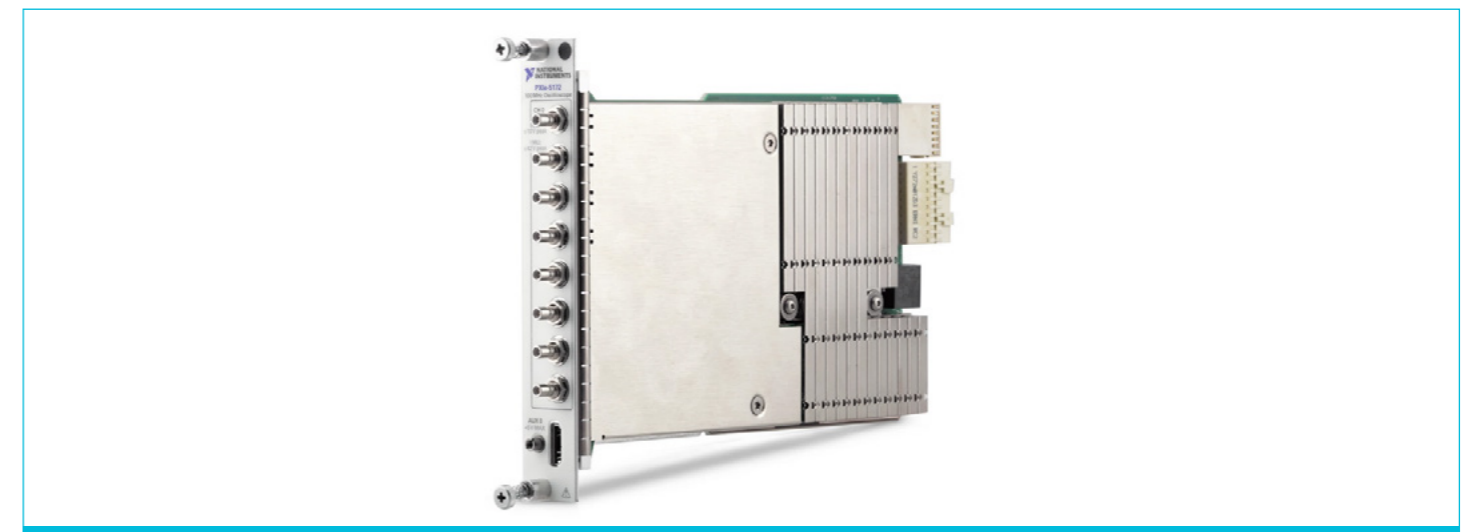


Bild 5. Das Oszilloskop PXIe-5172 von National Instruments besitzt acht simultan abgetastete Kanäle, die hinsichtlich Kopplung und Spannungsbereich einstellbar sind. (Bild: National Instruments)

## Einteilung nach Technologie

Die Welt der Oszilloskope ist "wie im richtigen Leben" in analog und digital eingeteilt. Ein analoges Gerät misst die Spannung in Echtzeit, während das digitale Modell mit einem Analog/Digital-Wandler digitale Informationen erzeugt. Dazu wird das Signal erst als eine Folge von Abtastpunkten erfasst, zwischengespeichert und dann für die Anzeige wieder zusammengesetzt und auf das Display ausgegeben. Der Bildschirm ist also nur zur Anzeige und Analyse wichtig, die „Messarbeit“ erledigt der A/D-Wandler.

Zu den digitalen Oszilloskopen gehören die digitalen Speicheroszilloskope (DSO), die digitalen Phosphor-Ozilloskope (DPO), die Mixed-Signal- und Mixed-Domain-Ozilloskope (MSO/MDO) und die digitalen Sampling-Ozilloskope.

