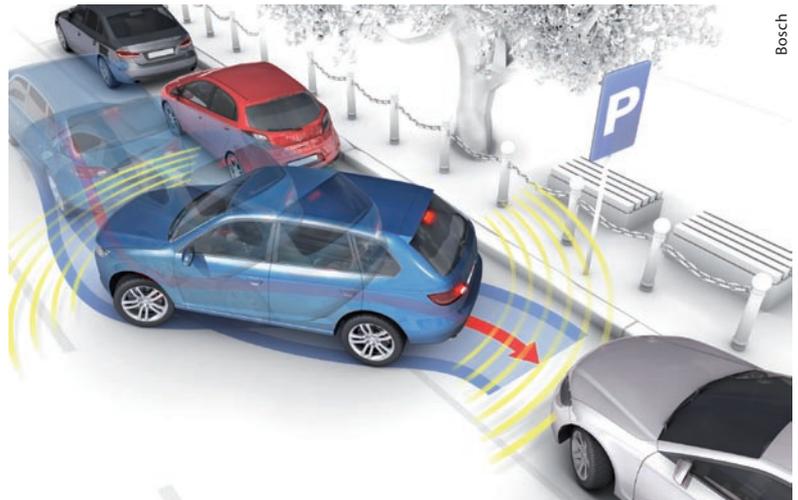


Tastsinn fürs Auto

Ultraschallsensoren erleichtern das Einparken.

Es ist das Grauen eines jeden Fahrerschülers und für manchen Autofahrer bleibt es ein lebenslanges Rätsel: rückwärts einparken. Die Automobilindustrie hat dieses Problem schon früh erkannt und es als ein weiteres Differenzierungsmerkmal für die eigene Modellpalette aufgegriffen. Erstmals unterstützt 1992 eine entsprechende Sensorik den Fahrer in Pkw-Serienfahrzeugen beim Rückwärtsfahren oder Einparken. Das technische Grundprinzip ist auch heute noch das Gleiche. Zumindest als Sonderausstattung sind Einparkhilfen für jedes Fahrzeug der Mittelklasse und aufwärts erhältlich, mit Nachrüstsets aus dem Kfz-Zubehörhandel lässt sich jeder Pkw aufmotzen.

Fast alle Einparkhilfen arbeiten mit Ultraschallsensoren, die in die Stoßfänger integriert sind und den Abstand zu einem Hindernis aufgrund der Laufzeitunterschiede von gesendeten und empfangenen Schallwellen ermitteln. Ein solcher Sensor setzt sich aus dem akustischen Wandlerelement, einer Elektronik und einem Gehäuse mit Steckverbindung zusammen (Abb. 1). Beim Wandlerelement handelt es sich um eine piezokeramische Scheibe am Boden eines zylindrischen Aluminiumtopfes, der wenige Zentimeter Durchmesser hat. Die Scheibe besteht meistens aus Blei-Zirkonat-Titanat, dem gängigsten piezokeramischen Werkstoff. Liegt an ihr eine Wech-



Bosch

Einparken wird nur noch auf absehbare Zeit eine Frage der Übung sein. Die Automobilindustrie entwickelt Einparkhilfen, die zumindest teilautomatisch

arbeiten. Der Fahrer überlässt dabei die Lenkung der Elektronik und bedient nur noch Gas- und Bremspedal.

selspannung an, verändert sie periodisch Durchmesser und Dicke. Allerdings wären diese Schwingungen zu klein, um Schallwellen mit ausreichender Amplitude zu erzeugen und anschließend wieder über eine Erregung zu detektieren. Deshalb kleben die Hersteller das piezokeramische Plättchen auf eine metallische Membran, die bei ihrer Resonanzfrequenz betrieben wird – und dadurch größere Schwingungsamplituden erzeugt. Der Boden des Aluminiumtopfes dient als Membran.

Am gebräuchlichsten sind Sensoren, die eine gemeinsame Leitung für den Sendepuls und den Schaltimpuls verwenden, den das Echo der reflektierten Schallwelle erzeugt. Den Abstand zum Hindernis ermittelt das Steuergerät aus der zeitlichen Differenz zwischen den Flanken der Sende- und Echoimpulse.

