



# Wächst der Antennenwald?

**Immer mehr Empfangs- und Sendetechnik wird in modernen Kraftfahrzeugen genutzt, das geht vom Autoradio über diverse Funkdienste bis zum GSM-Telefon und zur GPS-Satellitennavigation. Deren Funktion hängt stets von einem gut funktionierenden Antennensystem ab. Wir werfen einen Blick in den wachsenden Antennenwald, zeigen, wie man ihn lichten und wo man was einbauen kann.**

## Eine nach der anderen...

Zu Beginn des Zeitalters der mobilen Kommunikation gab es das Autoradio. Es empfing seine Signale über eine einfache Stabantenne, die im besten Falle per Hand ein- und ausziehbar war (die heute noch bevorzugte Erstausrüstungsvariante vieler Autohersteller). Später kamen die Funkamateure auf die Idee, mobil zu werden und montierten mehr oder weniger lange Edelstahlruten an ihre Fahrzeuge. Auch die CB-Funker taten es ihnen nach, seitdem „zieren“ die langen CB-Antennen viele Fahrzeuge vor allem bei Autobahnfahrten.

Bald kamen auch die zahlreichen Anwendungen des mobilen Kommerzfunks wie Betriebsfunk, Autotelefon etc. hinzu, die wiederum eine Antenne erfordern. Heute trifft man vor allem C-/D- und E-Netz-Telefone in den Fahrzeugen, deren Außenantennenformen ganze Kataloge füllen.

Und schließlich erobert die neueste Erfindung der Kommunikationstechnik, die

Navigationshilfe per GPS-Satelliten mit-samt wiederum erforderlicher Antenne unsere Fahrzeuge - der Antennenwald wächst weiter.

## Nur eine gute Antenne ist eine gute Antenne

Klingt komisch, ist aber so. Der Wirkungsgrad von Empfängern und Sendern hängt entscheidend von der Qualität der Antenne selbst und vor allem der ihrer Montage ab. Da darf nichts klappern, muß alles fest sitzen, kontaktsicher ausgeführt sein und vor allem müssen die optimalen Ausbreitungsbedingungen vorhanden sein. Denn alle Antennenverstärker (Booster) und hochselektiven Empfängereingangsstufen nützen nichts, wenn die Antenne nicht sachgemäß positioniert und montiert ist. Eine der ältesten Elektronik-Weisheiten ist die: „Eine gute Antenne ist der beste HF-Verstärker“.

Das klingt allgemein, aber dahinter steckt eine Menge HF-Theorie und -praxis. Ohne die Theorie allzusehr zu strapazieren, wol-

len wir uns dennoch einige der wichtigsten Grundregeln beim Antennenaufbau ins Gedächtnis rufen.

Eine Antenne muß so angeordnet sein, daß ihre Abstrahlcharakteristik (gilt auch für Empfangsantennen) optimal unterstützt wird. Am Fahrzeug haben wir es vorwiegend mit Stabantennen zu tun, die eine Rundstrahlcharakteristik aufweisen. Dabei unterscheidet man in der konstruktiven Ausführung in die sogenannten 0dB-Strahler und die Strahler mit Antennengewinn.

Man kann pauschal sagen, je höher dieser Gewinn ausfällt, desto flacher ist der Abstrahlwinkel und desto größer ist die Reichweite. Je nach Einsatzgebiet hat jeder Strahlertyp seine Vor- und Nachteile. Zum Beispiel: 0dB-D-Netz-Antennen sind in gut versorgten Großstädten und Ballungsgebieten von Vorteil, wo die Reichweite nicht so hoch sein muß, aber dafür der Erhebungswinkel höher sein sollte, um die näher gelegenen Antennen der Sender bzw. Transponder besser zu erreichen. Dazu kommt die Vermeidung des ungewollten Frequenzhoppings des Telefons in den klei-