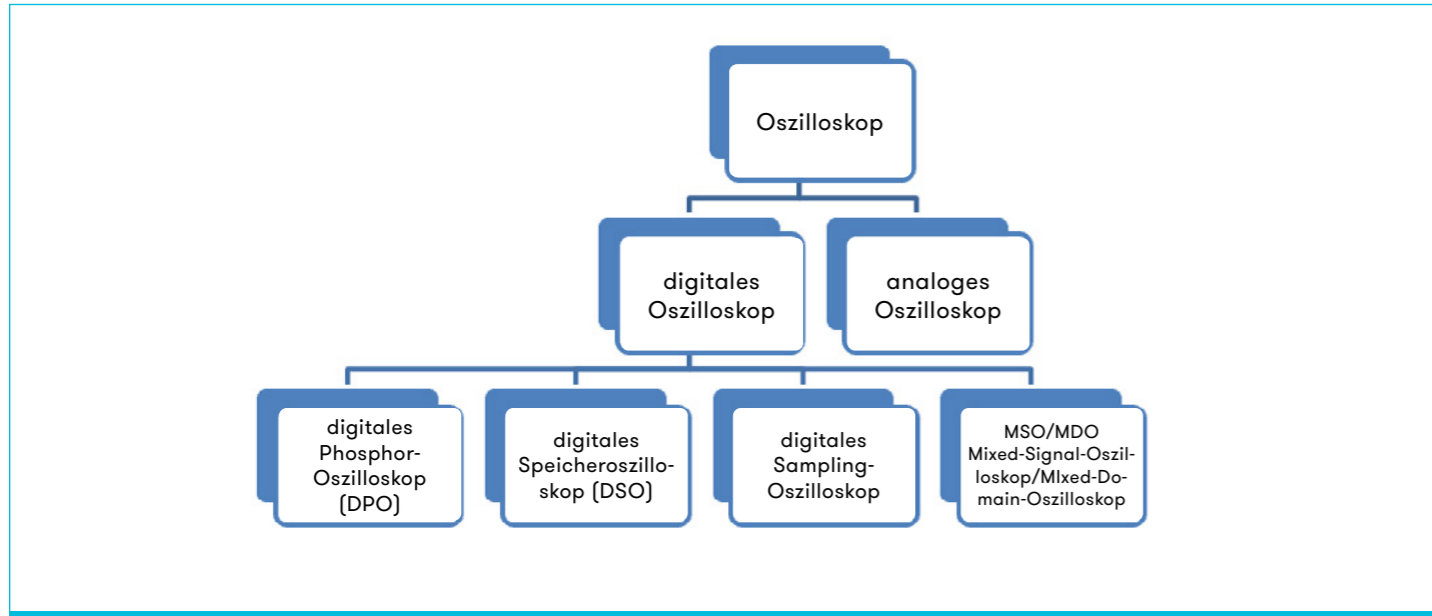


Bild 6. Einteilung der Ozilloskope nach Art der Signalverarbeitung

Während (ältere) Analog-Ozilloskope (Elektronenstrahl-Ozilloskop) mit einem Leuchtphosphor-Bildschirm ausgestattet sind, verfügen **digitale Speicheroszilloskope** (DSO) über einen Rasterbildschirm. Sie sind insbesondere dafür geeignet, einmalige Ereignisse (Transienten) aufzuspüren und darzustellen. Das Signal ist durch eine Folge von Binärwerten beschrieben und kann gespeichert und weiterverarbeitet werden. Die Analyse kann also jederzeit erfolgen, auch wenn das Signal in der Realität nicht mehr existiert. Das ist einer der Vorteile der DSOs.

Neben den Messungen von Amplituden und Zeitdifferenzen können z.B. Frequenz und Phasenverschiebung bestimmt und Fourieranalysen (Transformation vom Zeit- in den Frequenzbereich) durchgeführt werden. Ozilloskope können eine Messung der Spitze-Spitze-Spannung erledigen, serielle Busse untersuchen oder eine Mixed-Signal-Analyse machen. Der mögliche Funktionsumfang ist sehr vielfältig. Dabei sind Tastköpfe ein wichtiges Zubehör.

