

Parkassistent mit Längs- und Querführung

Dirk Ahrens

BMW Group
Fahrdynamik
80788 München
dirk.ahrens@bmw.de
Tel: +49-89-382-60776

1 Zusammenfassung

Parkassistenten, die heute am Markt verfügbar sind, unterstützen den Fahrer in unterschiedlichen Einparksituationen. Es sind Systeme verfügbar, die dem Fahrer das Einparken in Längsparklücken und/oder Querparklücken erleichtern. All diesen Systemen gemein ist, dass dem Fahrer lediglich die Querführung des Fahrzeugs, d.h. die Übernahme der Lenkung, abgenommen wird. Technische Voraussetzungen für diese Systeme sind eine (in der Regel Ultraschall-basierte) Sensorik zur Umfelderkennung und Parklückenvermessung sowie eine elektrische Lenkung.

Bei der BMW Group befindet sich aktuell ein Parkassistent der zweiten Generation in der Entwicklung. Dieser soll die oben beschriebene Lücke schließen und dem Fahrer künftig auch die Längsführung, d.h. Gas geben, bremsen, Abstand zu Objekten regeln und Fahrtrichtungswechsel vornehmen, in Parksituationen abnehmen. Dadurch wird ein hochautomatisiertes Fahren ermöglicht und die Souveränität sowie der Komfort für den Fahrer deutlich gesteigert. Technisch wird dieser Funktionzuwachs im wesentlichen durch eine verbesserte Umfelderkennung, eine Schnittstelle zu Motor und Bremse (jeweils auf Radmomenten-Ebene) sowie an das Getriebe für vollautomatische Fahrtrichtungswechsel, ermöglicht.

Der vorliegende Beitrag beschäftigt sich mit den technischen und nicht-technischen (z.B. Funktions- und Produktsicherheit) Fragestellungen und Herausforderungen dieses Systems und zeigt die erarbeiteten Lösungen im Rahmen der Serienentwicklung bei der BMW Group auf.

2 Einführung

Der vorliegende Beitrag beschäftigt sich mit dem Fachgebiet der Parkassistenten. In diesem Bereich fanden in den letzten Jahren erhebliche Entwicklungsaktivitäten resultierend im Serieneinsatz verschiedener Systeme statt. Es wird dabei konkret auf den Bereich der ak-



Bild 1: Heutiger Parkassistent für Längsparklücken

tiven – d.h. in die Fahrzeugführung eingreifenden – Parkassistenten eingegangen. Nach einem kurzen Überblick über heute am Markt anzutreffende Systeme wird eine Weiterentwicklung bei der BMW Group vorgestellt, die aktuell in die Serienreife überführt wird: der *Parkassistent mit Längs- und Querführung*.

2.1 Ausprägung und Technik heutiger Parkassistenten

Am Markt erhältliche Parkassistenten der heutigen Generation unterstützen den Fahrer in unterschiedlichen Einparksituationen. Aufbauend auf den ersten Entwicklungen der ultraschallbasierten Systeme zur akustischen und optischen Warnung vor Hindernissen (Park Distance Control – PDC), welche bereits seit Anfang der 1990er-Jahre in Serie (z.B. BMW 7er) anzutreffen und inzwischen über alle Fahrzeugklassen eine hohe Verbreitung finden, sind seit wenigen Jahren ebenfalls Systeme verfügbar, die dem Fahrer das Einparken in Längsparklücken (siehe Bild 1) und/oder Querparklücken durch aktive Systemeingriffe erleichtern [1][2]. Auch für Ausparksituationen gibt es heute bereits Unterstützung in Längsparklücken. All diesen Systemen gemein ist, dass dem Fahrer lediglich die Querführung des Fahrzeugs, d.h. die Übernahme der Lenkung, abgenommen wird. Dem Fahrer obliegt weiterhin die Längsführung des Fahrzeuges: Gas geben, bremsen, Abstand zu Objekten regeln und Fahrtrichtungswechsel vornehmen. Technische Voraussetzungen für diese Systeme sind im wesentlichen die erwähnte ultraschallbasierte Sensorik zur Umfelderkennung und Parklückenvermessung sowie eine elektrische Lenkung (Electric Power Steering – EPS).