**Bild 1: Durch die spezielle Ausführung als Wendelstab sind moderne Antennen relativ geräuscharm auch bei hohen Geschwindigkeiten. (Grafik: Mobile Antennentechnik GmbH Bad Blankenburg)**

nen Funkzellen der Großstädte durch eine geringere Reichweite. In ländlichen Gebieten dagegen ist der 5dB-Strahler besser einsetzbar, da hier die Transponderdichte wesentlich geringer und eine größere Reichweite gefragt ist. Für universellen Einsatz geeignet ist daher die 3dB-Antenne. Um optimal abzustrahlen bzw. zu empfangen, benötigt jede Antenne bestimmte Erdungsverhältnisse bzw. ein Masse-Gegengewicht zur Ausbildung eines elektrischen Dipols. Je gleichmäßiger und direkter dieses Gegengewicht gegenüber dem Antennenfußpunkt ausgebildet ist, desto homogener wird das Abstrahlverhalten der Antenne sein.

Und schließlich sind naheliegende Hindernisse, insbesondere Teile der Fahrzeugkarosserie ebenso ausschlaggebend für die Ausbildung eines definierten Richtdiagramms einer Antenne wie deren Ausrichtung gegenüber dem elektrischen Feld, dessen Polarisation und gegenüber Masse als elektrisches Gegengewicht.

Sie sehen also, zu einer guten Antenne gehören eine Reihe Wirkungskomponenten außer der mechanischen Komponente Antenne selbst, die alle optimal zusammenwirken müssen, um beste Abstrahl- und Empfangsergebnisse zu erhalten.

### Masse, Masse, Masse...

Den Forderungen nach sehr sorgfältig ausgeführten Masseverbindungen von Antenne und Empfänger bzw. Funkgerät kann kaum genug Beachtung geschenkt werden. Die Standardstecker nach DIN bzw. ISO, die die meisten Fahrzeuge heute bereits werksseitig aufweisen, enthalten bereits eine sicher ausgeführte Masseverbindung zur Fahrzeugmasse.

Aber es gibt bzw. gab auch zahlreiche Fahrzeugbauer, die es mit dieser Masseverbindung nicht so genau nehmen. Sie führen den meist braunen Draht irgendwo von der Instrumentenkombi, vom Massekontakt des Zigarettenanzünders oder sonst-

wo her, nur nicht direkt auf kürzestem Wege von der Fahrzeugmasse.

Und genau dies ist wichtig, es muß ein ausreichend dimensioniertes (mind. 2,5 mm<sup>2</sup> Querschnitt, besser noch dicker) Massekabel auf kürzestem Wege von der Masseverbindung des anzuschließenden Gerätes zur Karosseriemasse (also meist die Spritzwand direkt hinter z. B. dem Radio) geführt werden. Hier finden sich oft bereits Gewindebolzen, die man für das feste Anklammern eines entsprechend dimensionierten Kabelschuhs nutzen kann. Zuvor sollte man jedoch einmal nachmessen, ob der Bolzen auch wirklich Masse führt und nicht nur auf den Lack geschraubt ist. Ist der Kontakt zur Batteriemasse unsicher bzw. der Widerstand zu hoch, so kann man nach Lösen der Bolzenmutter eine Zahnscheibe unterlegen, darauf den Kabelschuh auflegen und dann den Bolzen wieder festschrauben. Will man es ganz sorgfältig machen, so kann man den Lack um das Bolzenloch bis auf den metallischen Grund abschleifen, so daß sich ein gleichmäßiger Massekontakt ergibt. Nach Montage und Festziehen kann man die Verbindung wieder mit Lack konservieren und so sichern.

Es schadet übrigens nicht, auch bei Fahrzeugen, die mit DIN- oder ISO-Kompaktsteckern bestückt sind, eine solche Masseleitung zusätzlich zu ziehen und per Flachsteckschuh am meist vorhandenen Flachsteckkontakt des Radio- oder Funkgerätegehäuses zu befestigen.