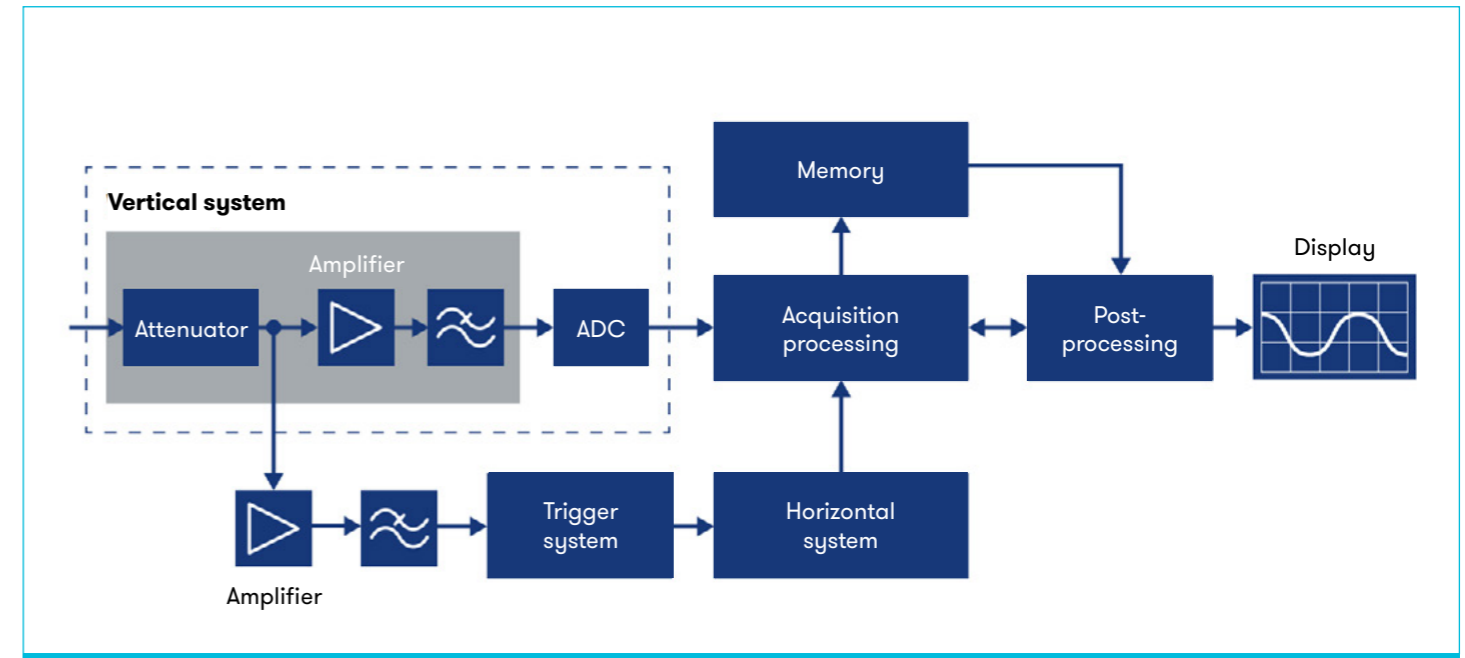


Bild 7. DSO-Blockschaltbild mit Vertikalsystem (Bild: Rohde & Schwarz)

DSOs können keine Echtzeit-Helligkeitsinformation ausgeben, die bei Analoggeräten als dritte Dimension (Z-Achse) neben der Spannung (Y-Achse) und der Zeit (X-Achse) zur Signaldarstellung dient. Diese Varianz des Messsignals über die Zeit wird hier über die Farbe und die Intensität eines dargestellten Punktes vermittelt.

Die Z-Informationskomponente wird beim **digitalen Phosphor-Ozilloskop** (DPO) wieder ergänzt. Dabei wird die Anzahl von digitalen Abtastwerten in bestimmten XY-Bereichen - also die Pixelintensität - benutzt, um die Spurintensitätsmodulation von Phosphor nachzubilden. Beim Verlauf der Signalaktivität werden die häufiger vorkommenden Bereiche farbintensiver dargestellt, sodass die Häufigkeit von Anomalien erkennbar wird. Dabei wird keine chemische Phosphorschicht genutzt, sondern eine sogenannte Digital-Phosphor-Datenbank. Dort gibt es pro Pixel im Ozilloskop-Display einen zusätzlichen Datenbereich, der mit diesen Intensitätsinformationen „gefüttert“ wird. Das DPO nutzt außerdem eine parallele Verarbeitungsarchitektur und kann Signaldetails, intermittierende Ereignisse und dynamische Signalcharakteristiken in Echtzeit erfassen.

Ein **Mixed-Signal-Ozilloskop** (MSO) ist ein hybrides Gerät mit Ozilloskop- und z.B. Logik/Protokollanalyse-Funktionen und kann sowohl analoge als auch digitale Signale analysieren. Ein **Mixed-Domain-Ozilloskop** kombiniert z.B. Ozilloskop- und Spektrumanalysator-Funktionen. Es kann Eingangssignale zeitkorreliert in einem Erfassungszyklus gleichzeitig im Frequenz- und im Zeitbereich darstellen.

Beim **digitalen Sampling-Ozilloskop** wird das Eingangssignal abgetastet, bevor eine Dämpfung oder Verstärkung erfolgt. Das Ozilloskop kann dabei mit elektrischen oder optischen Eingängen bestückt werden. Es erfasst dann pro Signalperiode jeweils nur ein Sample, das aber mit hoher Genauigkeit. Man untersucht damit also wiederkehrende Signalformen, die zirka zehnfach schneller sein können als es bei anderen Ozilloskopen möglich ist. Wenn die Abtastung in Echtzeit erfolgt, spricht man von Echtzeit-Sampling-Ozilloskopen.