Neben der Ausdehnung der USE-Case-Bereiche auf weitere Standard-Parksituationen, die durch die obigen Entwicklungen schon sehr weit fortgeschritten ist, ist ein weiterer großer Meilenstein den Automatisierungsgrad der Funktion weiter zu steigern [1][3]. Dies wird im folgenden Abschnitt genauer erläutert.

2.2 Zielsetzung des Parkassistenten der neuen Generation

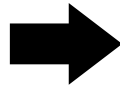
Die Übernahme der Querführung beim Einparken stellt für den Fahrer bereits eine starke Entlastung dar, da so das komplexe Zusammenspiel zwischen Längs- und Querführung („richtige Lenkaktion bezogen auf Position und Geschwindigkeit während des Rang-

Parkassistent mit Ansteuerung Lenkung

“heute”



seit 2010



Parkassistent mit automatisiertem Fahren

“morgen”



Bild 2: Prinzipielle Gegenüberstellung der Generationen des Parkassistenten

ierens”), welches viele Fahrer vor Schwierigkeiten stellt, aufgelöst wird. Doch auch die Längsführung selbst stellt für den Kunden in den ohnehin häufig als lästig empfundenen Situationen des Parkens eine Aufgabenstellung dar, die ebenfalls an das Fahrzeug delegiert werden könnte. Dadurch wird eine maximal mögliche Automatisierung des Parkmanövers gleichbedeutend mit maximaler Entlastung des Fahrers erzielt.

Je höher die Automatisierung einer Fahraufgabe ist, desto größer ist die Gefahr, dass sich der Fahrer bzgl. Aufmerksamkeit und übernommener Verantwortung aus eben jener herausnimmt. Anspruch der Weiterentwicklung des Parkassistenten mit Längs- und Querführung ist ausdrücklich kein *autonomes Fahren* in Parksituationen zu erreichen sondern den Fahrer bzgl. der Fahrzeugführung zu entlasten, damit dieser sich auf die Überwachung des Parkmanövers zur Vermeidung von Personen- und Sachschäden konzentrieren kann. Die Verantwortung für das Parkmanöver muss und soll weiterhin in vollem Umfang beim Fahrer verbleiben. Es wird daher in diesem Kontext vom *automatisierten Fahren* gesprochen. Aufgrund dieser Automatisierung erwachsen selbstverständlich trotzdem einige – teils hohe – Anforderungen in Richtung der Funktions-sicherheit bzw. Produkthaftung, auf welche in diesem Beitrag auch näher eingegangen wird.

Die Funktion Parkassistent mit Längs- und Querführung soll die gesamte Längsführung des Fahrzeuges übernehmen, der Fahrer soll weder über Gas, Bremse noch Gangwahlhebel in das Manöver eingreifen müssen. Um dies zu erreichen, muss das Fahrzeug während aktiver Funktion in den Stillstand gebremst werden, so dass aus diesem Grund die Funktion nur für Fahrzeuge mit Automatikgetriebe – vergleichbar mit der Funktion Active Cruise Control mit Stop & Go-Funktion (ACC Stop&Go) – angeboten werden kann. Für eine wirtschaftliche Umsetzung des Gesamtsystems soll so weit wie möglich auf vorhandene Technik aus der Serie zurückgegriffen werden.

3 Ausprägung und Technik des Parkassistenten der neuen Generation

Der folgende Abschnitt beschreibt die konkrete Realisierung des Parkassistenten mit Längs- und Querführung als Einblick in die gestellten Herausforderungen und gefundenen Lösungen der Serienentwicklung bei der BMW Group aus den vergangenen Jahren. Die Gesamt-Systemarchitektur wird durch Bild 3 verdeutlicht.

Wie zu erkennen, ist die Funktion verteilt ausgeführt. Der Systemlieferant liefert wie aus Parkassistenten der heutigen Generation bekannt, ein Steuergerät zu, an welchem die Ultraschallsensorik angeschlossen und die Querführung der Funktion beheimatet ist. Diese steuert unmittelbar über eine Radlenkwinkel-Schnittstelle die elektrische Lenkung an. Die Längsführung der Funktion ist auf einem BMW-Integrationssteuergerät partitioniert und wird durch BMW in Kerneigenleistung entwickelt. Dadurch ist es möglich die Koordination und das Zusammenspiel mit den übrigen Fahrerassistenzfunktionen, die in die Fahrzeug-Längsführung eingreifen, sicher zu stellen. Der Gedanke des Längsdynamik-Managements (siehe [4]) wird konsequent weiter geführt. Diese Auftrennung hat aus Sicht BMW folgende Vorteile.

