

Antennen-Bauformen [[Bearbeiten](#)]

Eine Aufzählung von Antennenarten bzw. -bauformen findet sich in der [Kategorie Antennenbauformen](#).

Die Baugröße einer Antenne muss immer in Relation zur [Wellenlänge](#), der Betriebsfrequenz betrachtet werden. Ist eine Antenne deutlich kleiner als die halbe Wellenlänge, wird ihr [Strahlungswiderstand](#) sehr klein, weshalb ihr [Wirkungsgrad](#) gering wird. Je größer eine Antenne im Vergleich zur Wellenlänge wird, um so komplexer wird ihr Strahlungsdiagramm, weil sich räumlich getrennte Teilschwingungen überlagern. Die größten Antennen wurden Ende des 19. und Anfang des 20. Jahrhunderts gebaut, als für Funk-Weitverbindungen ausschließlich [Langwellensender](#) benutzt wurden.

Beispiele von Antennen

- [Bezugsantennen](#)
- [Lineare Antennen](#)
- [Flächenantennen](#)
- [Reflektorantennen](#)
- [Gruppenantennen](#)
- [Magnetische Antennen](#)

Die Gliederung von Antennenbauformen lässt sich nach vielen Gesichtspunkten vornehmen. Meist wird sie nach der Geometrie der Antenne vorgenommen, kann aber auch andere Kriterien (z. B. Bandbreite, Richtcharakteristik, Betriebsfrequenz) erfassen. Der [Punktstrahler](#) hat nur eine theoretische Bedeutung als [Bezugsantenne](#), er lässt sich nicht praktisch realisieren und ist daher keine Antennenbauform.

Mögliche Unterteilung von Antennen:

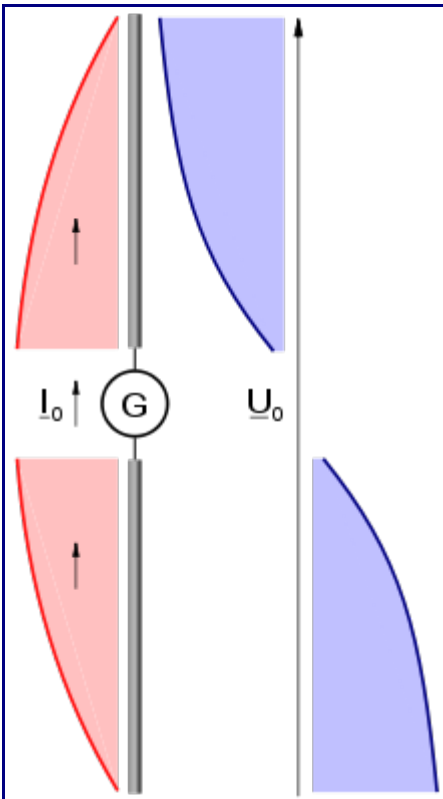
- [Linearstrahler](#) (lineare Antennen)
- [Flächenstrahler](#) (Flächenantennen):
 - [Aperturstrahler](#)
 - [Reflektorantennen](#)
- [Gruppenantennen](#) bestehen aus vielen zusammengeschalteten gleichartigen Antennen.

Nach Anwendung können Antennen auch unterschieden werden in:

- Stationsantennen (fest an einem Ort, oft auf einem Mast)
- Mobilantennen (Betrieb in Fahrzeugen, Schiffen oder Flugzeugen)
- Antennen für tragbare Geräte(Handfunkgeräte, Funktelefone)

Lineare Antennen [[Bearbeiten](#)]

