


**Kopplung von Bremssystemen und
elektrischer Servolenkung
zur Darstellung von Fahrerassistenzsystemen**

Tagung „Aktive Sicherheit durch Fahrerassistenz“
Technische Universität München
11.-12.3.2004

Dr. Michael Fausten
Dipl.-Ing. (FH) Reiner Folke
Bosch Engineering GmbH, Möglingen



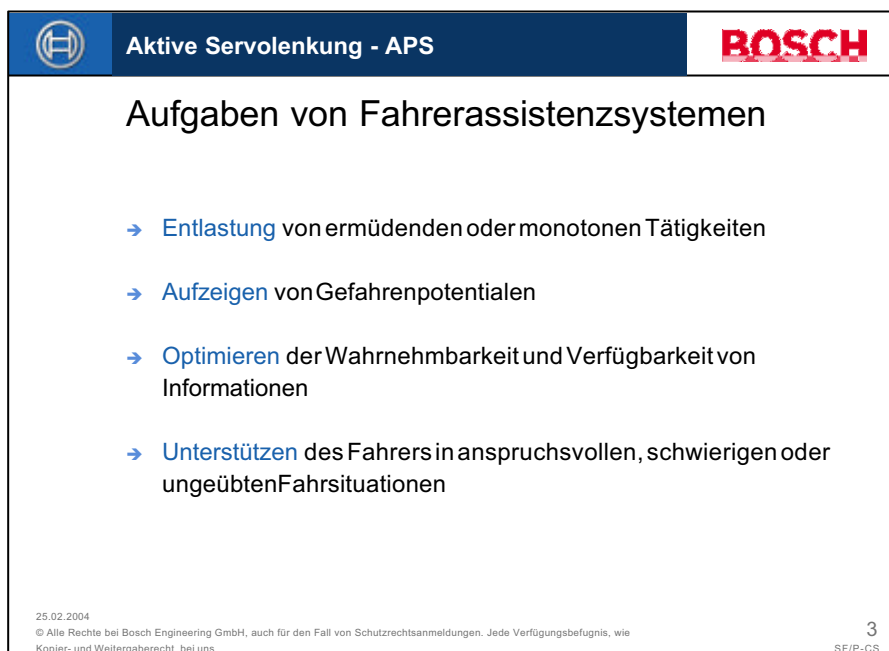
1. Vortragsinhalt

	Aktive Servolenkung - APS	BOSCH
<h3 data-bbox="405 703 523 748">Inhalt</h3> <ul data-bbox="405 815 1139 1173" style="list-style-type: none"><li data-bbox="405 815 1139 860">→ Technisches Umfeld von Fahrerassistenzsystemen<li data-bbox="405 896 794 940">→ Die Lenkung als Aktuator<li data-bbox="405 976 849 1021">→ Die aktive Servolenkung APS<li data-bbox="405 1057 1050 1102">→ Anforderungen an Sicherheit und Ergonomie<li data-bbox="405 1137 906 1182">→ Aktive Servolenkung in der Praxis <p data-bbox="288 1352 1043 1411"><small>25.02.2004 © Alle Rechte bei Bosch Engineering GmbH, auch für den Fall von Schutzrechtsanmeldungen. Jede Verfügungsbefugnis, wie Kopier- und Weitergaberecht, bei uns.</small></p> <p data-bbox="1302 1361 1362 1411" style="text-align: right;"><small>2 SF/P-CS</small></p>		

2. Technisches Umfeld von Fahrerassistenzsystemen

Fahrerassistenzsysteme erhalten in Zeiten immer dichter werdenden Verkehrs bei gleichzeitigem Wunsch nach sinkenden Unfallzahlen einen immer höheren Stellenwert. Fahrerassistenzsysteme sollen dem Fahrer helfen, den immer größer werdenden Anforderungen des Straßenverkehrs zu begegnen. Die Aufgaben, die ein modernes Fahrerassistenzsystem übernehmen kann, soll oder darf sind dabei vielfältig. Insbesondere die Frage nach den Aufgaben, die ein Fahrerassistenzsystem übernehmen darf, ist dabei häufig auch von Haftungsüberlegungen bestimmt.

Auf diesem Hintergrund soll hier einmal der Versuch unternommen werden, die Aufgaben verschiedener Typen von Fahrerassistenzsystemen zusammenzustellen (Abb1):



The slide features a blue header with the Bosch logo on the left, the text 'Aktive Servolenkung - APS' in the center, and the Bosch logo on the right. The main content area is white with the title 'Aufgaben von Fahrerassistenzsystemen' and a list of four tasks. At the bottom left, there is a date '25.02.2004' and a copyright notice. At the bottom right, there is a page number '3' and the code 'SF/P-CS'.

Aktive Servolenkung - APS **BOSCH**

Aufgaben von Fahrerassistenzsystemen

- **Entlastung** von ermüdenden oder monotonen Tätigkeiten
- **Aufzeigen** von Gefahrenpotentialen
- **Optimieren** der Wahrnehmbarkeit und Verfügbarkeit von Informationen
- **Unterstützen** des Fahrers in anspruchsvollen, schwierigen oder ungeübten Fahrsituationen

25.02.2004
© Alle Rechte bei Bosch Engineering GmbH, auch für den Fall von Schutzrechtsanmeldungen. Jede Verfügungsbefugnis, wie Kopier- und Weitergaberecht, bei uns.

3
SF/P-CS

Abb.1

Demnach soll der Fahrer bei der Ausführung von ermüdenden oder monotonen Tätigkeiten entlastet werden, dabei soll ihm diese Aufgabe jedoch nicht vollständig abgenommen werden. Prominente Vertreter dieser Assistenzsysteme sind Tempomat und ACC. Das reine Aufzeigen von Gefahrenpotentialen ist eine weitere Aufgabe von Fahrerassistenzsystemen. Ultraschall-Parkpilot-Systeme gehören zu diesem Typus. Die Optimierung von Wahrnehmbarkeit und Verfügbarkeit von Informationen wird von Systemen wie z.B. Nightview oder Verkehrszeichenerkennung geleistet.