- Maximale Wettbewerbsdifferenzierung und KnowHow-Schutz bzgl. Ausprägung der Längsführung.
- Zusammenarbeit mit bisherigen Systemlieferanten kann aufrecht erhalten werden.
- Darstellung von Parkassistenten mit Querführung sowie mit Längs- und Querführung in identischer Architektur möglich.

Neben der Integrierbarkeit in das BMW-Längsdynamikmanagement ist somit ein weiterer Vorteil, dass BMW die Ausprägung der Längsführung beliebig ausführen kann ohne das KnowHow bzgl. der gewünschten Ausprägung und zur Ansteuerung der Aktorik an Systemlieferanten weiter geben zu müssen. Darüber hinaus wird der Kreis möglicher Systemlieferanten nicht bzgl. KnowHow im Bereich der Längsführung eingeschränkt, BMW kann daher grundsätzlich mit dem identischen Kreis möglicher Systemlieferanten weiter zusammen arbeiten.

Die Querführung, welche schon heute von den Systemlieferanten entwickelt und beigesteuert wird, muss mit der Fahrzeug-Längsführung, welche durch einen menschlichen Fahrer (im Bereich 0 bis 10 km/h) nahezu beliebig vorgegeben wird, robust umgehen können. In erster Näherung ist für den Systemlieferanten unerheblich, ob ein Fahrer oder ein technisches System die Längsführung vorgibt. Der Systemlieferant muss somit die Querführung nur einmalig entwickeln. Für Systeme mit Längs- und Querführung, welche ein viel reproduzierbareres Verhalten der Längsführung aufweisen, kann bei Bedarf eine spezielle Anpassung (Applikation) der Querführung an dieses Geschwindigkeitsprofil erfolgen, um die Einparkqualität zu verbessern. Darüber hinaus kann so auf einfache Art und Weise (Codierung) das technische System in derselben Architektur als ein Parkassistent mit Querführung oder mit Längs- und Querführung eingestellt werden. Dies kann erforderlich sein, wenn nicht für alle Fahrzeugderivate die eine oder die andere