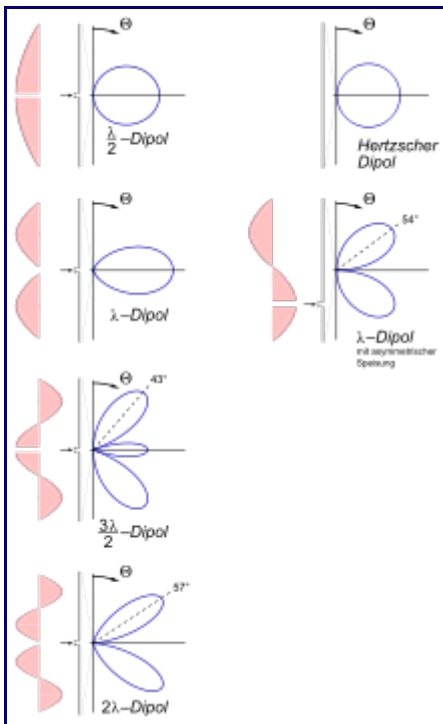
Siehe auch: [Kategorie:Lineare Antenne](#)



Stromverteilung (rot) und Spannungsverteilung (blau) auf einem Halbwelldipol

Der Begriff *lineare Antennen* bezeichnet Antennen, die eine leitungsgeführte [stehende Welle](#) (*auf einer Linie* / ein gegenüber der Wellenlänge dünner Draht oder Stab) in Freiraumwellen umwandeln und umgekehrt. Zu den linearen Antennen gehören alle Formen von [Langdrahtantennen](#) sowie [Dipolantennen](#) und auch [Faltdipole](#). Die lineare Antenne ist eine der gebräuchlichsten Strahlerformen. Sie wird beispielsweise als [Sendemast](#) in Rundfunksendern im Lang- und Mittelwellenbereich, als Drahtantenne im Kurzwellenbereich (Amateurfunk, Schiffsfunk) und als $\lambda/2$ -Dipol als Strahler in [Yagiantennen](#) im VHF- bis UHF-Bereich sowie als $\lambda/4$ -Dipol in [Stabantennen](#) für Kurzwellen bis jenseits des UHF-Bereiches (Funkdienste, Funktelefone, CB-Funk usw.) eingesetzt. Der Strom entlang der Antennenstäbe bzw. -drähte ist nicht konstant, sondern der Stromverteilung entlang einer leerlaufenden Leitung angenähert und nahezu sinusförmig verteilt. Es treten an den Enden (und bei längeren Antennen in Abständen der halben Wellenlänge)

Stromknoten ($\underline{I} = 0$) und Spannungsbäuche ($\underline{U} = \hat{U}$) auf.



Stromverteilung (rot) und Winkelverteilung (blau) der Strahlung an einem Dipol für verschiedene Wellenlängen

Die sinusförmige Stromverteilung auf Dipolantennen-Stäben wird zwar experimentell gut bestätigt, kann aber zur Berechnung des Eingangswiderstandes einer Antenne nicht herangezogen werden, da Strom und Spannung zeitlich nahezu um 90° phasenverschoben sind. Die Impedanz einer Antenne am Speisepunkt sollte jedoch keinen Blindwiderstandsanteil aufweisen, sie ist im Idealfall der äquivalente Serien- oder Parallelwiderstand, der durch die abgestrahlte Wirkleistung und – in geringem Maße – durch die Antennenverluste entsteht. Die Fußpunktimpedanz einer Antenne ist also ein rein ohmscher Widerstand, er sollte gleich der Leitungsimpedanz (Wellenwiderstand) der speisenden Leitung sein. Weicht die Antennen-Fußpunktimpedanz in ihrem Real- oder Imaginärteil davon ab, müssen Anpassglieder (Spulen, Baluns, π -Glieder, Anpassübertrager) eingesetzt werden.

Bei linearen Antennen ist die Länge im Verhältnis zur Wellenlänge λ maßgeblich. Die Verteilung der Strommaxima entlang der Strahler-Elemente einer symmetrischen, gestreckten Antenne ist ebenfalls symmetrisch und feststehend.