Schließlich soll der Fahrer bei der Beherrschung anspruchsvoller, schwieriger oder ungeübter Situationen unterstützt werden, jedoch ohne ihm dabei die Aufgabe der Fahrzeugführung abzunehmen. Die in diesem Vortrag vorgestellte Aktive Servolenkung gehört zu diesem Typ Assistenzsystemen.

Mehr und mehr werden auch Mischformen dieser Typen vorgestellt, die verschiedene der genannten Aufgaben gleichzeitig erfüllen.

Die Entwicklung und Verbreitung moderner Fahrerassistenzsysteme ist üblicherweise getrieben von der Verfügbarkeit geeigneter neuer Sensoren. Dazu gehören Ultraschallsensorik, Videosensorik, Radarsensorik. Insbesondere aktiv unterstützende Assistenzsysteme erfordern hingegen zusätzlich geeignete Aktuatoren wie Bremse, Antrieb, Fahrwerk oder Lenkung (Abb. 2).

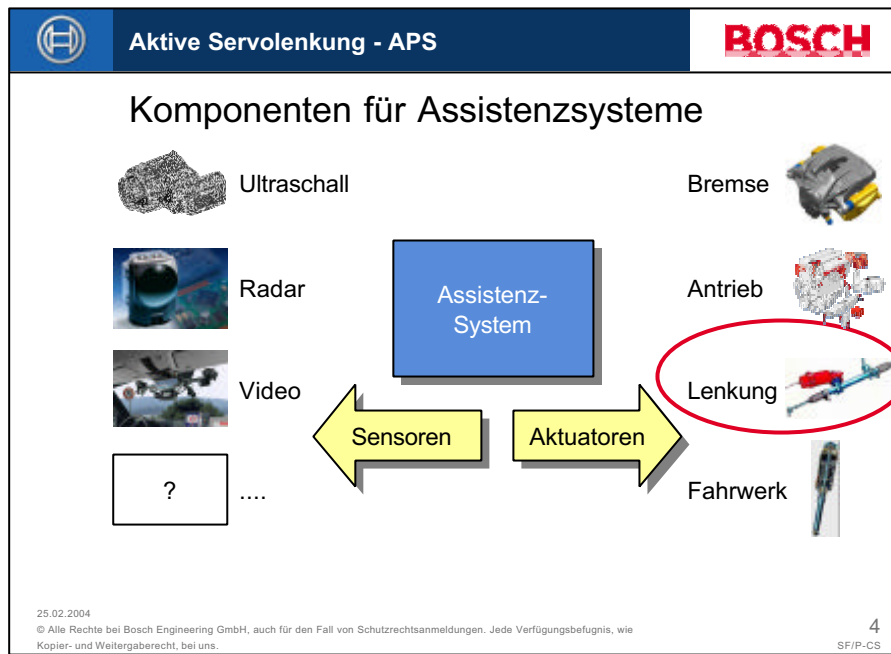


Abb.2

Im folgenden soll der Fokus auf der Lenkung als einem möglichen Aktuator für Fahrerassistenzsysteme liegen und hierbei besonderes auf der elektrischen Servolenkung (EPS).

3. Die Lenkung als Aktuator

Grundsätzlich bieten Lenksysteme zwei Möglichkeiten aktiver Eingriffe (Abb. 3):

- Überlagerung von Zusatzlenkwinkeln
- Überlagerung von Zusatzlenkmomenten

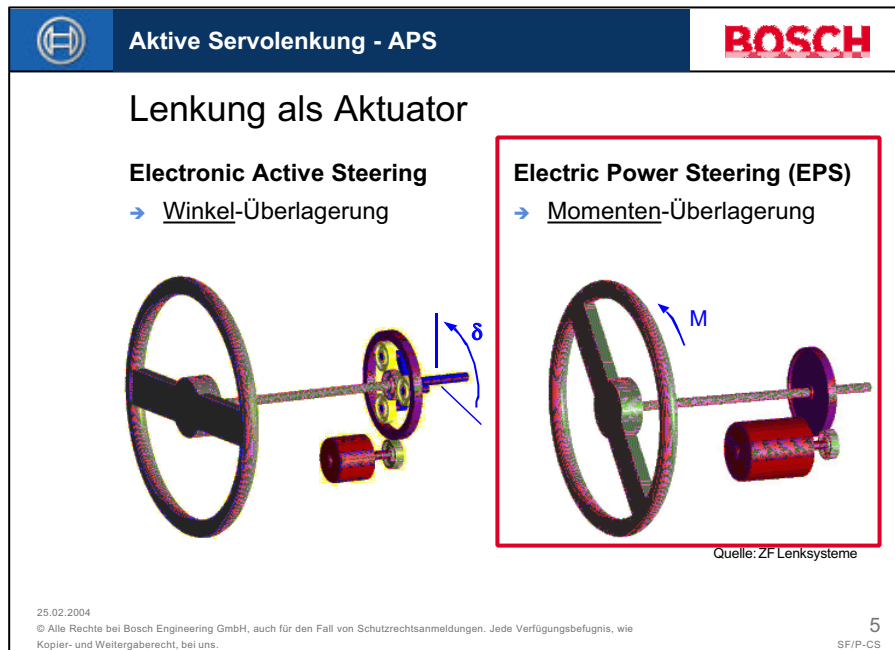




Abb.3

Bei sogenannten Überlagerungslenkung EAS wird dem vom Fahrer eingestellten Lenkwinkel mittels einer geeigneten Mechanik, z.B. eines Planetengetriebes wie im aktuellen BMW der 5er Baureihe, ein zusätzlicher Lenkwinkel δ überlagert [1]. Bei elektrischen Servolenkungen (EPS) wird das Unterstützunglenkmoment nicht mehr über ein hydraulisches System erzeugt, sondern über einen Elektromotor. Über diesen Elektromotor läßt sich zusätzlich zum normalen Servomoment ein Zusatzmoment M überlagern, welches der Fahrer am Lenkrad als Drehmoment oder veränderte Servocharakteristik wahrnimmt [2].