Bild 8. Sampling-Oszilloskop TEK007 von Tektronix; unten das optische Modul zur Taktrückgewinnung (Pressebild Tektronix)

## Technische Eckdaten von digitalen Oszilloskopen

Um ein passendes Gerät für eine individuelle Anwendung zu finden, helfen die vom Hersteller angegebenen technischen Eckdaten eines Oszilloskops. Um zu wissen, welche Parameter für den geplanten Einsatz am wichtigsten sind, kann eine Beratung durch Fachleute des Herstellers oder Distributors hilfreich sein. Nachfolgend werden einige der Oszilloskop-Spezifikationen aufgeführt.

### Anzahl der Kanäle

Die meisten Oszilloskope verfügen über 2 bis vier analoge Eingangskanäle, die mit der gleichen Rate abgetastet werden. Zusätzlich stehen z.B. Logikkanäle zur Verfügung (z.B. 16 Kanäle). Es gibt auch spezielle Versionen mit 8 Kanälen (z.B. DLM5000 von Yokogawa), die sich durch Synchronisation auf 16 Kanäle erweitern lassen. Das [MSOX4154 von Keysight](#) wird zum Beispiel mit 16 Analogkanälen angeboten. Wichtig bei der Kanalzahl ist, ob jeder Kanal über seinen eigenen A/D-Wandler verfügt oder ob eine Umschaltung per Multiplexer erfolgt, was die Abtastrate pro Kanal um den Faktor der Kanäle reduziert.

### Bandbreite

Die Bandbreite eines Oszilloskops ergibt sich eigentlich aus der Differenz von oberer und unterer Eckfrequenz ( $f_1$ ,  $f_2$  in Bild 9). Bei Erreichen dieser Frequenzen wird die Amplituden-Anzeige um 3dB verfälscht, es gehen also Informationen verloren. Deshalb wird die Bandbreite als die Frequenz definiert, bei der ein sinusförmiges Eingangssignal auf 70,7% der tatsächlichen Signalamplitude gedämpft wird. Diesen Wert nennt man wegen der logarithmischen Einteilung auch -3-dB-Punkt.