Halbwellendipol [Bearbeiten]

Ist ohne Längenangabe von einer Dipolantenne die Rede, so ist meist ein Halbwellendipol gemeint. Seine Länge ist gleich der halben Wellenlänge λ . Im Speisepunkt ist er aufgetrennt; dort liegt ein Strommaximum und ein Spannungsminimum, siehe Abbildung links. Der Halbwellendipol hat daher eine niedrige Impedanz von $73,2 \Omega$.

Ein Faltdipol entsteht, indem der Stromweg eines Halbwellendipols auf zwei Wege aufgeteilt wird. In nur einem dieser Wege ist er aufgetrennt, dort liegt der Speisepunkt. Durch die induktive bzw. kapazitive Kopplung an den ungespeisten Stab halbiert sich der Speisestrom bei verdoppelter Speisespannung. Daher vervierfacht sich beim Faltdipol die Impedanz des Speisepunktes auf etwa $240\text{--}300 \text{ Ohm}$. Der Vorteil des Faltdipoles ist dessen mögliche geerdete Befestigung am Antennenträger sowie früher die Verwendbarkeit preiswerter symmetrischer Speiseleitungen, der sogenannten Bandleitung.

Eine breitbandigere Form ist der Flächendipol, auch er zählt zu den linearen Antennen.

Viertelwellendipol [[Bearbeiten](#)]

Der [Viertelwellenstrahler](#) ist eine Sonderform des Halbwellendipols. Hier wird nur ein Zweig des Halbwellendipols als Antennenstab verwendet. Die Funktion der anderen Hälfte als Gegenpol (Gegengewicht) wird durch eine elektrisch leitfähige Oberfläche oder durch mehrere abstehende Stäbe übernommen, an dem sich der Viertelwellenstab elektrisch „spiegelt“. Als Gegengewicht wirkt teilweise der Körper des Benutzers, der das Gerät in der Hand hält, bei KFZ-Antennen die gut leitende Karosserie und bei Funktelefonen und vielen Funkfernsteuerungen die gesamte Leiterplatte.

Hinsichtlich der Abstrahlcharakteristik und des Gewinns werden fast die Eigenschaften eines Halbwellendipols erreicht. Der Viertelwellendipol strahlt also in der oberen Hälfte wie ein Halbwellendipol im freien Raum. Bei gleichem Speisestrom ist deshalb die abgestrahlte Leistung gerade halb so groß wie beim Halbwellendipol. Folglich sind auch Strahlungswiderstand und Impedanz nur halb so groß: $R_s = 36,6 \Omega$.

Anwendung findet der Viertelwellendipol als Antenne für Handfunkgeräte, bei mobilen Geräten – unter anderem in Kraftfahrzeugen – und bei Funkdiensten.

Ganzwellendipol [[Bearbeiten](#)]

Setzt man zwei gleichphasig schwingende Halbwellendipole gestreckt aneinander, entsteht ein sogenannter [Ganzwellendipol](#). Am Speisepunkt in der Mitte liegen ein Stromknoten und gegenphasige Spannungsmaxima, so dass die Impedanz hoch ist ($> 1 \text{ k}\Omega$). Wie beim Viertelwellendipol halbiert sich die Impedanz, wenn die untere Hälfte durch das Spiegelbild der oberen an einer leitenden Fläche gebildet wird. Eine gängige Antennenimpedanz von 240 Ohm bildet sich ebenfalls durch Parallelschaltung von vier Ganzwellenstrahlern in einer Gruppenantenne.

Verkürzte lineare Antennen [[Bearbeiten](#)]

Lineare Antennen mit einer Länge, die wesentlich kleiner als ein Viertel der Wellenlänge λ ist, müssen durch Einfügen einer Induktivität im oder in der Nähe des Speisepunktes elektrisch verlängert werden, um resonant zu werden (**verkürzter Strahler**). Andernfalls liegt eine reale und imaginäre Fehlanpassung an die Speiseleitung vor. Auch zusätzliche Kapazität (eine Platte oder sternförmige Drähte/Stäbe) am Ende des verkürzten Elementes kann zur Anpassung dienen. So verkürzte lineare Antennen haben einen kleineren Antennengewinn und oft aufgrund höherer Verluste auch einen kleineren Wirkungsgrad.