4. Die aktive Servolenkung APS

Die hier vorgestellte Funktion APS (Active PowerSteering) bestimmt anhand von Gierraten-, Quereschleunigungs-, Lenkmomenten- und Lenkwinkelsensorik sowie internen Berechnungsgrößen des ESP die aktuelle Fahrsituation. Darauf abgestimmt ermittelt das System einen für diese Fahrsituation optimalen Lenkwinkel als Zwischengröße. Unter Berücksichtigung ergonomischer Kriterien wird dann ein Überlagerungslenkmoment berechnet, welches den Fahrer motiviert, seinen selbst gewählten und eingestellten Lenkwinkel dem optimalen Lenkwinkel anzupassen.

Das Zusatzlenkmoment wird dann bei der EPS angefordert (Abb. 4).

 Aktive Servolenkung - APS




Grundprinzip eines EPS-Assistenzsystems

- Bestimmung **Fahrsituation/Fahrstabilitätszustand** aus ESP-Zwischengrößen oder direkt aus fahrdynamischen Sensoren
- Berechnung „**Ideal-Lenkwinkel**“ als interne Zwischengröße
- Ableitung Lenkradsollmoment unter Berücksichtigung von ergonomischen Grenzwerten für:
 - Absolutmoment
 - Momentengradient
 - Lenkwinkel
- Ausgabe **Lenkradsollmoment** als überwachte Schnittstellengröße

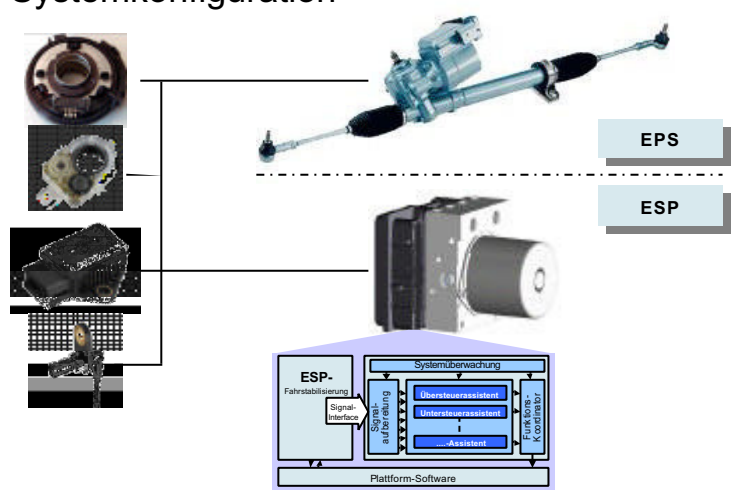
25.02.2004
© Alle Rechte bei Bosch Engineering GmbH, auch für den Fall von Schutzrechtsanmeldungen. Jede Verfügungsbefugnis, wie Kopier- und Weitergaberecht, bei uns.
6
SFP/CS

Abb.4

Die Systemkonfiguration für die APS erfordert über das ESP und das EPS hinaus keine weitere Hardware. Das System ist damit ausgesprochen kostengünstig für ein Serienfahrzeug umzusetzen.

 Aktive Servolenkung - APS


Systemkonfiguration



25.02.2004
© Alle Rechte bei Bosch Engineering GmbH, auch für den Fall von Schutzrechtsanmeldungen. Jede Verfügungsbefugnis, wie Kopier- und Weitergaberecht, bei uns.
7
SFP/CS

Abb.5

Die Konfiguration umfaßt zum einen das ESP mit Steuergerät, Hydraulikeinheit, Gierraten-/Querbeschleunigungssensor, Drehzahlfühler und Lenkwinkelsensor sowie zum anderen die e-

Elektrische Servolenkung mit Steuergerät, Servoeinheit und Lenkmomentensensor
Die APS-Software wird in einem der beiden Steuergeräte angesiedelt (Abb. 5).

Im folgenden sollen die in der APS von Bosch Engineering entwickelten Assistenzfunktionen vorgestellt werden.

Der Übersteuerassistent greift ein, wenn das Heck des Fahrzeugs ausbricht. In diesem Fall muß der Fahrer die Gierbewegung durch schnelles und entschlossenes Gegenlenken auffangen. Häufige Fehler ungeübter Fahrer bei diesem Manöver bestehen in zu spätem, zu geringem oder zu lang anhaltendem Gegenlenken. Der Übersteuerassistent zeigt dem Fahrer durch ein überlagertes Moment an, wie er lenken muß, um das Fahrzeug sicher aufzufangen.