Man sollte nie darauf setzen, daß sich das Gerät seine Masse über den Einbaurahmen oder die Masseleitung von der Antenne „holt“. Das funktioniert zwar, kann jedoch nach kürzester Zeit durch Fahrzeugbewegungen zu Knistern, Knacken und Prasseln im Lautsprecher führen und zu instabilen Empfangsverhältnissen. Dazu kommt die erhöhte Anfälligkeit gegen äußere Störer wie Mopeds, schlecht entstörte Generatoren und Motoren.

Dies alles gilt natürlich für alle nachträglich installierten Geräte wie CB-Funkgerät oder Telefon-Freisprechanlage. Das Massekabel immer auf kürzestem Wege zur Fahrzeugmasse führen und nie parallel an ein anderes Gerät anschließen.

Auch der Masseanschluß einer Einbauantenne darf nicht vernachlässigt werden. Er wird meist durch eine der Antenne beiliegende Zahnscheibe, die sich auf der Innenseite durch den Lack hindurch auf das blanke Blech drückt, hergestellt. Lackschönung ist an dieser Stelle also nicht ange-sagt. Die Abdichtung gegen Umwelteinflüsse nehmen äußere und innere, bei der Montage fest abdichtende, flexible Kunststoffscheiben vor.

Erst dann wirkt die Karosserie auch wie vom Antennenhersteller vorgesehen, als Antennengegengewicht. Deshalb weisen

auch Einbauantennen die besten elektrischen Werte gegenüber anderen Bauformen wie Magnethaftantennen, Glasantennen, über in den Fensterrahmen oder die Kofferklappe mit einem Haltefuß einzuklinkende Antennen und andere Bauformen auf. All diese Antennen benutzen die Fahrzeugkarosserie quasi nur als virtuelles Gegengewicht. Einige Antennenformen, wie bestimmte CB-Strahler zur mobilen Montage, weisen zur Verbesserung der Abstrahlverhältnisse sogenannte Grundpläne-Elemente auf, die das Masse-Gegengewicht zum Antennenstab darstellen.

Ach ja, es gibt ja auch Fahrzeuge mit Kunststoffkarosserie. Hier muß man ein metallisches, flächiges Gegenstück unter dem Einbauort anbringen, z. B. selbstklebende Kupferfolie, die fest an die Fahrzeugmasse anzuschließen ist. Im D-Netz genügt hier bereits ein Stück von ca. 30 x 30 cm. Sie sehen, sowohl Montageort als auch Antennentyp müssen sorgfältig ausgewählt werden, weshalb wir uns im folgenden ausführlich damit beschäftigen wollen.

### Montageorte

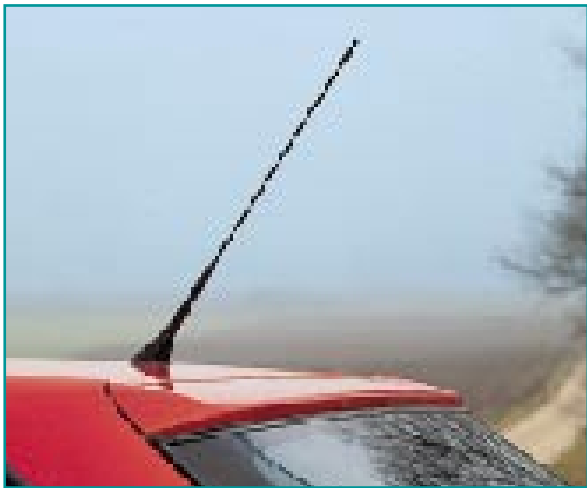
Weitgehend unabhängig vom Einsatzzweck der Antenne gibt es eine Reihe von Montageorten, die optimale Verhältnisse bieten und ebenso viele, die das Gegenteil darstellen.