Beispiele sind die sogenannten [Gummiwurst](#)-Antennen an Handfunkgeräten, [CB-Funk](#)-Antennen mit Längen $< 3 \text{ m}$ und fast alle Antennen in Funkfernsteuerungen (Ausnahme: 2,4-GHz-Anlagen). Früher besaßen auch [Röhrenradios](#) eingebaute, derartig verkürzte UKW-Antennen.

Auf niedrigeren Frequenzen als etwa 100 MHz ist der Wirkungsgrad einer Antenne nur für Sender wirklich wichtig. Bei reinen Empfangsantennen ist die entscheidende Frage, ob das gesamte Empfangssystem einen ausreichenden [Signal-Stör-Abstand](#) erreicht. Bei Antennen ohne starke Richtwirkung dominieren Umgebungsstörungen, das sogenannte atmosphärische Rauschen, nicht das Rauschen der Empfänger-Eingangsstufen. In diesem Fall sinken mit dem Wirkungsgrad sowohl das Signal als auch der Störpegel.

Wenn eine elektrische Antenne klein gegen die Wellenlänge ist, wirkt sie am Anschlusspunkt wie eine kleine Kapazität. Würde man so eine kurze Antenne direkt an das Antennenkabel anschließen, ergäbe sich ein kapazitiver Spannungsteiler: ca. 2 pF Antennenkapazität gegen etwa 100 pF zwischen Innen- und Außenleiter des Koaxkabels zum Empfänger. So lässt sich also kein hochwertiges Empfangssystem bauen.

Deshalb sind die heute üblichen Autoradio-Antennen in aller Regel *aktive Antennen*, d. h. sie bestehen aus einem kurzen Stab und einem Verstärker mit hochohmigem, kapazitätsarmem

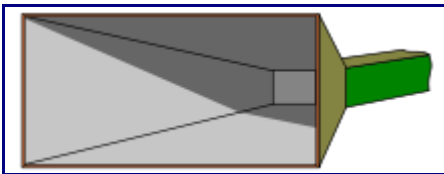
Eingang. Die früher üblichen ausziehbaren Antennen sind in Neufahrzeugen kaum noch zu finden. Im Prinzip reicht als Verstärker ein Impedanzwandler wie ein als [Sourcefolger](#) beschalteter [Feldeffekttransistor](#). Da eine solche Antenne aber sehr breitbandig ist, betreibt man hier häufig mehr Aufwand,[\[5\]](#) um das Großsignalverhalten zu verbessern.

Die geringen Abmessungen einer Aktivantenne ermöglichen es auch, einen Aufstellungsort mit geringem Störnebel zu wählen – etwa im Vergleich zu einer 20 m langen Drahtantenne.

Langdrahtantenne [[Bearbeiten](#)]

Bei einer [Langdrahtantenne](#) ist die Drahtlänge länger als die Wellenlänge λ . Die unter diesem Begriff zusammengefassten Antennenbauformen unterscheiden sich hauptsächlich durch die Art der Speisung und die Form der Verlegung des Strahlers. Mit zunehmender Länge nähert sich die Hauptstrahlrichtung der Antennenlängsrichtung symmetrisch an. Wird das von der Speisung entferntere Drahtende mit einem Abschlusswiderstand gegen Erde versehen, dann kann sich auf der Antenne keine stehende Welle ausbilden. Man spricht in diesem Fall von einer aperiodischen Antenne, die durch die auf dem Draht entlanglaufenden [Wanderwelle](#) ein besseres Vor-Rück-Verhältnis erhält.

Flächenantennen [[Bearbeiten](#)]



Rechteckhornstrahler

Eine Aufzählung von Flächenantennen siehe unter [Kategorie:Flächenantenne](#).

