

Was bringt die Zukunft?

Trends in der Automatisierung von KFZ-Antriebssträngen

Expertenbefragung

o. Prof. Dr.-Ing. A. Albers, Karlsruhe, Dipl.-Ing. S. Matthiesen, Karlsruhe

1 Einleitung

Schon zu Beginn unseres Jahrhunderts wurden erste Konzepte zur Automatisierung von Antriebssträngen in Kraftfahrzeugen entwickelt. Mit dem Automatikgetriebe von Oldsmobil konnte im Jahre 1940 das erste vollautomatische Getriebe am Markt angeboten werden [1]. Schnell wurde diese komfortsteigernde Neuerung auf dem nordamerikanischen Markt aufgenommen, so daß es in der Folge zu einer großen Entwicklungsanstrengung in Richtung Getriebeautomatisierung kam. Heute ist das automatisierte Getriebe in den Programmen der Pkw-Hersteller weit verbreitet. Die Akzeptanz in den Märkten war und ist allerdings sehr unterschiedlich. Während in Nordamerika und in Japan Automatisierungsgrade von mehr als 80 % vorliegen, ist der Markt in Europa, trotz einer immer wieder prognostizierten, drastischen Veränderung in Richtung Automatisierung, weiterhin vom manuell geschalteten Getriebe beherrscht. Neben den Fragen des Marktes gewinnt der Konzeptwettbewerb bei der Einschätzung der Getriebeautomatisierung an Bedeutung. Während über lange Jahre die automatischen Getriebe in überwiegender Zahl als Stufengetriebe in Planetenbauweise aufgebaut waren, haben sich in den letzten Jahren die entwickelten Konzepte vervielfacht. Das **Bild 1** zeigt diese Zunahme sehr deutlich.

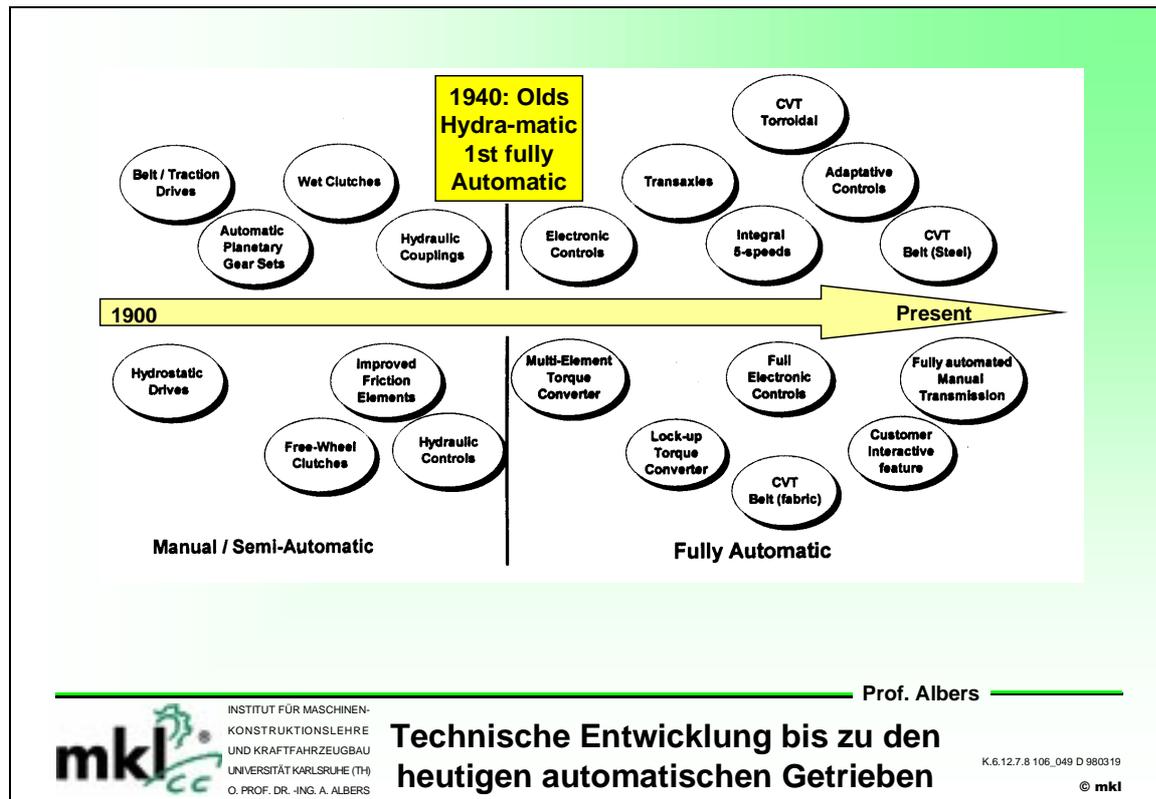
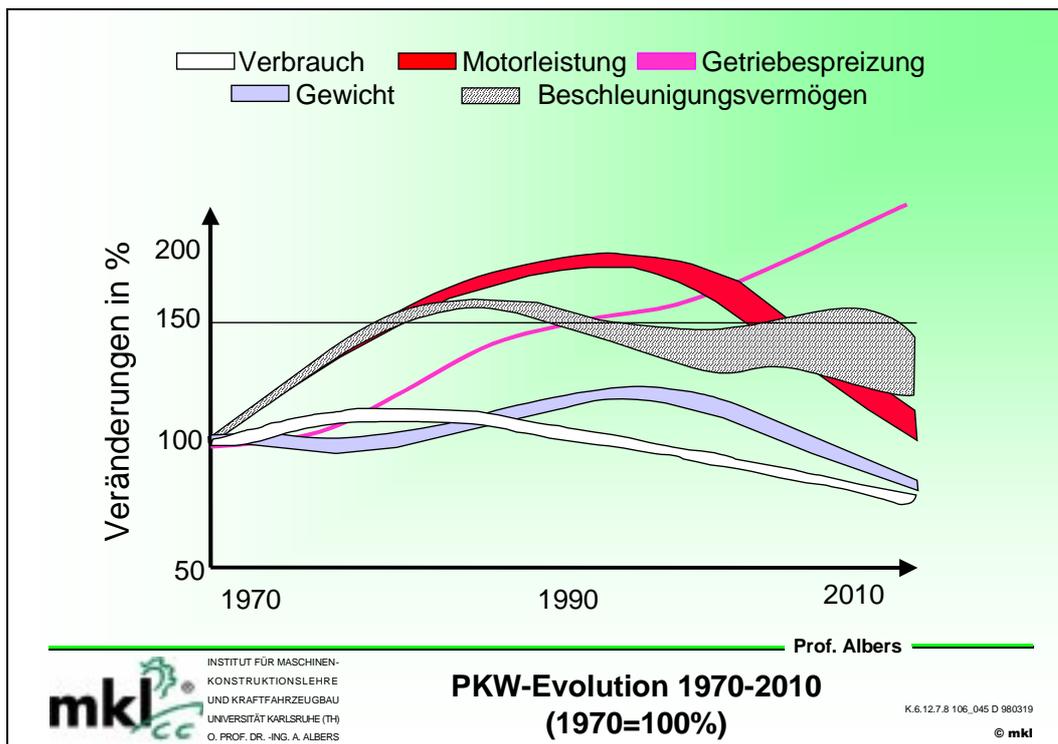