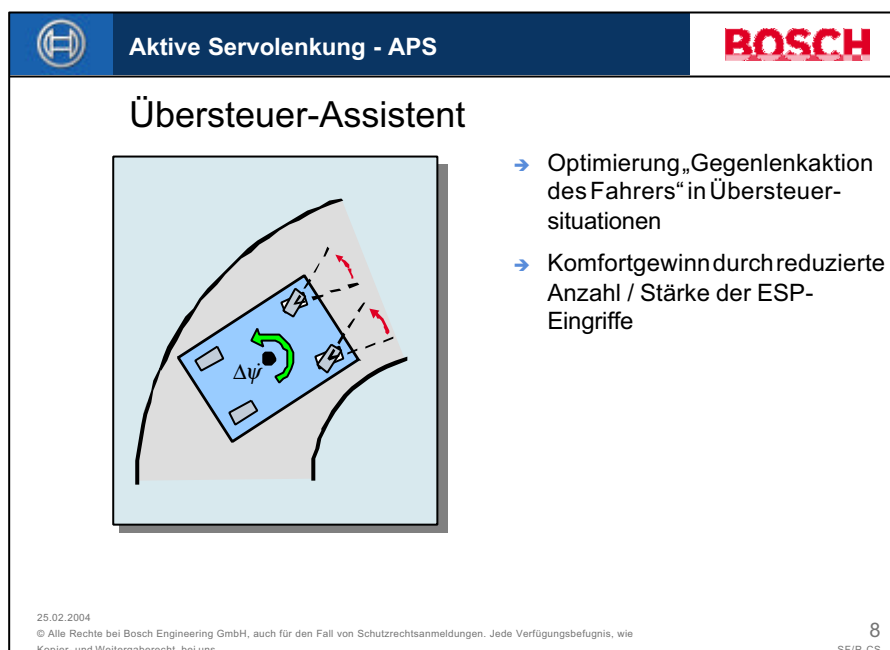



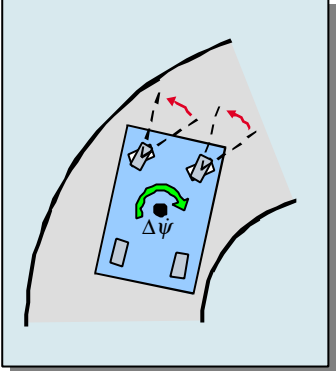
Abb.6

Durch den Übersteuerassistenten wird die Gegenlenkbewegung des Fahrers optimiert, unkomfortable ESP-Eingriffe werden vermieden bzw. reduziert (Abb. 6).

Der Untersteuerassistent wird aktiv, wenn das Fahrzeug bei Kurvenfahrt über die Vorderachse nach kurvenaußen schiebt. Die meisten Fahrer reagieren auf diese Situation automatisch mit einem weiteren Zuziehen der Lenkung. Das Überziehen der Lenkung verschlimmert diese Situation jedoch noch weiter. Der Untersteuerassistent erkennt dies und baut ein Gegenmoment in der Lenkung auf, welches den Fahrer dazu motiviert, die Lenkung nicht noch weiter zuzuziehen sondern wieder zu öffnen. Das Gegenmoment wird auf 0Nm zurückgenommen, sobald der Fahrer den Lenkwinkel eingestellt hat, der unter den gegebenen Umständen die maximale Seitenführung an der Vorderachse bietet.

 Aktive Servolenkung - APS
BOSCH

Untersteuer-Assistent



- Anregung zur „Lenkradöffnung“ in Untersteuersituationen
- Optimierung Seitenkraftpotential-Ausnutzung
- Reduzierung ESP-Eingriffe


25.02.2004
 © Alle Rechte bei Bosch Engineering GmbH, auch für den Fall von Schutzrechtsanmeldungen. Jede Verfügungsbefugnis, wie Kopier- und Weitergaberecht, bei uns.

9
SF/P-CS

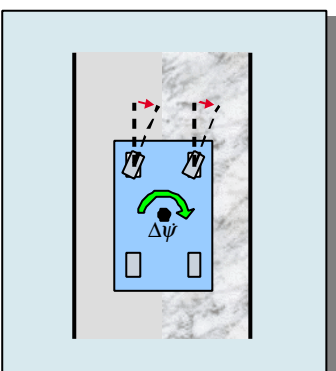
Abb.7

Der Untersteuerassistent unterstützt den Fahrer so bei der optimalen Ausnutzung des Seitenkraftpotentials, unkomfortable ESP-Eingriffe werden vermieden bzw. reduziert (Abb. 7).

Der μ Split-Assistent hilft dem Fahrer bei Bremsungen auf asymmetrischen Reibwerten auf der Fahrbahn. Bei Bremsung auf einseitig glatter Fahrbahn dreht das Fahrzeug in Richtung des hohen Reibwerts. Der Fahrer muß dem mit einer Lenkbewegung in Richtung niedrigen Reibwerts begegnen. Der μ Split-Assistent erkennt diese Bremssituation und berechnet, basierend auf der Gierrate des Fahrzeugs, den erforderlichen Korrekturlenkwinkel. Per Zusatzlenkmoment wird

 Aktive Servolenkung - APS
BOSCH

μ -Split-Assistent



- Anregung zum „Gegenlenken“ beim Bremsen auf einseitig niedrigem Reibwert.
- Optimierung Gierverhalten
- Potential zur Bremswegverkürzung durch stärkere Bremsingriffe

25.02.2004
 © Alle Rechte bei Bosch Engineering GmbH, auch für den Fall von Schutzrechtsanmeldungen. Jede Verfügungsbefugnis, wie Kopier- und Weitergaberecht, bei uns.

10
SF/P-CS

Abb.8

der Fahrer zum Einstellen und Nachführen des Korrekturlenkwinkels angeleitet (Abb. 8). Zum einen wird so das Gierverhalten des Fahrzeugs so optimiert, zum anderen erschließt sich mit dem μ Split-Assistenten Potential zur Bremswegverkürzung indem seitens des ESP stärkere Bremsdruckdifferenzen zwischen links und rechts zugelassen werden können.

Zusammengefaßt unterstützt APS den Fahrer in Situationen, die für ihn ungewohnt sind, und die im normalen Verkehrsalltag nicht geübt werden können. Dadurch, daß der Fahrer angeleitet wird das Fahrzeug besser zu beherrschen und situationsgerecht zu reagieren, können die sonst erforderlichen ESP-Eingriffe reduziert oder zum Teil sogar vermieden werden. Der Wirkungsbereich des Bremssystems kann durch bessere Übereinstimmung zwischen idealem Lenkwinkel und tatsächlichem Lenkwinkel besser ausgenutzt werden. Dies trägt zur Erhöhung der Sicherheit des Fahrzeugs bei.