Der Begriff **Flächenantennen** (oder Flächenstrahler) bezeichnet Antennen, die im Gegensatz zu den linearen Antennen eine leitungsgeführte Welle an einer *Flächenausdehnung* (meistens eine Öffnung in einem [Hohlleitersystem](#)) in Freiraumwellen umwandeln und umgekehrt. Flächenstrahler werden bei Frequenzen oberhalb von etwa 1 GHz als Richtstrahler eingesetzt. Ein technisch einfaches Beispiel ist der Rechteckhornstrahler, bei dem ein Rechteckhohlleiter aufgeweitet wird bis die Öffnung in ihren Abmessungen groß gegenüber der Wellenlänge λ ist.

Aperturstrahler [[Bearbeiten](#)]

Aperturstrahler sind Antennen, die über eine strahlende Öffnung ([Apertur](#)) elektromagnetische Energie abstrahlen oder aufnehmen. Je größer die Öffnung im Verhältnis zur Wellenlänge, desto stärker die Bündelung der Strahlung, siehe [Rayleigh-Kriterium](#).

Aperturstrahler haben meistens die Form eines [Hohlleiters](#), der sich allmählich zum [Horn](#) aufweitet. Dadurch bleibt die Feldverteilung der eingespeisten Welle weitgehend erhalten und der Übergang in den Freiraum ist nahezu reflexionsfrei.

Reflektorantennen [[Bearbeiten](#)]

Um sehr lange Bauformen von Hornstrahlern, [Wendelantennen](#) oder [Yagiantennen](#) zu vermeiden, werden für Öffnungen jenseits etwa des 8-fachen der Wellenlänge meist [parabolische Reflektoren](#) verwendet. Im Brennpunkt solcher [Parabolantennen](#) sitzt als sogenannter *Primärstrahler* entweder ein kurzer Hornstrahler oder bei koaxialer Speisung ein Dipol mit Reflektor oder eine kurze [Wendel](#)- oder gewölbte [Spiralantenne](#). Die Spiegel müssen keine geschlossenen Metallflächen sein, sondern dürfen Öffnungen von etwa 1/10 der Wellenlänge aufweisen; dadurch lassen sich der

Fertigungsaufwand und die [Windlast](#) senken. Auch die Form der Fläche darf Abweichungen in dieser Größenordnung aufweisen.

Siehe auch:

- [Satellitenschüssel](#), [Radioteleskop](#), [Corner-Antenne](#)
- eine Aufzählung von [Reflektorantennen](#) siehe unter [Kategorie:Reflektorantenne](#)

Weitere Formen [[Bearbeiten](#)]

Antennen-Bauformen, die sich nicht unter vorgenannte Typen einordnen lassen, sind z. B.:

- [Wendelantennen](#) (Abstrahlung in Richtung der Achse einer Draht- oder Streifenwendel, [zirkulare Polarisation](#))
- [Vivaldi-Antennen](#) (zweidimensionaler [Exponentialtrichter](#) am Ende einer [Schlitzleitung](#))
- Antennen, die durch Schlitze in [Hohlleitern](#) entstehen (Abstrahlrichtung quer oder längs zum Hohlleiter)
- [Spiralantennen](#), Abstrahlung beidseitig senkrecht zu einer aus [Streifenleitungen](#) gebildeten [Spirale](#), zirkular polarisiert
- [Fraktalantenne](#)
- [Topfantenne](#)
- [Patchantennen](#) und [PIFA](#) auf Leiterplatten
- [T2FD](#) (Bauform ähnlich einem [Faldipol](#), durch einen Abschlusswiderstand aber ohne Resonanzeffekte)

Gruppenantennen [[Bearbeiten](#)]

Eine Aufzählung von Gruppenantennen siehe unter [Kategorie:Gruppenantenne](#)

Der Begriff **Gruppenantenne** (auch *Antennenarrays* genannt) bezeichnet Antennen, die aus einer Anzahl von Einzelstrahlern konstruiert sind, deren abgestrahlte Felder sich überlagern und durch konstruktive [Interferenz](#) zu einem gemeinsamen [Antennendiagramm](#) formen. Als Einzelstrahler können fast alle Antennenbauformen eingesetzt werden, also auch im Aufbau komplizierterer Antennen, wie zum Beispiel [Yagi-Antennen](#).