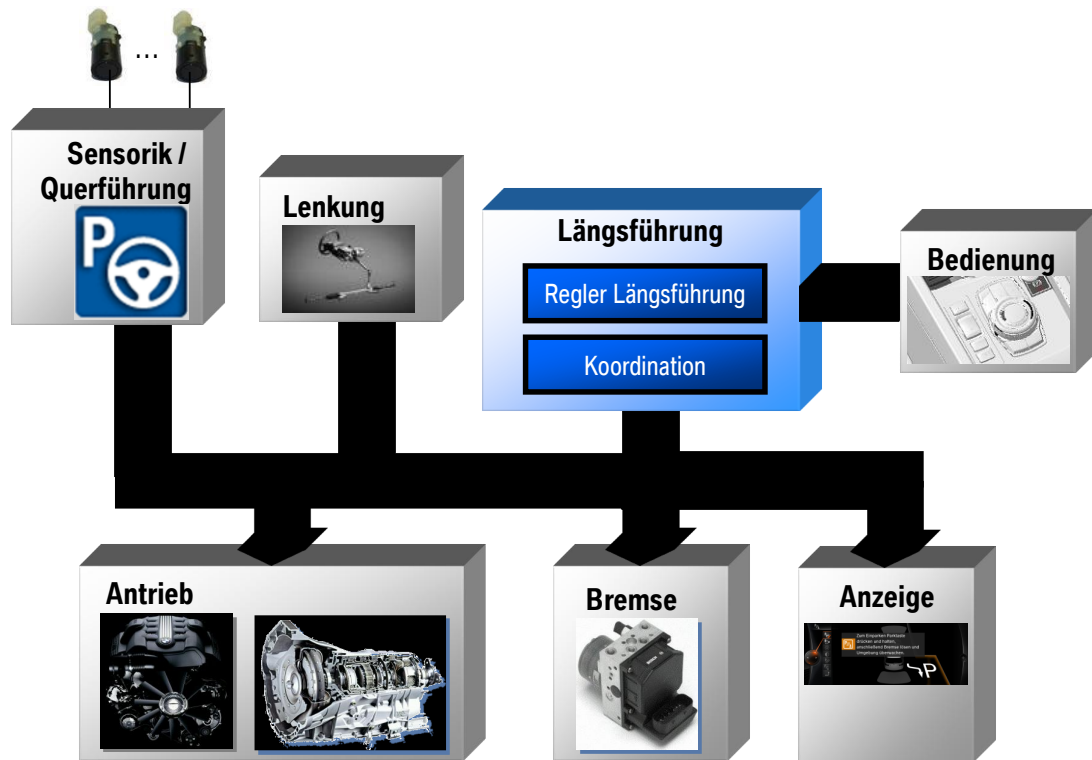


Bild 3: Systemarchitektur des Parkassistenten mit Längs- und Querführung

Ausprägung flächendeckend angeboten werden kann (z.B. Handschalter) oder soll (z.B. Unternehmens-Strategie).

Zur Realisierung der Gesamtfunktion sind Logik-Anteile bei der Querführung und bei der Längsführung notwendig. Diese müssen koordiniert werden. Aus diesem Grunde wurde die Längsführung als Master der Gesamtlogik ausgewählt. Diese gibt den Ablauf des Manövers in Gänze vor und interagiert mit der Logik auf Seiten der Querführung. Beispielhaft ist hier die Freigabe des Manövers (und damit Übernahme der Lenkungsschnittstelle) sowie das Einleiten von Abbrüchen und Wiederaufnahmen des Manövers zu nennen.

3.1 Ablauf der Funktion & Anzeige-/Bedienkonzept

Im folgenden wird ein Manöver des Parkassistenten mit Längs- und Querführung vollständig beschrieben. Der Ablauf vor Beginn des Manövers entspricht nahezu unverändert dem bekannten Ablauf des Parkassistenten der heutigen Generation. Dabei ist unerheblich, ob es sich um Längs- oder Querparklücken handelt. Alle Beispiele des vorliegenden Beitrags beziehen sich allerdings auf Längsparklücken.

In manueller Vorbeifahrt wird durch die seitliche Sensorik eine geeignete Parklücke ver-

messen. Diese kann wie schon in der heutigen Serie bei BMW bekannt als so genannte offene (d.h. Parkmenü ist im Display bereits eingeschaltet) oder verdeckte (d.h. Parkmenü ist im Display während der Suche ausgeschaltet) Parklückensuche erfolgen. Dem Fahrer werden gefundene Parklücken nach der Aktivierung des Parkmenüs optisch angezeigt. Im Gegensatz zur heutigen Ausprägung muss jedoch der Fahrer jede Parklücke durch eine Seitenauswahl – durchgeführt durch Betätigung des Blinkers – explizit bestätigen. Durch diese Bedienhandlung soll die Kette an notwendigen Fahreraktionen bewusst erhöht werden, um eine ungewollte Aktivierung nahezu auszuschließen. Da nach der finalen Aktivierung des Systems und Übernahme der Längs- und Querführung des Systems der Fahrer keine aktiven Handlungen mehr durchführen muss, ist diese vorgeschaltete Bedienhandlung keine nennenswerte Komforteinbuße. Befindet sich der Fahrer in einem gültigen Startkorridor – d.h. es gibt eine mögliche Trajektorie in die Ziel-Endposition – kann die finale Aktivierung und Freigabe erfolgen. Ist dies nicht der Fall, wird der Fahrer über weitere Anzeigedialoge aufgefordert, in eine solche Position zu fahren. Die bereits angesprochene finale Freigabe des Parkmanövers erfolgt auf folgende Art und Weise. Der Fahrer muss ein spezifisches Bedienelement betätigen. Dadurch übernimmt der Fahrer bewusst die Verantwortung für das Parkmanöver und wird aktiv ”im Loop” gehalten. Das Bedienelement ersetzt bildlich gesprochen die Elemente Gas und Bremse. Neben der bewussten physischen Verkopplung mit der Fahrzeugführung erfüllt das Bedienelement zusätzlich noch den Zweck, dass bei Nichtbetätigung das Manöver sofort unterbrochen und das Fahrzeug in den sicheren Zustand – d.h. Stillstand – überführt wird. Neben dem Bremsengriff hat der Fahrer in einer möglichen Gefährdung somit eine weitere intuitive Option zum Stoppen des Fahrzeugs zu seiner Verfügung.