### Dachmontage

Der technisch beste Montageort ist die geometrische Mitte des Fahrzeugdachs, frei nach der Devise des Antennenbauers: „je höher, je besser“. Aus diesem Grunde finden wir vor allem bei kommerziell instal-



**Bild 2: Bietet sich für gut versorgte Gebiete an: extrem kurzer Strahler für das D-Netz für Dachmontage. (Foto: Hirschmann)**



**Bild 3: Kombinationsantenne für Radio und GSM im GTI-Look für die Montage an der Dachkante.**  
(Foto: HAMA)

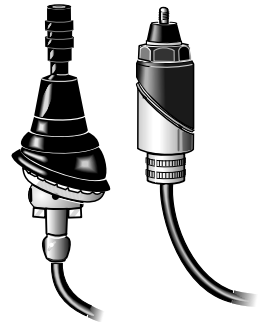
Außerdem geht der Trend zu immer kürzeren Antennen, deren mechanische Defizite elektronisch kompensiert werden

(Abbildung 2).

Doch zurück zur Dachmontage. Noch als weitgehend optimal zu betrachten sind die Montageorte kurz vor dem Ende und kurz hinter dem Beginn des Fahrzeugdachs, jeweils mittig (Abbildung 3). Diese sind denn auch weit verbreitet, die Montage vorn finden wir serienmäßig bei französischen Fahrzeugen, hinten bei deutschen wie VW, Audi und Opel. Zu verwerfen sind dagegen die Längsseiten des Daches, da hier eine deutliche Verschlechterung des Richtdiagramms der Antenne aufgrund der starken Feldverzerrung durch die Karosserie auftritt. Deshalb: Magnethaftantenne immer auf die Dachmitte stellen.

Zur Dachmontage muß jedoch der Dachhimmel demontiert werden, was bei den meisten Fahrzeugtypen nicht ganz unproblematisch ist. Hier sollte man eine Werkstatt zumindest zu Rate ziehen, wenn nicht sogar mit Aus- und Einbau des Himmels

**Bild 5: Spezielle Anpaßstücke garantieren die Montage an fast allen Karosseriformen.**  
(Grafik: Mobile Antennentechnik GmbH Bad Blankenburg)



beauftragen. Resultat eines unsachgemäßen Dachhimmleinbaus ist nämlich meist ein Herunterhängen im hinteren Bereich, Klappern und ein erhöhter Geräuschpegel im Fahrzeug.

### Kotflügelmontage

Immer noch sehr verbreitet, wenn auch elektrisch keineswegs optimal, ist die Kotflügelmontage einer Antenne. Eine Reihe von Fahrzeugtypen weisen schon werksseitig eine solche Antennenmontage auf.

Wie bei der seitlichen Dachmontage findet auch hier eine starke Feldverzerrung statt, die eine ungleichmäßige Abstrahlung hervorruft. Das bei Dachmontage noch kreisförmige Richtdiagramm der Antennen wird stark keulenförmig zum Fahrzeug hin verzerrt, die Abstrahlung zur Seite bzw. nach vorn (oder hinten) ist jedoch eher gering. Und dies gilt umso mehr, je höher die Frequenz ist, auf der gearbeitet wird und je geringer die Leistung des Funkgerätes bzw. des Senders ist.

Während die Verzerrung bei Rundfunkempfang aufgrund der in Deutschland meist

lierten Funkanlagen (Polizei, Feuerwehr, Betriebsfunk, LKW) die Funkantenne an diesem Platz, der optisch aber für den Privatnutzer unattraktiv ist. Jedoch sollte man ihn vor allem beim Einsatz von Magnetfußantennen möglichst doch nutzen, denn hier sind die Verhältnisse homogen, und die Antennen können ihre Rundstrahlcharakteristik voll entfalten.

Übrigens sollten Antennen möglichst immer senkrecht stehen, um optimale Verhältnisse zu erhalten. Die heute weit verbreitete Schrägstellung ist ein Zugeständnis an Optik, Geräuscharm und Cw-Wert des Fahrzeugs. Deshalb werden Sie z. B. fast alle Funkantennen in senkrechter Anbaulage vorfinden.