Alle Einzelantennen befinden sich meist geometrisch in einer Ebene senkrecht zur Abstrahlrichtung und müssen jeweils phasenrichtig zueinander gespeist werden. Gruppenantennen kann man als den Spezialfall eines Phased Array betrachten, bei dem alle Antennen mit der gleichen Phasenlage angesteuert werden.

Phased Array [[Bearbeiten](#)]

→ *Hauptartikel:* [Phased-Array-Antenne](#)

Eine Sonderform der Gruppenantennen ist die Phased-Array-Antenne. Bei dieser Antennengruppe werden die einzelnen Strahlerelemente oder Strahlergruppen mit unterschiedlicher [Phasenlage](#) und manchmal auch mit unterschiedlicher Leistung gespeist. So lässt sich das Richtdiagramm der Antenne rein elektronisch, also sehr schnell, ändern. Das wird z. B. für Radar-Anlagen benutzt.

Monopuls-Antenne [[Bearbeiten](#)]

→ *Hauptartikel:* [Monopuls-Antenne](#)

Eine Monopuls-Antenne wird bei modernen Radargeräten verwendet, um die Genauigkeit der Winkelmessung bei der Richtungsbestimmung sowie das Zeitbudget des Radars zu verbessern. Bei der Monopulsantenne werden die einzelnen Strahler in zwei Hälften (oder vier [Quadranten](#) für

dreidimensionales Radar) aufgeteilt, deren Empfangsleistungen in einem Monopuls Diplexer sowohl summenbildend als auch differenzbildend verschaltet und in zwei bis vier identischen Empfangskanälen verarbeitet werden. Mit diesen Signalen kann ein Rechner die Position eines Zieles innerhalb des Peilstrahls bestimmen.

Unterscheidung elektrische/magnetische Antennen [[Bearbeiten](#)]

Alle Antennenformen erzeugen sowohl elektrische als auch magnetische Felder; verkürzte Stabantennen verwenden primär die elektrische Feldkomponente zur Strahlungserzeugung. Sie sind durch ihre geometrische Form und Größe im Verhältnis zur jeweiligen Wellenlänge immer frequenzselektiv.

[Magnetische Antennen](#) verwenden dagegen primär ein Magnetfeld zur Strahlungserzeugung bzw. empfangen primär die magnetische Feldkomponente der elektromagnetischen Strahlung. Sie bestehen aus Spulen (im einfachsten Fall mit nur einer Windung), besitzen eine Richtwirkung (bei stehender Spule eine Achtcharakteristik) und können gegenüber der Wellenlänge sehr klein sein, indem die Spule aus mehreren Windungen besteht. Zu den Magnetantennen zählen auch die [Rahmenantennen](#), aus einer drehbaren Spule bestehende Peilantennen und [Ferritantennen](#), jedoch nicht induktiv verlängerte Antennen wie die „[Gummiwurst](#)“. Auch die [Wendelantenne](#) ist keine magnetische Antenne.

Eine Aufzählung findet sich unter der [Kategorie Magnetische Antennen](#).

Sicherheitsbestimmungen beim Antennenbau [[Bearbeiten](#)]

Blitzschutz [[Bearbeiten](#)]

Werden Antennen im Freien an hohe Masten montiert, welche die Umgebung überragen, so müssen sie vor Blitzschlag [geschützt](#) werden. Die Vorschriften dazu sind im Baurecht des jeweiligen Landes oder Staates enthalten. Für Deutschland siehe das Merkblatt des ABB.[\[6\]](#)

In diesem Zusammenhang siehe auch [Erdungsmuffe](#).