Dabei ist für eine Umsetzung des Systems über das Lenksystem und das häufig bereits serienmäßig vorhandene ESP hinaus keinerlei zusätzliche Hardware erforderlich. Das System besticht durch ein besonders gutes Kosten/Nutzen-Verhältnis (Abb. 9)



Aktive Servolenkung - APS **BOSCH**

Eigenschaften der ESP-APS-Kopplung

- Unterstützung des Fahrers in ungewohnten (= untrainierten) Fahrsituationen
- Steigerung Fahrkomfort / Handling durch Reduzierung „harter“ ESP-Eingriffe
- Optimierung des ESP-Wirkungsbereichs (Sicherheit)
- Optimales Kosten/Nutzen-Verhältnis durch Konzentration auf Funktionen ohne zusätzliche (Umfeld-)Sensorik
- Randbedingung:
 - Das System erfordert die Einbeziehung des **Fahrers als Regler und als Teil der Regelstrecke**
 - Eingriffe in die Lenkung erfordern die Einhaltung **hoher Sicherheitsanforderungen**

25.02.2004
© Alle Rechte bei Bosch Engineering GmbH, auch für den Fall von Schutzrechtsanmeldungen. Jede Verfügungsbefugnis, wie Kopier- und Weitergaberecht, bei uns.

11
SF/P-CS



Abb.9

Besondere Beachtung bei dem System verdient die Einbeziehung des Fahrers als Regler und als Teil der Regelstrecke. Da er die Hoheit über die Lenkaktion behält, ist das tatsächliche Lenkverhalten der Regelstrecke nicht exakt antizipierbar. Zudem ist er als Regler nur zu einer begrenzten Dynamik fähig, die hinter der von mechatronischen Systemen zurückbleibt. Darüber hinaus nimmt der Fahrer bewußt oder unbewußt eine subjektive Bewertung des haptisch vermittelten Lenkgefühls vor.

Besonders hohe Anforderungen werden auch an das Sicherheitssystem gestellt, da Fehler bei Eingangssignalen, Ausgangssignalen oder Algorithmen unmittelbar kritisch auf den Lenkwinkel und damit auf die Fahrzeugsicherheit auswirken können.

5. Anforderungen an Sicherheit und Ergonomie

Die Anforderungen an die ergonomische Gestaltung eines EPS-basierten Lenkassistenten ergeben sich direkt aus den Eigenschaften des haptischen Sinneskanals. Er ist einer der schnellsten Sinneskanäle des Menschen. Er wird im Unterbewußtsein des Menschen aufgenommen und verarbeitet. Auf der unterbewußten Ebene ist der Mensch in der Lage, Informationen mit einer Geschwindigkeit von 10^6 Bit/s zu verarbeiten. Zum Vergleich: der optische Sinneskanal unterliegt der bewußten Verarbeitung, die mit etwa 16 Bit/s erheblich langsamer ist. Schneller als die unterbewußte Ebene sind nur noch Reflexe, welche eine Verarbeitungsrate von bis zu 10^{11} Bit/s aufweisen [3]. Über den haptischen Sinneskanal können Reaktionszeiten von etwa 0,1s angesprochen werden.


Aktive Servolenkung - APS


Der haptische Sinneskanal

- Der haptische Sinneskanal kennzeichnet sich durch eine sehr schnelle **Wahrnehmung und Umsetzung**
 - Unterbewußte Informationsverarbeitung von etwa $\sim 10^6$ Bit/s (Optischer Sinneskanal: ~ 16 Bit/s)
 - Reaktionszeiten von ca. 0,1s

- Das Lenkgefühl hat einen erheblichen **Einfluß** auf:
 - Fahrerverhalten
 - Sicherheitsempfinden
 - Vertrauen in das Fahrzeug
 - Wahrnehmung der Markenausprägung des Fahrzeugs

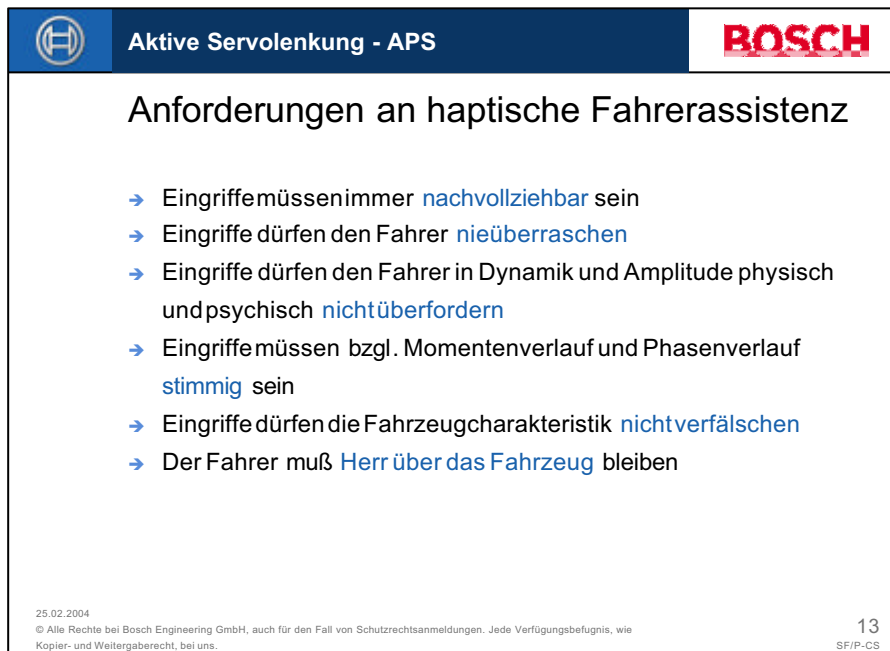
25.02.2004
© Alle Rechte bei Bosch Engineering GmbH, auch für den Fall von Schutzrechtsanmeldungen. Jede Verfügungsbefugnis, wie Kopier- und Weitergaberecht, bei uns.
12
SFP/CS

Abb.10

Aufgrund der unterbewußten Verarbeitung hat das Lenkgefühl aber auch erheblichen Einfluß auf (Abb. 10):

- Fahrerverhalten
- Sicherheitsempfinden
- Vertrauen in das Fahrzeug
- Wahrnehmung der Markenausprägung des Fahrzeugs