Um Windgeräusche zu eliminieren, haben die Hersteller zu speziellen Ausformungen der Antennenstaboberfläche gegriffen (Abbildung 1), die luftleitend wirken und so die Antennen leiser machen.



**Bild 4: Motorantennen werden im Kotflügel montiert, benötigen jedoch relativ viel Platz unter dem Blech. Sie werden automatisch über den 12V-Steueranschluss des Autoradios aktiviert.**  
(Foto: Hirschmann)



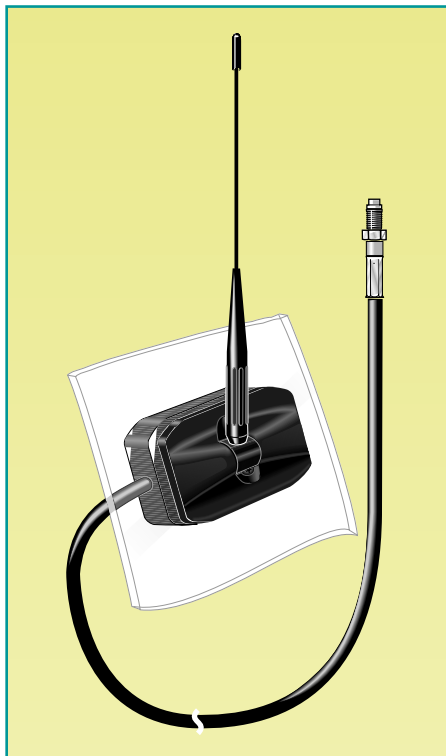
**Bild 6: Für Heckmontage geeignet: kombinierte GPS-/GSM-Antenne.**  
(Foto: Mercedes-Benz)

recht hohen Feldstärken noch wenig in Erscheinung tritt, gehen im D-Netz schon die entscheidenden Feldstärken für gleichmäßiges Senden und Empfangen verloren.

Ansonsten gilt es bei Kotflügelmontage nur zu beachten, daß man die Antenne zur Vermeidung von Vandalismusschäden möglichst links montieren sollte, sie darf nicht das Blickfeld nach vorn behindern und man sollte sich vor der Montage über die Einbauverhältnisse unter dem Blech Klarheit verschaffen, um keine Schäden anzurichten, dies gilt besonders für Motorantennen (Abbildung 4). Für nahezu alle Fahrzeuge halten die Antennenhersteller entsprechende Karosserieadapter bereit, die die problemlose Angleichung an die heute kaum noch ebenen Karosserieflächen ermöglichen (Abbildung 5). Deshalb fällt auch in diesem Bereich der Einsatz von Magnethaftantennen praktisch aus.

### Heckmontage

Die Heckmontage erfreut sich vor allem aus optischen Gründen zunehmender Beliebtheit, obwohl die elektrischen Verhältnisse insgesamt nicht optimal sind. An den Kotflügelkanten treten die oben beschriebenen Verzerrungen auf, und auf der Heckklappe tritt eine weitgehende Abschattung des Funkfeldes durch das Fahrzeug auf. Dazu kommen eine Reihe von mechanischen Problemen. Die weitgehende An-



**Bild 7:** Die Glasklebeantenne transportiert die Antennenenergie über einen kapazitiven Koppler durch die Glasscheibe. (Grafik: Mobile Antennentechnik GmbH Bad Blankenburg)



**Bild 8:** Fensterklemmantennen sind das ideale Zubehör für Fahrzeugwechsel, Miet- und Leasingfahrzeuge (Foto: Hirschmann)

zahl von Heckklappen öffnen heute so weit (teilweise über 90° Öffnungswinkel), daß eine dort aufgebaute Antenne mit dem Heckfenster kollidieren würde. Zudem wäre eine Kabelführung des nicht beliebig wie ein dünnes Stromkabel knickbaren Antennenkabels problematisch. Die meisten Fahrzeuge bis in die obere Mittelklasse hinein weisen auch keine Möglichkeit der geschützten Kabelverlegung in Heckklappe und am Scharnier auf.