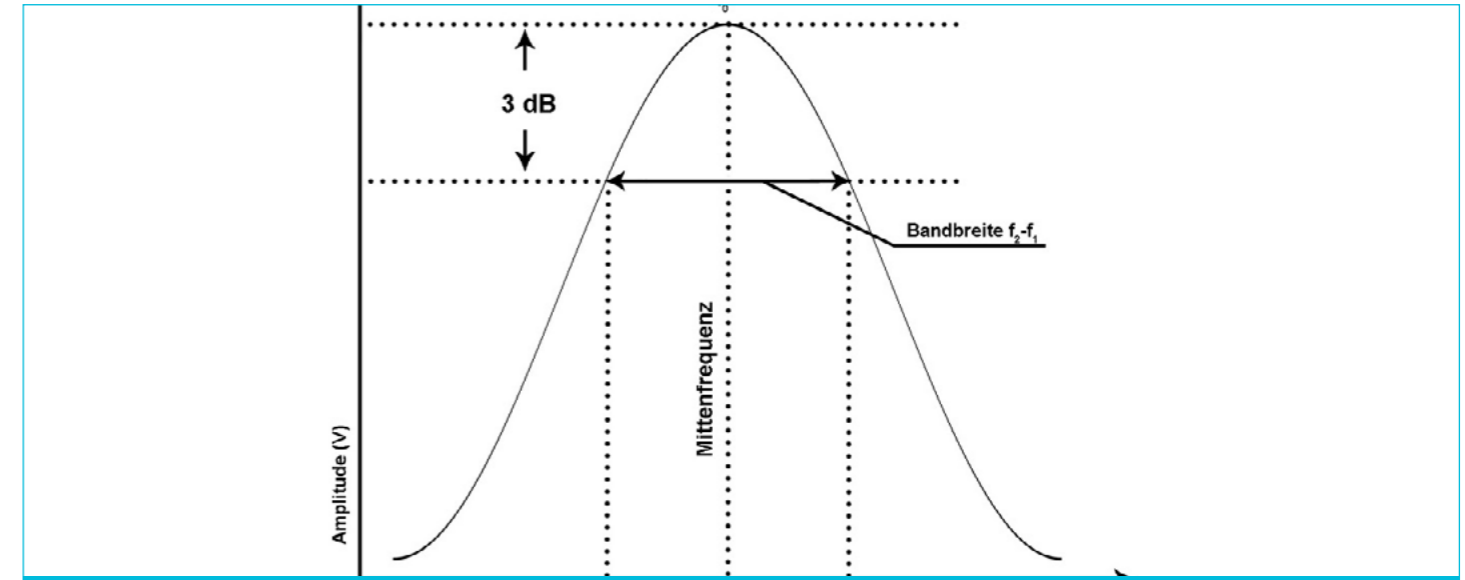


Bild 9. Zusammenhang zwischen Bandbreite, Amplitude und Frequenzen. Die Bandbreite ergibt sich aus  $f_2 - f_1$  am -3-dB-Punkt. (Bild: channel-e)

Praxistipp: Rohde & Schwarz empfiehlt bei nicht sinusförmigen Signalen eine Oszilloskop-Bandbreite für Dekodierung oder Fehlersuche von mindestens dem 3fachen der Taktsignal-Grundfrequenz und für Konformitätsprüfungen vom 5fachen des Taktsignals. Bei nichtperiodischen Signalen ist die Anstiegszeit  $t_r$  des Signals zu berücksichtigen. Hier kann mit einer Oszilloskop-Bandbreite  $f_{BW} = 0,5/t_r$  gearbeitet werden.

### Abtastrate

Die Abtastrate beschreibt, wie das analoge Eingangssignal digitalisiert wird – also die Anzahl der diskreten Werte, die ein digitales Oszilloskop pro Sekunde erfassen kann. Damit wird die horizontale Auflösung einer Messkurve bestimmt. Sie wird in Abtastungen pro Sekunde (S/s, Samples per second) angegeben. Je schneller ein Oszilloskop abtastet, umso höher ist die Auflösung des Signalverlaufs.

Laut Abtasttheorem (Nyquist) muss die Abtastrate  $f_s$  mindestens zweimal größer sein als die höchste zu untersuchende Frequenzkomponente im gemessenen Signal (die Nyquist-Frequenz  $f_N$ ).

Also gilt theoretisch:  $f_s \geq 2 \times f_N$

In der Praxis wird jedoch eine Echtzeitabtastrate benötigt, die mindestens drei- oder viermal so hoch ist wie die Bandbreite des Oszilloskops. Abtastrate und Bandbreite hängen zwar nicht direkt zusammen, sollten aber in diesem Verhältnis zueinander stehen.

$$f_s = 4 \times f_{\text{Bandbreite}}$$

### Speichertiefe

Die Speichertiefe gibt an, welche Kapazität zur Speicherung der abgetasteten Werte zur Verfügung steht. Mit einem tiefen (großen) Speicher können lang andauernde Signalformen mit einer kontinuierlich hohen Abtastrate mit hoher Auflösung detailliert erfasst werden. Es lassen sich dann längere Zeitabschnitte betrachten, ohne etwas zu verpassen. Für manche Geräte sind optionale Speichererweiterungen erhältlich. Die Speichertiefe kann z.B. in Bereichen von 500 KPoints für ein digitales Handheld-Gerät bis zu 2 GSample bei einem Echtzeitoszilloskop liegen.

Speichertiefe und Abtastrate stehen in einem Zusammenhang. Je umfangreicher der Speicher ist, desto länger kann die Aufzeichnungszeit bei einer gegebenen Abtastrate sein.

## Signalerfassungsrate

Dieser Wert beschreibt die Messrate in Signalen pro Sekunde (wfms/s; Waveforms/s). Das ist die Geschwindigkeit, mit der ein Oszilloskop Signale erfassen kann. Beispiel: bei einer Speichertiefe von 2000 Mio. Punkten und einer Signalerfassungsrate von bis zu 1 Mio wfms/s kann bei der DS70000-Serie von Rigol die Echtzeit-Aufzeichnung und Wiedergabe von Signalen mit bis zu 2 Mio. Frames erfolgen.

## Vertikale Auflösung

Die vertikale Auflösung betrifft den A/D-Wandler des digitalen Oszilloskops und beschreibt die Genauigkeit, mit der Eingangsspannungen in Digitalwerte umwandelt werden. Der A/D-Wandler unterteilt jeden beliebigen Messbereich der Eingangsgröße in Intervalle und ordnet sie einer Quantisierungsstufe zu. So entsteht das Raster auf dem Display. Je mehr diskrete Amplitudenwerte er unterscheidet, desto höher ist seine Auflösung - angegeben in Bit. Ein 8-Bit-A/D-Wandler nutzt  $2^8$  Quantisierungsstufen und kann 256 diskrete Amplitudenwerte erfassen. Ein 10-Bit-A/D-Wandler ermöglicht eine Auflösung von  $2^{10} = 1024$ .