Nach Betätigung des Bedienelements fährt das Fahrzeug selbstständig in einem oder mehreren Zügen in die Parklücke ein und verfährt dabei in einem Geschwindigkeitsprofil, welches einem menschlichen Fahrer nachempfunden ist. Geschwindigkeit und Abstände zu Objekten werden geregelt, in den Umkehrpunkten der Trajektorie wird angehalten, anschließend die Fahrtrichtung gewechselt und wieder angefahren bis die Endposition erreicht ist. Dort wird die Parksperre eingelegt und das Manöver beendet.

Neben dem oben angesprochenen Betätigungselement und der Betätigung der Betriebsbremse gibt es eine Reihe von Abbruchgründen, die hier nicht vollständig aufgeführt werden können. In diesen Fällen wird grundsätzlich in den Stillstand gebremst. Bei Wiederherstellung aller Voraussetzungen zur Wiederaufnahme kann das Manöver fortgesetzt werden. Zwei beispielhafte Anzeigen aus dem oben beschriebenen Manöver sind in Bild 4 dargestellt.

Generell werden alle zusätzlich notwendigen Anzeigen und Texte in das bestehende Anzeige-/Bedienkonzept eingegliedert, so dass ein hoher Wiedererkennungswert und Durchgängigkeit vorliegt.

3.2 Sensorik

Als Sensorik wird für die Funktion Parkassistent mit Längs- und Querführung auch künftig Ultraschalltechnik eingesetzt. Diese ist äußerlich mit bisherigen Systemen identisch und daher optisch bzgl. Verbauposition und Aussehen des Sensors nicht von heuti-



Bild 4: Anzeigen zum Start und Ende des Einparkmanövers (Prinzipdarstellungen)

gen Parkassistenten zu unterscheiden.

Aufgrund stark gesteigener Anforderungen an die Sicherheit des Gesamt-Systems wurden jedoch eine Reihe von Maßnahmen ergriffen, um die Sensorik für den Einsatz unter diesen Randbedingungen zu befähigen. Da auf das Thema Funktions- und Produktsicherheit noch im gleichlautenden Abschnitt näher eingegangen wird, soll bzgl. Maßnahmen bei der Sensorik an dieser Stelle folgendes erwähnt werden:

- Forderung und Verbesserung der maximalen Latenz (worst case-Latenz) zur Erkennung von Objekten/Personen in bestimmten, definierten USE-Cases.
- Verbesserte Blindheitserkennung.
- Intensive Versuche zur Personenerkennung unter unterschiedlichen Bedingungen zur Restrisikoabschätzung einer möglichen Nicht-Erkennung.
- Diagnostizierbarkeit elektrischer Ausfälle.
- Sicherstellung der Weiterverarbeitung aller Signale der gesamten Wirkkette von Sensorik bis Aktorik gemäß Einstufung Sicherheitsziel.

3.3 Aktorik

Neben der Aktorik, welche die heutige Generation des Parkassistenten bereits einsetzt (Lenkung und Anzeige), kommt für den Parkassistent mit Längs- und Querführung fol-

gende, zusätzliche Aktorik zum Einsatz:

- Antrieb (zusammengefasst: Motor- und Getriebesteuerung).
- Bremse.