Auf der Heckklappe finden nur optimal auf den Fahrzeugtyp abgestimmte GPS-Antennen (Abbildung 6) ihren Platz, die ja bekanntermaßen von der direkten Sicht zu einem bzw. mehreren dicht beieinanderliegenden GPS-Satelliten „leben“. Hier spielt auch die Abschattung des Fahrzeugs keine so große Rolle.

Generell gilt für Heckantennen, daß, wenn man den Montageort schon wählt, die Antenne so lang sein sollte, daß sie über das Fahrzeugdach hinausragt. Antennen, die direkt hierfür vorgesehen sind, z. B. kombinierte Radio-/D-Netzantennen, sind auch auf diese Forderung ausgerichtet.

### Auf der Scheibe...

Da paradoxerweise ein Antennenloch im heil'gen Blechle den Wiederverkaufswert drastisch mindert (obwohl die Karosseriemontage die mechanisch und elektrisch sicherste ist) und ein solches für Miet- und Leasingfahrzeuge überhaupt nicht in Betracht kommt, ist guter Rat für die Anbringung der Telefonantenne teuer.

Übrig bleibt eigentlich nur die Scheibenmontage, vorzugsweise an der Heck-

scheibe. Diese erfolgt durch Aufkleben des Außenstrahlers auf die Scheibe und gegenüber innen durch Aufkleben des Kopplers (Abbildung 7). Die Antennenenergie gelangt durch kapazitive Kopplung durch die Scheibe. Daß dies stark verlustbehaftet ist, läßt sich leicht denken, deshalb sollte man eine solche Antenne auch ein wenig als Provisorium betrachten und sich insbesondere in ländlichen Gebieten nicht über verminderte Reichweiten wundern. Dazu kommen fahrzeugspezifische Unwägbarkeiten. So muß die Anbringung weit genug von den Heizfäden der Heckscheibenheizung entfernt erfolgen, da die Heizfäden die Kopplung zwischen Außenstrahler und Innenkoppler stark stören können.

Auch bestimmte Scheibentypen, wie die im Innern mit einer metallischen Folie versehenen Wärmeschutzscheiben stören die Kopplung erheblich. Hier sollte man also vorher die Vertragswerkstatt konsultieren.

Bei der Scheibenmontage ist vor allem darauf zu achten, daß der Antennenstrahler über das Fahrzeugdach hinausragt, sonst treten ähnliche Abschattungen und Feldverzerrungen auf wie weiter vorn beschrieben.

### Sonderbauformen

Zu den bisher genannten Standardaufbauarten und -antennen kommen zahlreiche Sonderbauformen mit entsprechenden Anbauarten.

Vor allem für den Bereich des Mobilfunks sind Fensterklemmantennen (Abbildung 8) weit verbreitet. Sie werden einfach auf eine Seitenscheibe aufgeschoben, durch Hochfahren der Scheibe arretiert und arbeiten entweder nach dem gleichen Prinzip wie die Scheibenklebeantenne (Koppler), oder die Antennenleitung ist im umgrei-



**Bild 9:** Magnetfußantennen sind sehr universell einsetzbar, vorzugsweise im Dachbereich (Foto: HAMA)



**Bild 10: Kombiantenne für GSM- und Radio-betrieb (Foto: Blaupunkt)**

Mit zwei dieser Antennen kann man sehr unauffällig fast alle denkbaren Bereiche abdecken. Eine kann dabei für CB und Radio eingesetzt werden und die zweite unauffällig auf dem Heck für GSM und GPS. Bei einem Fahrzeug mit serienmäßiger Radio-Scheibenantenne sind so GSM und GPS besonders unauffällig unterzubringen.

### Sieht keiner mehr

Je mehr Antennen außen am Fahrzeug angebracht werden müssen, desto größer ist die Gefahr, daß diese dem Vandalismus zum Opfer fallen. Allein schon deshalb sollte man Antennen möglichst nie auf der rechten Fahrzeugseite unterbringen. Besonders Stabantennen üben unheimliche Anziehungskräfte auf nächtliche Randalierer aus.