Um ein Lenkassistenzsystem darzustellen, welches zum einen von Fahrer wie OEM akzeptiert wird, zum anderen den Fahrer aber auch zu situationsgerechten Lenkmanövern motivieren kann sind daher einige wesentliche Punkte bei der Gestaltung der Assistenzlenkmomente zu berücksichtigen (Abb. 11):



Aktive Servolenkung - APS **BOSCH**

Anforderungen an haptische Fahrerassistenz

- Eingriffe müssen immer **nachvollziehbar** sein
- Eingriffe dürfen den Fahrer **nie überraschen**
- Eingriffe dürfen den Fahrer in Dynamik und Amplitude physisch und psychisch **nicht überfordern**
- Eingriffe müssen bzgl. Momentenverlauf und Phasenverlauf **stimmig** sein
- Eingriffe dürfen die Fahrzeugcharakteristik **nicht verfälschen**
- Der Fahrer muß **Herr über das Fahrzeug** bleiben

25.02.2004
© Alle Rechte bei Bosch Engineering GmbH, auch für den Fall von Schutzrechtsanmeldungen. Jede Verfügungsbefugnis, wie Kopier- und Weitergaberecht, bei uns.

13
SF/P-CS

Abb.11

Zunächst müssen die Eingriffe für den Fahrer immer nachvollziehbar sein. Bereits eine einzige, für den Fahrer unplausible, Momentenaufschaltung kann das Vertrauen des Fahrers in das System so nachhaltig stören, daß das System seine Wirksamkeit verliert. Des weiteren darf der Fahrer von den Lenkeingriffen nicht überrascht werden. Das Moment muß zügig aber ohne spürbare Sprünge aufgebaut werden.

Da der Fahrer sowohl bezüglich seiner Bewegungsdynamik, als auch bezüglich der für ihn beherrschbaren Momenten- und Lenkwinkelamplituden beschränkt ist, sind die Momentenverläufe entsprechen zu beschränken. Dies kann insbesondere deutliche Abstriche gegenüber dem fahrdynamisch richtigen Lenkwinkel- und Momentenverlauf erfordern.

Die Eingriffe müssen bezüglich Momentenverlauf und Phase so stimmig sein, daß sie auch für einen geübten Fahrer die nach seiner Erfahrung „richtige“ Lenkaktion induzieren.

Die Charakteristik des Fahrzeugs darf durch die Eingriffe nicht verfälscht werden. So darf z.B. ein komfortabel ausgelegtes Fahrzeug keine ausgeprägt sportliche Note durch die Eingriffe vermitteln. Dies erfordert eine sehr flexible und an den Wünschen der OEM ausgerichtete Parametrierbarkeit der Assistenzfunktionen.

Schließlich muß der Fahrer in jeder Situation Herr des Fahrzeugs bleiben und darf nicht durch die Eingriffe entmündigt werden. Dies schränkt den Wertebereich anwendbarer Zusatzmomente auf etwa $\pm 5\text{Nm}$ ein.

Den Anforderungen an das Sicherheitssystem kann mit gut erprobten Methoden, welche bei der Entwicklung beispielsweise eines ESP-Systems Gang und Gäbe sind begegnet werden:


 Aktive Servolenkung - APS	BOSCH
<h3 style="margin: 0;">Sicherheitskonzept</h3> <ul style="list-style-type: none"> → Verwendung abgesicherter Signalschnittstellen: <ul style="list-style-type: none"> • Eigensichere Teilsysteme ESP und EPS decken Sensor- und Aktuatorfehler ab • Modellbasierte Signalplausibilisierungen innerhalb des Lenkassistenten überprüfen ggf. spezielle Anforderungen an die Eingangssignale für Lenkassistentenfunktionen → Vermeidung systematischer Fehler durch Einsatz bewährter Entwicklungsmethoden (FMEA, Fehlerbaumanalyse etc.) → Absicherung Datenübertragung durch Mehrfachübertragung, Checksummen etc. → Überwachung auf Empfängerseite bezüglich Wertebereichen, Gradienten und Eingriffsdauer → Definierte Abschaltstrategien für den Fehlerfall 	
25.02.2004 © Alle Rechte bei Bosch Engineering GmbH, auch für den Fall von Schutzrechtsanmeldungen. Jede Verfügungsbefugnis, wie Kopier- und Weitergaberecht, bei uns.	14 SF/P-CS

Abb.12

System- und Signalschnittstellen werden eigensicher ausgelegt. Statusflags geben Auskunft über die Zustände von ESP und EPS sowie über die Qualität der Sensorsignale und der internen Rechengrößen des ESP.

Bei der Systementwicklung werden systematische Fehler durch FMEA- und Fehlerbaumanalyse vermieden.

Die Datenübertragung zwischen Host-Steuergerät und EPS-Steuergerät erfolgt redundant und/oder unter Einsatz von Checksummen und Botschaftszählern. Die zulässigen Wertebereiche für Zusatzmomente und deren Gradienten sowie für die Dauer von Eingriffen werden sender- wie empfängerseitig überwacht und begrenzt.

Im Falle eines Fehlers wird eine genau definierte Abschaltstrategie verfolgt.

6. Die aktive Servolenkung in der Praxis

Im folgenden sollen exemplarisch einige vorläufige Ergebnisse einer Probandenstudie zitiert werden, welche Bosch Engineering in Zusammenarbeit mit dem Institut für Arbeitswissenschaft der Technischen Universität Darmstadt (IAD) und dem Fachgebiet Fahrzeugtechnik der Technischen Universität Darmstadt (FZD) im Zeitraum von Dezember 2003 bis März 2004 durchführt. Untersucht werden subjektive Eindrücke von Probanden und objektive Meßergebnisse bei Versuchsfahrten mit und ohne APS-System.