Der Antrieb wird bewusst abstrahiert behandelt. Alle Schnittstellen sind unabhängig von konkreten Antriebskonzepten, so dass der Parkassistent mit Längs- und Querführung in identischer Architektur sowohl für alle konventionellen (Benzin, Diesel) als auch neuartigen (Hybride, Elektrofahrzeuge) Antriebskonzepte verwendet werden kann. Unter Antrieb werden grundsätzlich die Möglichkeiten Soll-Antriebsmomente (Radmomente) vorgeben und regeln sowie die Fahrtrichtung (vorwärts, rückwärts, Parksperre) einlegen zu können zusammen gefasst. Wegen des notwendigen Wechsels der Fahrtrichtung kommen nur Getriebe mit shift-by-wire-Funktion in Frage, die inzwischen bei BMW eine sehr hohe Durchdringung erreicht haben. Auch die Bremse wird mit Soll-Radmomenten angesteuert. Hierbei kommt die aus den ACC-Systemen bekannte Technik zum Einsatz, die Gestaltung der Schnittstellen wurden jedoch aufgrund der Sicherheitsziele angepasst, die Druckdynamik ist nach heutigem Kenntnisstand ausreichend.

4 Funktions- und Produktsicherheit

Auch wenn – wie bereits mehrfach erwähnt – der Fahrer die volle Verantwortung für das Parkmanöver innehat, werden seitens der Funktions- und Produktsicherheit stark erhöhte Anforderungen an den Parkassistenten mit Längs- und Querführung gegenüber der bisherigen Ausprägung gestellt. Dies begründet sich in der Tatsache, dass die hohe Automatisierung den Fahrer trotz des aufmerksam machens auf seine Verantwortung dazu verleiten kann, sich aus der Fahraufgabe heraus zu nehmen. Die Funktions- und Produktsicherheit verlangt daher nach technischen Maßnahmen, um Personenschäden zu vermeiden. Gefährdet nach der durchgeführten Gefahren- und Risikoanalyse (GuR) sind daher insbesondere Personen, die sich im unmittelbaren Umfeld des Fahrzeugs – konkret innerhalb des so genannten Fahrschlauchs – aufhalten. Die größten zu erwartenden Schäden treten laut der Analyse bei Überrollen oder Quetschen (zwischen Ego-Fahrzeug und Parklücken begrenzendem Fahrzeug) von Personen auf. Ein Auszug aus den Sicherheitszielen stellen die folgenden dar:

- Die Nicht-Erkennung einer Person im überfahrenen Bereich (Fahrschlauch) muss verhindert werden.
- Sicherstellen einer konkreten, abgeleiteten Fehlertoleranzzeit, um bei Erkennen eines Objektes im Fahrschlauch innerhalb einer festgelegten Fahrstrecke das Fahrzeug in den Stillstand zu überführen.
- Erkennen der Nicht-Verfügbarkeit der Sensorik (Ausfall/Defekt oder Blindheit).
- Verhinderung von Selbstlenkern und Selbstbeschleunigern.

- Verhindern der ungewollten Aktivierung.
- Erkennen der Nicht-Verfügbarkeit der Bremsanlage.

In der Architektur ist vorgehalten, dass bei Bedarf neben der obligatorischen Aufforderung zur Dauerbedienhandlung vor Beginn des Manövers zusätzlich ein Legal Disclaimer angezeigt wird, der den Kunden auf die Grenzen der Funktion und die Verantwortung des Fahrers hinweist (siehe Bild 5) und explizit bestätigt werden muss. Dieser Disclaimer kann flächendeckend zum Einsatz kommen oder lediglich in bestimmten Märkten per Codierung ein- und ausgeschaltet werden.

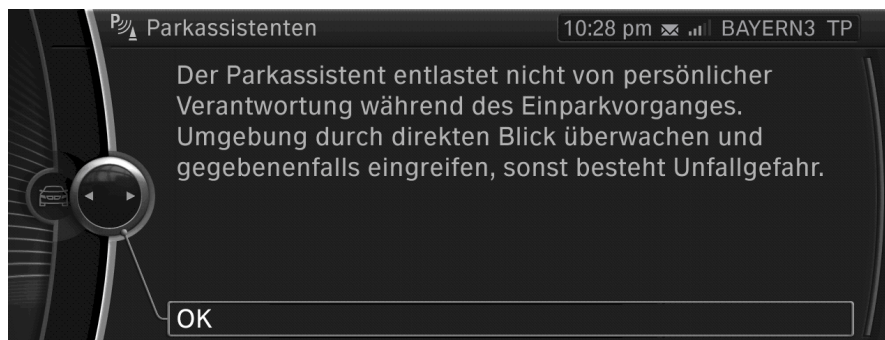


Bild 5: Legal Disclaimer vor Start des Parkmanövers (Prinzipdarstellung)