Beispiel: ein 8-Bit-Oszilloskop unterteilt einen 12V<sub>ss</sub>-Eingangsbereich (Spitze-Spitze) in  $2^8 = 256$  Pegel von je 47mV und ein 12-Bit-Oszilloskop in  $2^{12} = 4096$  Pegel von je 2,9mV. Die bestmögliche Auflösung hat man übrigens dann gefunden, wenn das Signal noch vollständig auf dem Display zu sehen ist.

## Trigger

Mit Triggern lässt sich festlegen, bei welchen Parametern oder Bedingungen das Oszilloskop mit der Datenerfassung und Signalanzeige beginnt. Als einfachen Trigger kann man einen Schwellenwert einstellen und wenn dieser überschritten wird, startet die Signalaufnahme. Zu diesem Zweck wird das Eingangssignal in einem Komparator mit der Triggerbedingung verglichen. Ein Oszilloskop kann interne (aus einem Signal abgeleitet) oder externe Triggerquellen (von außerhalb gesendet) nutzen. Außerdem gibt es analoge und vielfältige digitale Trigger, die auf Basis der vom A/D-Wandler gelieferten Daten arbeiten.

Zu den Möglichkeiten digitaler Oszilloskope gehören z.B. Trigger auf Edge (Flanke), Glitch (Störung) und Pattern (Muster). Mixed-Signal-Oszilloskope können sowohl über Logik- und Oszilloskop-Kanäle als auch in deren Kombination triggern. Für serielle Schnittstellenbusse sind entsprechende Triggerprotokolle für SPI, UART/RS-232, CAN/LIN, USB, I2C, FlexRay und andere verfügbar. Hier gibt es eine Vielzahl von einfachen und komplexen Triggern, die auch kombiniert genutzt werden können.

## Am Puls des Signals

Für die Signalerfassung kommen Tastköpfe (Sonden, Probes) zum Einsatz, die auf das Oszilloskop abgestimmt sein müssen, um Signalintegrität und Messgenauigkeit zu gewährleisten. Tastköpfe besitzen eine Metallspitze zur Signalaufnahme, die mit dem internen BNC-Anschluss des Oszilloskops verbunden sind, eine Krokodilklemme zum Masseanschluss und teilweise einen Stromanschluss.

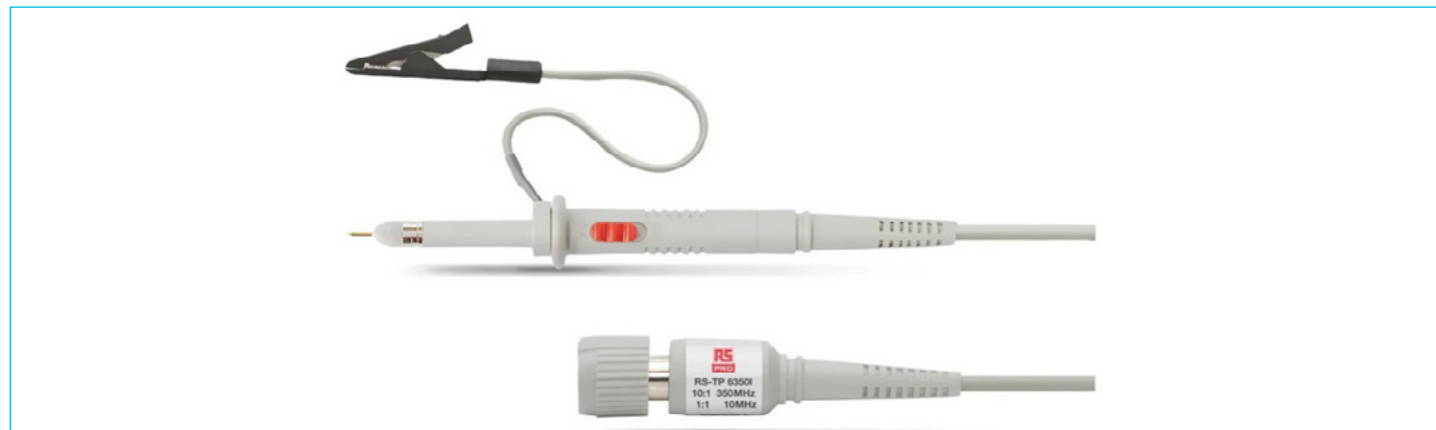


Bild 10. Die passive Oszilloskop-Sonde RS-TP 6350I benötigt keine Batterie oder Stromversorgung, deshalb ist hier auch kein Stromanschluss vorhanden. (Bild: RS Components)