Stellvertretend werden hier Untersuchungsergebnisse für Übersteuermanöver aufgeführt. Dabei führen Probanden mit einem Testfahrzeug über eine Impulsplatte, welche durch seitliches Versetzen des Fahrzeughecks ein Übersteuern des Fahrzeugs provoziert.

Anhand der subjektiven Befragung der Probanden wird deutlich, daß bei der gewählten Abstimmung des Assistenzsystems die Unterstützung des Fahrers sehr subtil erfolgt (Abb. 13, 14):

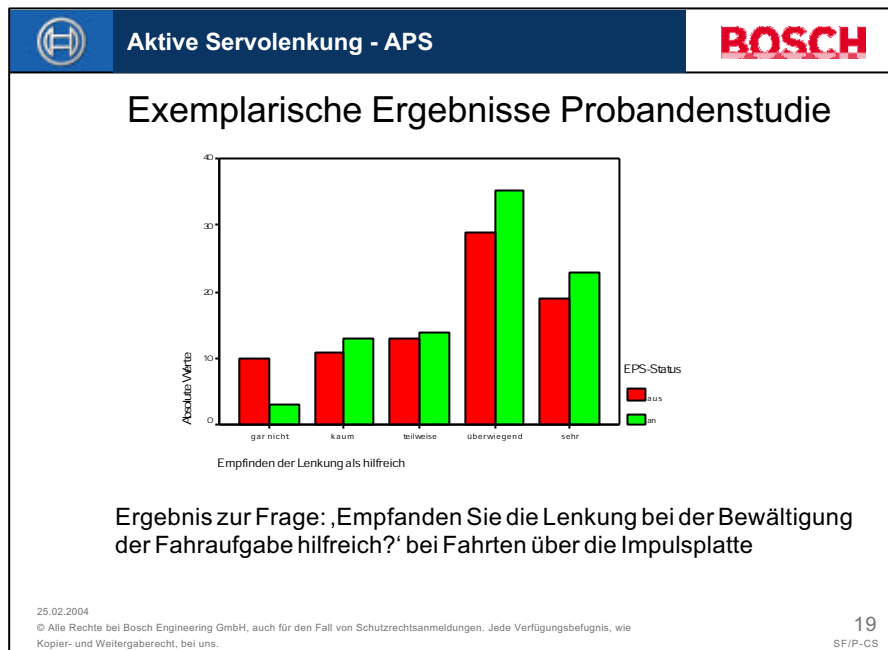


Abb.13

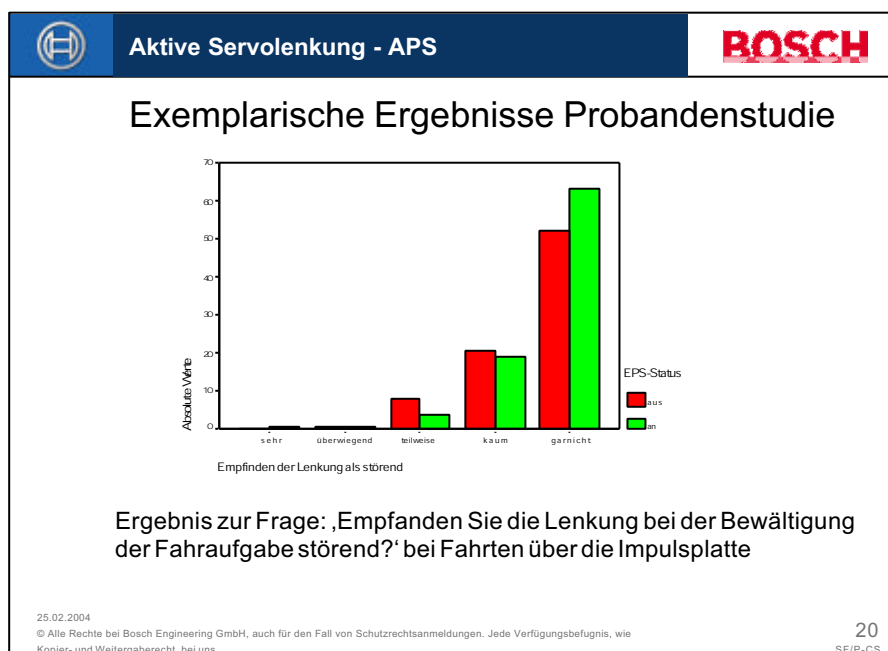


Abb.14

Der Anteil an Versuchspersonen, welche die Lenkung bei dem Manöver als hilfreich empfindet ist bei aktiver Lenkung höher als bei passiver Lenkung. Die relativ geringe Ausprägung der Tendenz läßt aber darauf schließen, daß der Lenkeingriff überwiegend unterbewußt wahrgenommen wird.

Die Umkehrung der Frage, ob die Lenkung als störend empfunden wurde fällt ebenfalls zu Gunsten der aktiven Lenkung aus.

Die objektiven Meßergebnisse zeigen dann, daß sich der Einfluß der aktiven Lenkung stärker entfaltet, als die Probanden bewußt wahrnehmen (Abb. 15, 16):