5 Ausblick

Die oben beschriebene Ausprägung der zweiten Generation des Parkassistenten ist nach heutigem Kenntnisstand in serienmäßigen Personenkraftwagen weltweit nicht erhältlich. Die BMW Group arbeitet derzeit an einem baldigen Serieneinsatz. Ab diesem Zeitpunkt soll die Funktion in allen Fahrzeugen, die die oben ausgeführten technischen Voraussetzungen erfüllen, durchgängig angeboten werden.

Trotz aller technischer Maßnahmen zur Verbesserung der bestehenden Ultraschall-Sensorik unterliegt diese prinzipbedingt technischen Grenzen. Für die Ausweitung der Funktion auf weitere USE-Cases (z.B. höhere Verfahrensgeschwindigkeit) und eine generelle Verbesserung von Verfügbarkeit und Sicherheit in Zukunft, wird aktuell ebenfalls an Ansätzen gearbeitet ein weiteres Sensorprinzip mit dem Ultraschall-Sensor zu kombinieren. Viel versprechend ist wegen der immer weiter steigenden Markturchdringung und vertretbaren Herstellkosten die Kopplung mit Video-Informationen. Dadurch wird Redundanz geschaffen und Schwächen der jeweiligen Sensorprinzipien können ausgeglichen werden. Darüber hinaus bietet die Kamera für alle Ausprägungen des Parkassistenten noch weiteres Potential. So können beispielsweise Bodenmarkierungen (z.B. Begrenzungslinien) erkannt werden und dem System die Option geben, sich in der Endposition nicht nur an begrenzenden Objekten sondern an diesen Markierungen auszurichten.

Eine noch ferne Visionen im Bereich der Parkfunktionen ist der Übergang zu autonomem Fahren in bestimmten Umgebungen. So sind spezielle Parkhäuser denkbar, die keine Personen im befahrenen Bereich aufweisen. Speziell ausgerüstete Fahrzeuge können an der Einfahrt abgestellt werden und suchen sich selbstständig freie Parkplätze. Die Abholung des Fahrzeuges erfolgt analog. BMW wird Aktivitäten auf diesem Sektor aktiv verfolgen und unterstützen, da der Bereich des Parkens und Rangierens eine vielversprechende Anwendung darstellt, um erste Erfahrungen im Bereich des autonomen Fahrens im Serieneinsatz zu sammeln.

References

- [1] GOTZIG, H. ; MATHES, J. ; H.BARTH: Die nächste Generation Parkassistenzsysteme - Entwicklungsstufen, Studien und Trends. In: *Automobiltechnische Zeitschrift - ATZ* Band 111 (2009), S. 932–937
- [2] PRUCKNER, A. ; GENSLER, F. ; MEITINGER, K.H. ; GRÄF, H. ; SPANNHEIMER, H. ; GRESSER, K.: Der Parkassistent - ein weiteres innovatives Fahrerassistenzsystem zum Thema ConnectedDrive aus der BMW-Fahrzeugforschung. In: *Automatisierungs- und Assistenzsysteme für Transportmittel - Möglichkeiten, Grenzen, Risiken, 4. Braunschweiger Symposium*, VDI-Verlag, 2003, S. 190–202
- [3] LAMBERT, G. ; KATZWINKEL, R. ; KIRCHNER, A.: Neue Assistenzfunktionen für niedrige Geschwindigkeiten durch integrierte technische Konzepte. In: VDI-GESELLSCHAFT FAHRZEUG- UND VERKEHRSTECHNIK (Hrsg.): *15. VDI-Kongress Elektronik im Kraftfahrzeug*. Baden-Baden : VDI-Verlag, 2011, S. 597–606
- [4] STEINLE, J. ; TOELGE, T. ; THISSEN, S. ; PFEIFFER, A. ; BRANDSTÄTER, M.: Kultivierte Dynamik - Geschwindigkeitsregelung im neuen BMW 3er. In: *ATZ/MTZ extra* (Mai 2005), S. 122–131