Jeder Ultraschallsensor hat eine bestimmte Abstrahlcharakteristik. Interferenzeffekte oder Nebenkeulen müssen so gering wie möglich ausfallen, damit der Sensor unabhängig vom Winkel gleich zuverlässig arbeitet. Um die Breite des Fahrzeugs mit möglichst wenigen Sensoren lückenlos abzudecken, ist ein großer horizontaler Öffnungswinkel wünschenswert. Typisch liegt er

zwischen 120 und 140 Grad, damit sich ein Referenzhindernis noch in etwa 50 Zentimeter Abstand erfassen lässt. Der vertikale Öffnungswinkel muss dagegen so klein sein, dass Reflexionen auch bei unebenen Fahrbahnen – zum Beispiel bei geschotterten Wegen – dem Sensor keine Phantomhindernisse vorgaukeln. Tests haben ergeben, dass der vertikale Öffnungswinkel der Sensoren deshalb nur etwa halb so groß sein sollte wie der horizontale, also 60 bis 70 Grad.

Sechs Augen sehen mehr als zwei

Die Hersteller integrieren in den Heckstoßfänger eines Pkw heute zwei, vier oder sechs solcher Ultraschallsensoren (Abb. 2). Wenn es sechs sind, befindet sich jeweils einer seitlich am Stoßfänger, um den überwachten Nahbereich auf den Raum neben dem Fahrzeug auszuweiten.¹⁾

Natürlich beeinflussen verschiedene Faktoren wie die Lufttemperatur oder die Stärke des Echos die Entfernungsmessung per Ultraschall. Da die erforderliche Genauigkeit aber nur im Zentimeterbereich liegt, sind diese Faktoren letztlich vernachlässigbar. Auch das materialabhängige Reflexionsverhalten des Ultraschalls ist meistens kein Problem, da die typischen

1) Die genaue Schalldruckverteilung einer Sensoranordnung simulieren die Hersteller heute während der Entwicklung mit der Randelementmethode. Im Gegensatz zur Finite-Elemente-Methode muss man nur die schallabstrahlende Oberfläche in kleine Abschnitte zerlegen und nicht noch zusätzlich das umgebende Volumen. Dies spart also Rechenzeit.

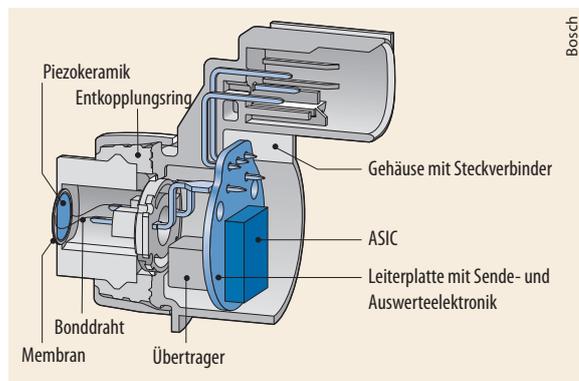


Abb. 1 Bei den Ultraschallsensoren ist das Piezo-Element auf den Membrantopf aufgeklebt, der durch einen Entkopplungsring vor störenden Fahrzeugvibrationen geschützt ist.

Materialien im Straßenverkehr schlechte Absorber sind. Allerdings reflektieren bestimmte Kleiderstoffe Ultraschall nur schlecht, was die Messreichweite bei Personen, die sich im Rangierbereich aufhalten, verringert.

Einparkhilfen messen die Entfernung nach dem Trilaterationsprinzip. Dabei fließt in die Berechnung des Hindernisabstands neben dem direkten Echo, das ein Sensor von seinem Sendeimpuls wieder empfängt, auch noch das Echo des Nachbarsensors ein. So lässt sich die Position des nächstgelegenen Hindernisses innerhalb der Sensorebene bestimmen und daraus wiederum die tatsächliche Entfernung zum Fahrzeug als Projektion auf den Stoßfänger berechnen. Ein Gesamtsystem aus mehreren Sensoren muss dafür so ausgelegt werden, dass jeder Sensor kurze Messzeiten hat, also schnelle Wiederholraten. Aber gleichzeitig muss die Zuordnung der Signale so eindeutig sein, dass sich die Sensoren nicht gegenseitig stören.