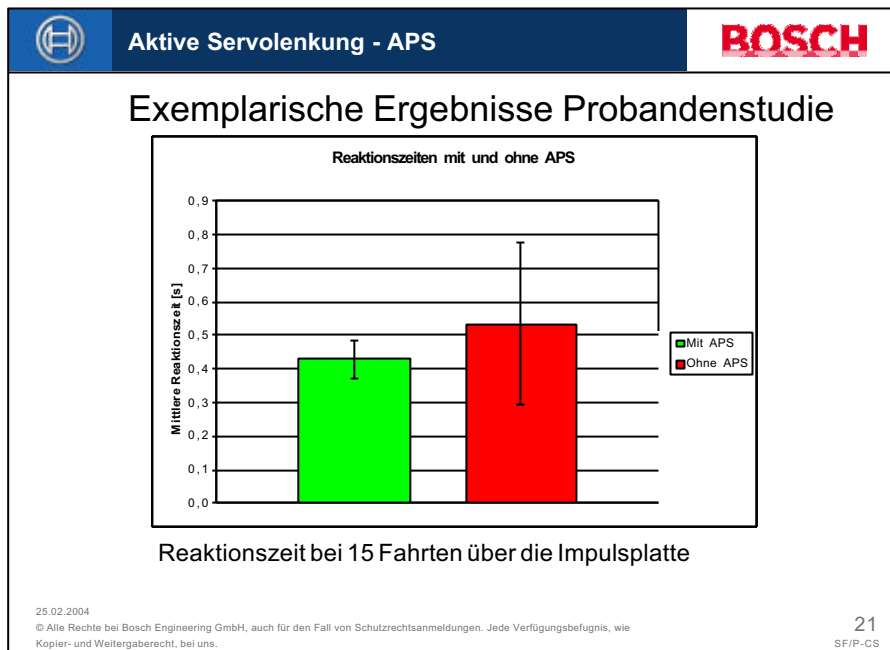


Abb.15

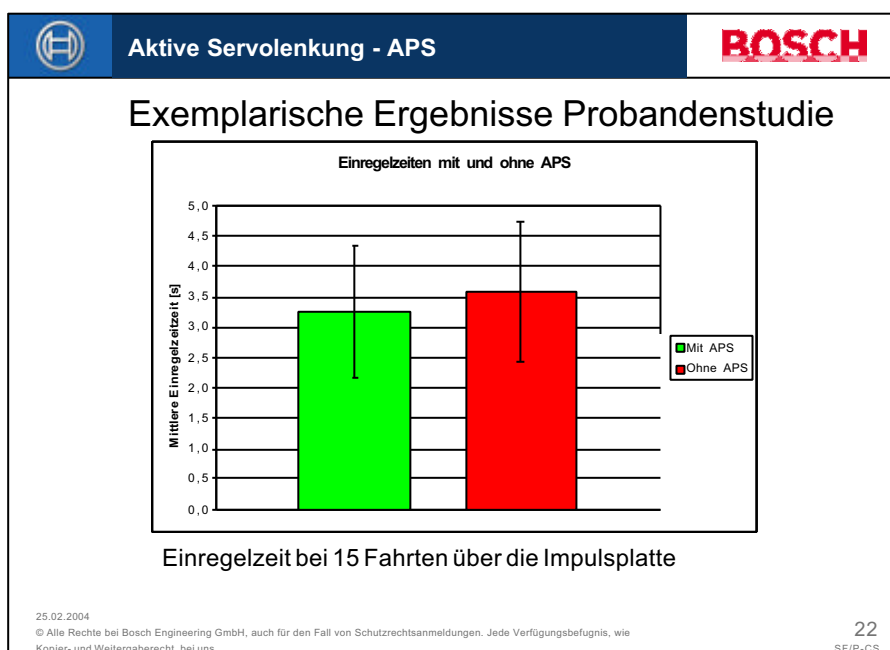


Abb.16

Die Reaktionszeit der Probanden ist mit eingeschaltetem APS Assistenzsystem um durchschnittlich 0,1s kürzer als ohne. Die Zeit, die die Probanden benötigen, um das Fahrzeug zu stabilisieren (Einregelzeit) ist durchschnittlich um 0,8s kürzer.

Der Fahrer gewinnt durch die Unterstützung des Systems wertvolle Zeit, um das Fahrzeug rechtzeitig abzufangen und zügig zu stabilisieren.

7. Fazit

	Aktive Servolenkung - APS	BOSCH
<h3>Fazit</h3> <ul style="list-style-type: none">→ Fahrer erhält Hinweise unter Gesichtspunkt Fahrzeugstabilisierung, Handling und Komfort→ Endkundennutzen abhängig vom Erfahrungshorizont und der Lernbereitschaft des Fahrers→ Design der Mensch-Maschinenschnittstelle bekommt hohe Priorität→ Lösungen von Zulieferer bedürfen einer hohen Flexibilität bezüglich der Anpassungsfähigkeit an OEM-Vorstellungen→ Am Markt eingeführte Sicherheitskonzepte lassen sich übertragen→ Gutes Kosten/Nutzen-Verhältnis durch „nur Software“ <p><small>25.02.2004 © Alle Rechte bei Bosch Engineering GmbH, auch für den Fall von Schutzrechtsanmeldungen. Jede Verfügungsbefugnis, wie Kopier- und Weitergaberecht, bei uns.</small></p> <p style="text-align: right;"><small>23 SF/P-CS</small></p>		

Abb.17

Durch die Kopplung von ESP und elektrischer Servolenkung erhält der Fahrer Hinweise zum optimalen Lenkverhalten in verschiedenen Fahrsituationen. Dies führt zu einem Zugewinn an Fahrzeugstabilität, Handling und Komfort. Der Endkundennutzen ist dabei abhängig vom subjektiven Empfinden des Fahrers sowie dessen Erfahrungshorizont und Lernbereitschaft.

Dem Design der Mensch-Maschine-Schnittstelle muß bei der Entwicklung ein hoher Stellenwert eingeräumt werden. Die von Zulieferern entwickelten Lösungen müssen flexibel auf die Bedürfnisse der OEM ausgerichtet werden.

Die Sicherheitsanforderungen lassen sich mit marktüblichen Konzepten beherrschen.

Eine besondere Attraktivität erhält der Lenkassistent mit aktiver Servolenkung durch sein günstiges Kosten/Nutzen-Verhältnis.

8. Literatur

- [1] Köhn, P., Baumgarten, G., Richter, T., Schuster, M., Fleck, R.: Die Aktivlenkung – Das neue Fahrdynamische Lenksystem von BMW. 11. Aachener Kolloquium Fahrzeug- und Motorentechnik 2002
- [2] Bosch (Herausgeber): Kraftfahrtechnisches Taschenbuch, aktuelle Ausgabe
- [3] Betzler, W.: Seminar Fahrwerktechnik, Haus der Technik, 2002