Eine besonders pfiffige Lösung für den Mobilfunk, denkbar ist das aber auch für andere Bereiche, hat Hirschmann mit der im hinteren Stoßfänger zu integrierenden Antenne (Abbildung 12) vorgestellt. Das im Stoßfänger montierte System ist von außen nicht sichtbar und schirmt die Fahrzeuginsassen sehr wirksam gegen die HF-Strahlung des Handys ab. Sie besteht aus

zwei Dipolen die rechts und links an der Karosserie angebracht werden. Durch diese Anordnung wird ein für den Mobilfunkbereich günstig (horizontal) ausgerichtetes Richtdiagramm realisiert. Die Signale der beiden Dipole werden in einem Leitungstransformator addiert und gelangen dann zum Funktelefon.

Auch eine solche Antenne trägt dazu bei, den wachsenden Antennenwald auf unseren Autos zu lichten. Allgemein geht der Trend zu immer kompakteren kombinierten Antennen, die sich stetig harmonischer in das Erscheinungsbild des Fahrzeugs einordnen lassen.

**ELV**

fenden Blech untergebracht. Diese Antennenform ist vor allem bei nur gelegentlichem Telefoneinsatz im Auto oder bei wechselnden Fahrzeugen sehr verbreitet. Durch den ungünstigen Standort an der Dachkante arbeiten diese Antennen nicht sehr effektiv, sie „leben“ von der Anbringungshöhe, so daß wenigstens der Stab über das Dach hinausreicht.

Auch erwähnenswert, jedoch fast nur als Erstausrüstung erhältlich, sind vor allem für den Rundfunkempfang verwendete In-Glass-Antennen. Diese werden, als Dipole ausgeführt, in der Front- oder Heckscheibe untergebracht. Trotz der relativ starken Richtwirkung werden hiermit passable Empfangsleistungen erreicht. Nachrüstbare Antennenleiter, die von innen auf die Scheibe geklebt werden, konnten sich jedoch nicht durchsetzen.

Sehr universell einsetzbar sind alle Arten von Magnetfußantennen (Abbildung 9). Sie haften durch sehr starke Magnete auf dem Fahrzeugblech und können auf dem Fahrzeugdach beachtliche Empfangsergebnisse erreichen. Insbesondere bei den langen und schweren CB-Funk-Antennen, aber auch im D-Netz-Bereich sollte man mit einer solchen Antenne auf dem Dach nicht zu schnell fahren, denn der Winddruck kann unter Umständen die Antenne einfach vom Dach fegen.

### Kombis - Lösung gegen den Antennenwald

Immer beliebter werden die sogenannten Kombiantennen, die gleich mehrere Nutzungsbereiche abdecken. Sie gibt es sowohl

als kombinierte Radio-/CB-Funk-Antenne, als Radio-/GSM-Antenne (Abbildung 3 und 10) und als GSM-/GPS-Antenne (Abbildung 6). Sie bestehen aus mehreren kombinierten Strahlerelementen und einer integrierten Weiche mit konfektionierten Anschlußkabeln. Ihr Einsatzort ist vorwiegend das Fahrzeugheck oder das Dach. Gerade die relativ langen Radio-/GSM-Antennen werden heute als geräuscharme Versionen mit gedrehter Wendel hergestellt.



**Bild 11: Eines der ersten Kombigeräte für GSM und Radio: Blaupunkt Radiophone Amsterdam TCM 127 (Foto: Blaupunkt)**

Das Erscheinen der ersten Kombigeräte wie das Blaupunkt Radiophone Amsterdam TCM 127 (Abbildung 11) fordert solche kombinierten Antennen geradezu.

**Bild 12: Die im Stoßfänger zu integrierende D-Netzantenne ist von außen nicht sichtbar und weist durch die Verteilung der beiden Dipole eine gute Rundstrahlcharakteristik auf. (Foto: Hirschmann)**