Eine ISO-Norm legt fest, dass eine Pkw-Einparkhilfe noch ein Rohr mit 7,5 Zentimeter Durchmesser erkennen muss. Die typische Reichweite eines Gesamtsystems liegt bei etwa 1,5 Metern, der Minimalabstand, um ein Hindernis sicher detektieren zu können, beträgt 15 bis 30 Zentimeter. Er ergibt sich aus der Zeit, die die Membran zum Ausschwingen benötigt – ein bis zwei Millisekunden –, erst dann kann der Sensor das Echo zuverlässig detektieren.



Abb. 2 Die Ultraschallsensoren sind in die Stoßfänger integriert und in Fahrzeugfarbe lackiert. Vier davon decken ein Feld von 1,5 m Tiefe lückenlos ab.

Heutige Einparkhilfen arbeiten bei einer Frequenz von etwa 40 Kilohertz – ein Kompromiss zwischen der Systemleistung und der Störanfälligkeit gegenüber Fremdgeräuschen: Mit zunehmender Frequenz kommt es in der Luft zu einer stärkeren Dämpfung, also kleineren Echoamplituden. Dagegen gibt es bei tieferen Frequenzen immer mehr störende Schallquellen in der Nähe des Fahrzeugs, zum Beispiel Druckluftbremsen von Lkws oder Reibungsgeräusche von Zügen oder Stadtbahnen.

Prinzipiell lassen sich auch Radarsensoren als Einparkhilfe nutzen, die dann den Hindernisabstand über den Doppler-Effekt bestimmen. Sie arbeiten bei 24,5 Gigahertz, ab 2013 sind in der EU bei Neuwagen nur noch 79 Gigahertz zulässig. Gegenüber Ultraschallsensoren haben Radarsensoren den Vorteil, dass sie sich unsichtbar hinter den Stoßfängern platzieren und durch fremde Schallquellen nicht stören lassen,

allerdings sind sie teurer. Faktisch finden sie nur Verwendung, wenn das Auto über eine radargestützte automatische Fahrgeschwindigkeitsregelung verfügt, oft als Adaptive Cruise Control bezeichnet.

Aber auch für die Ultraschallsensorik gibt es im Fahrzeug erste Mehrfachnutzungen. Bei der Vermessung von parallel zur Fahrbahn verlaufenden Parklücken lässt sich mit ihnen ermitteln, ob der Platz überhaupt ausreicht. Auch den nächsten Schritt, halbautomatische Einparkhilfen, gibt es bereits auf dem Markt. Dabei übernimmt die Bordelektronik das Einschlagen des Lenkrads, der Fahrer ist nur noch für Gas und Bremse zuständig. Mittelfristig dürften solche Assistenzsysteme bei immer mehr Pkw-Modellen zur Serienausstattung avancieren.

Selbst den toten Winkel will die Automobilbranche mithilfe der Ultraschallsensoren endgültig beseitigen: Sie müssen dafür eine Distanz von etwa drei Metern überbrücken – was seitlich angebrachte Sensoren bereits heute schaffen – und können dann vor Fahrzeugen warnen, die im Außenspiegel gerade nicht sichtbar sind. Diese Side View Assist genannte Anwendung arbeitet bis zu einer Geschwindigkeit des messenden Fahrzeugs von etwa 140 Kilometer pro Stunde – dann verhindert die Länge der Messbasis (maximal die Länge des Fahrzeugs) und das Ausschwingen der Membran im Ultraschallsensor eine zuverlässige Messung.²⁾

Michael Vogel

2) Hermann Winner, Inhaber des Lehrstuhls für Fahrzeugtechnik an der TU Darmstadt, danke ich für wertvolle Hinweise.

Michael Vogel,
vogel_m@gmx.de