Von den Herstellern wird empfohlen, Tastköpfe mit Bandbreiten zu nutzen, die die Taktrate um das Fünffache übersteigen. Tastköpfe erzeugen unerwünschte resistive, kapazitive und induktive Lasten, die möglichst gering gehalten werden sollten. Je kleiner ein Tastkopf ist, umso besser kann er in dichtgepackten Geräten verwendet werden. Es gibt passive, aktive und differentielle Tastköpfe, Logik-Tastköpfe und Spezialausführungen.

## Passive Tastköpfe

Mit passiven Tastköpfen können u.a. Signal- und Spannungspegel gemessen werden. Da sie keine aktiven Komponenten enthalten, sind sie ohne Stromanschluss oder Batterieversorgung einsetzbar. Außerdem sind sie einfach zu bedienen. Sie werden in 1:1- und z.B. 10:1-Modelle unterschieden. Für relativ niedrige Messfrequenzen gibt es sie auch kombiniert.

Bei einem 1:1-Tastkopf wird das Oszilloskop ohne Teiler mit dem Messpunkt verbunden. Diese Tastköpfe sind sehr empfindlich und können niedrige Signalpegel präzise erfassen, die Bandbreite ist wegen der wirkenden Eingangskapazität des Oszilloskops gering (<500 MHz). Die 10:1-Tastköpfe werden oft als Standard-Zubehör zu den Oszilloskopen mitgeliefert. Sie reduzieren die Signalamplitude um den Faktor 10 und sind für Messungen von hohen Spannungen geeignet. Ihre Bandbreite ist deutlich größer als bei 1:1-Versionen. Eine Kapazität in der Tastkopfspitze kompensiert die Eingangskapazität des Oszilloskops. So können Signale mit hochfrequenten Anteilen genau erfasst werden.

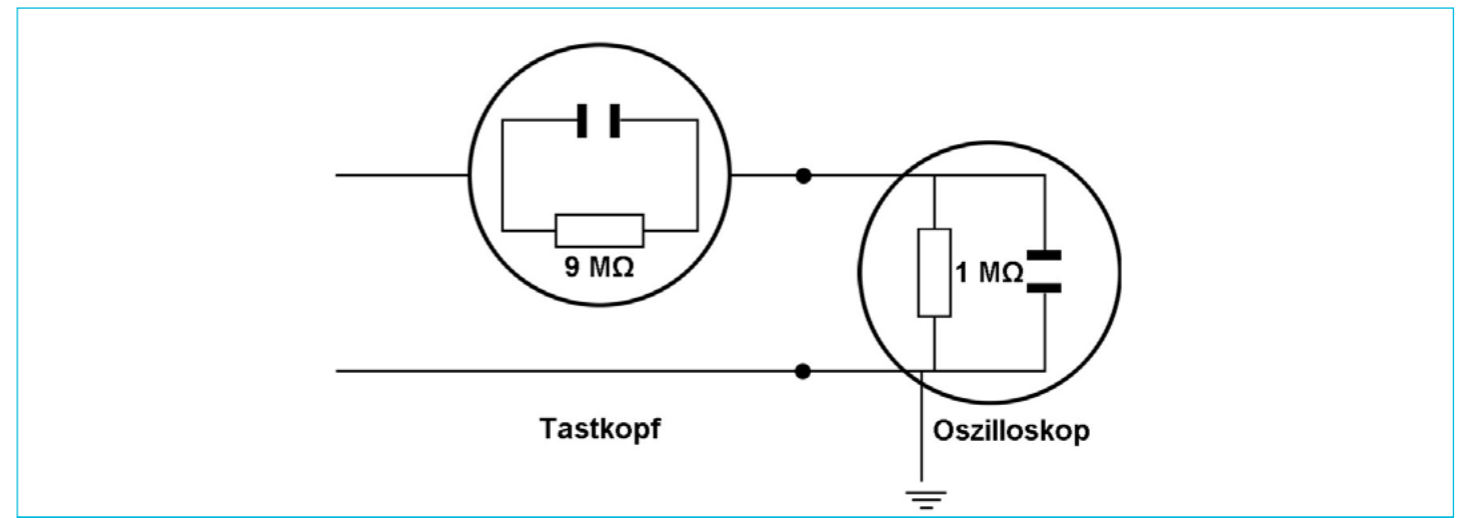


Bild 11. Der Eingangswiderstand des Tastkopfes beträgt 10 MΩ. Durch den Widerstand von 9 MΩ in Serie zum 1-Megaohm-Eingang des Oszilloskops ergibt sich das Spannungsverhältnis von 10:1 (Bild: channel-e).