Statik [[Bearbeiten](#)]

Antennen bieten starkem Wind einen Widerstand, *Windlast* genannt. Die Antennen- und Mastkonstruktion muss diese zusätzlichen Kräfte aufnehmen können. Beim Errichten von Antennenanlagen muss diese Windlast, die in den Datenblättern von Antennenherstellern angegeben wird, bei der [statischen Berechnung](#) berücksichtigt werden.

Vereisung [[Bearbeiten](#)]

Antennen, Mastkonstruktionen und Abspannungen können im Winter vereisen. Dabei kann das Gewicht der Antennenkonstruktion und die Angriffsfläche für die Windlast erheblich vergrößert werden, sowie eine starke Dämpfung des Signals auftreten. Außerdem können durch herabfallende Eisbrocken Menschen verletzt werden. Deshalb sind beim Aufbau und Betrieb einer Antennenanlage mögliche Gefahren, die durch Vereisung entstehen können, zu berücksichtigen.

In Einzelfällen werden Teile der Antennenanlage auch geheizt, um die Leistungsverluste der Antenne im Winter zu kompensieren und einer Vereisung vorzubeugen. Eine andere Möglichkeit, einer Vereisung bis zu einem gewissen Grad vorzubeugen, sind hohle Antennenträger aus [glasfaserverstärktem Kunststoff](#) (GFK) mit glatter Außenoberfläche, in welche die Antennen eingebaut werden; oder durchgehende Kunststoffschalungen als Vorbau. Diese Techniken werden vor allem bei UHF-Fernsehsendern, manchmal aber auch bei VHF- und UKW-Sendern

angewendet.

Siehe auch: [Radarkuppel](#)

Antennensimulation [[Bearbeiten](#)]

Neben der messtechnischen Bestimmung von Antennenparametern hat die [Simulation](#) von Antennen bzw. ganzer Antennensysteme samt in der Nähe befindlicher weiterer Einflussfaktoren (Masten, metallische Abspannseile usw.) per Computer an Bedeutung gewonnen. Die Rechnersimulation erlaubt eine hohe Genauigkeit, wenn es denn gelingt, die Antenne (und gegebenenfalls deren relevante Umgebung) auch genau in den Rechner zu „übernehmen“. Eine ausreichend genaue [Modellierung](#) einer Antenne im Rechner wirft aber meistens geringere Probleme auf als die messtechnische Erfassung und ist deshalb auch billiger. Insbesondere ab Frequenzen im UHF-Bereich und bei sehr kleinen Funkmodulen – z. B. für Nutzung in den [ISM-Bänder](#) – wird eine meßtechnische Erfassung der Antennenimpedanzwerte deutlich ungenauer sein, als eine Simulation. Gleiches gilt auch für das Abstrahlverhalten bei harmonischen Frequenzen (sog. Oberwellen). Viele Computerprogramme für die Antennensimulation beruhen auf dem [NEC2-Algorithmus](#) (Numerical Electromagnetic Code), der ursprünglich für die US-amerikanischen Streitkräfte entwickelt wurde und frei zugänglich ist.

Mit Hilfe von modernen und handelsüblichen Antennensimulationsprogrammen kann man sowohl die Richtcharakteristik der Antenne für jede Polarisationsrichtung als auch die Antennenimpedanz bestimmen. Die Abstrahlcharakteristik kann für eine definierte Frequenz berechnet werden, die grundsätzlich komplexen Impedanzwerte können auch über einen gesamten und größeren Frequenzbereich angegeben werden. Bei der Abstrahlcharakteristik erhält man im Allgemeinen eine kugelförmige Falschfarbendarstellung mit entsprechenden Erhöhungen „Bergen“ und Vertiefungen „Tälern“. Weiterhin ist es häufig auch möglich, die Stromverteilung entlang der Antenne anzugeben, woraus man konstruktive Verbesserungen ableiten kann.