Der passive Tastkopf wird in hochohmige und niederohmige (Widerstandstastkopf) Varianten unterteilt. Hochohmige Tastköpfe sind meist als 10:1-Teiler ausgeführt. Der Serienwiderstand in der Tastkopfspitze beträgt 9 MΩ. Wenn er an den hochohmigen 1-Megaohm-Eingang des Oszilloskops angesteckt ist, beträgt der Eingangswiderstand des Tastkopfes 10 MΩ. Es ergibt sich ein Spannungsverhältnis von 10:1. Die Spannung am Tastkopf erscheint also um den Faktor 10 verringert am Oszilloskop und muss beim Ablesen wieder mit 10 multipliziert werden. Die Teilverhältnisse können je nach Widerstand bzw. Impedanz des Tastkopfes unterschiedlich sein (z.B. 10:1, 20:1, 100:1). Es gibt Oszilloskope, die die Tastkopfausführung gleich beim Anschließen erkennen.

## Aktive und differentielle Tastköpfe

Handelt es sich um Signale mit extrem schnellen Anstiegszeiten, werden aktive und Differentialtastköpfe verwendet. Sie verfügen über Schaltungen mit Verstärkern und Puffern, mit denen die Signalintegrität sichergestellt wird. Das Signal wird also mit hoher Bandbreite verstärkt.

Diese Tastköpfe verfügen über einen zusätzlichen Anschluss für die Stromversorgung. Es gibt auch multifunktionelle Tastköpfe, mit denen sich Messungen im Differentialmodus, im asymmetrischen Modus und im Normalmodus durchführen lassen, ohne die Anschlüsse an der Tastkopfspitze zu ändern. Aktive Tastköpfe werden über die Anschlussbuchse oder ein eigenes Netzteil versorgt. Sie sind für eine höhere Bandbreite (>500 MHz) ausgelegt, wobei die angeschlossenen Kabel die Bandbreite reduzieren können.



*Bild 12. Der [aktive Tastkopf RT-ZS 6 GHz](#) von Rohde & Schwarz mit Mikrotaste wird zur genauen Messung von Signalen mit Masseverbindung verwendet. Er misst sowohl Hochgeschwindigkeits- als auch Niederfrequenzsignale, bei denen entscheidend ist, dass die Sonden-Impedanz nur eine minimale Last auf den Prüfpunkt legt. (Bild: RS Components)*

Differentielle Tastköpfe sind eine Sonderform des aktiven Tastkopfes und für schnelle symmetrische Signale geeignet. Sie verfügen über die Anschlüsse Masse, A und B. Die beiden Anschlüsse werden an das Leitungspaar für die Differenzmessung angeschlossen, der Masse-Anschluss geht an die Masse der Schaltung. So kann mit nur einem Oszilloskop-Kanal gemessen werden. Differentielle Tastköpfe werden z.B. für Messungen an Bussystemen genutzt.

Es sind weiterhin viele Spezialvarianten verfügbar - z.B. Hochspannungs-Tastköpfe und optische Ausführungen. Außerdem gibt es Schnittstellen und Erdungskabel als Zubehör. Tastköpfe müssen abgeglichen werden, da Kapazitäten im Kabel und Oszilloskop variieren können. Dazu haben Tastköpfe einen Trimmkondensator, meistens an der Spitze oder im BNC-Stecker.

## Fazit

Oszilloskope sind funktionsmächtige Messgeräte, die in den verschiedensten Bereichen des Maschinenbaus nützlich sind. Neben der produktionsnahen Verwendung sind Service-Aufgaben und die Fehlersuche ohne sie gar nicht mehr machbar. Wichtig ist es, für den speziellen Einsatzbereich das technisch passende Gerät mit einem guten Preis/Leistungsverhältnis zu finden. Da die Liste der Spezifikationen wirklich sehr umfangreich ist und ständig neue Geräte entwickelt werden, ist eine Beratung durch den Hersteller oder Distributor empfehlenswert. Sie können dabei helfen, den passenden „Top-Spion“ für die individuellen Signal-Gegebenheiten auszuwählen.