Bild 1: Historische Entwicklung [1]

Ein weiterer wichtiger Aspekt sind die komponentenbezogenen Entwicklungstendenzen. Auch hier hat sich in den letzten Jahren ein starker Wandel durch das zunehmende Vordringen elektronischer Getriebesteuerungen ergeben. Welche Komponenten und Subsysteme der automatisierten Getriebe zukünftig besonderes Entwicklungspotential versprechen, ist eine viel diskutierte Frage. Das abschließende Betrachtungsfeld in dieser Gesamtsicht ist wiederum der Markt und der Kunde. Welche Anforderungen werden durch die Vorgaben aus dem politischen Umfeld, aber auch durch die Veränderung der Kundenwünsche und Fahrgewohnheiten zukünftig an moderne Getriebeautomatisierungskonzepte gestellt (**Bild 2**)?



„Entwicklungstrends“ nach [2]

Diese Vielfalt interessanter Fragestellungen wurde vom Institut für Maschinenkonstruktionslehre und Kraftfahrzeugbau aufgenommen, um durch eine Expertenbefragung verbesserte Informationen über die Einschätzung zukünftiger Entwicklungen auf dem Gebiet der Getriebeautomatisierung zu erarbeiten. Ein Hintergrund der Studie ist dabei auch die Neuausrichtung des Institutes nach dem Wechsel der Institutsleitung. Der automobiler Antriebsstrang und dessen Automatisierung wird zu einem zentralen Forschungsschwerpunkt ausgebaut.

2 Methodik

Ziel der Studie war es, zukünftige Einschätzungen und Entwicklungsrichtungen in der Getriebeautomatisierung zu erkennen. Hintergrund sind die sicherlich bei den Automobilkäufern vorhandenen **Megatrends** hin zu einem steigenden Komfortanspruch und - insbesondere im europäischen Raum - gleichzeitig steigendem Umweltbewußtsein. Diese Megatrends führen zum Teil zu erstaunlichen

Marktreaktionen. Während zum einen, insbesondere in den Fahrzeugdarstellungen, Publikationen auf Messen und in den Medien, die Forderungen nach dem Dreiliter-Auto und die Umsetzung besonders sparsamer Automobilkonzepte hervorgehoben wird, ist gleichzeitig aber bei den realen Automobilverkäufen im Markt der Trend zu immer komfortableren und umfangreicher ausgestatteten Fahrzeugen mit einem hohen Sicherheitspotential zu beobachten.

Um Trends abschätzen zu können, sind Informationen über vergangene Entwicklungen und deren Fortschreibung erforderlich. „Harte Zahlen“ zur Trendeinschätzung sind dabei kaum verfügbar. Wie auch eigene Analysen gezeigt haben, werden in den allgemein zugänglichen Zulassungsstatistiken und auch bei den Betrachtungen des statistischen Bundesamtes die am Markt eingesetzten Getriebekonzepte praktisch nicht erfaßt. Auch kann eine ausschließliche Beobachtung der Anteile der Fahrzeuge mit Automatikgetriebe am Gesamtfahrzeugbestand hier nicht unbedingt weiterhelfen, da die Gründe für die Kaufentscheidung mit solchen Zahlen natürlich nicht erfaßt werden. Da eine statistisch abgesicherte Erfassung der Kundenwünsche auf der Ebene der Endverbraucher einen Aufwand erforderlich macht, der die Möglichkeiten eines Universitätsinstitutes sprengt, wurde als methodischer Ansatz zur Bearbeitung der Fragestellung eine **Expertenbefragung** gewählt. Die zu bearbeitende Problemstellung ist qualitativer Art, so daß für die Untersuchung verschiedene grundlegende Verfahren in Betracht kommen [3], [4]. Alle diese Verfahren unterstellen, daß die Ergebnisse von Gruppenbewertungen aufgrund einer größeren Informationsmenge qualitativ besser sind, als die individuelle Bewertung. Bei Folgenabschätzungs- und Bewertungsproblemen führt die Delphi-Methode zu einer vergleichsweise hohen Ergebnisqualität und Präzision. Bei der klassischen Delphi-Studie erfolgt die Konkretisierung der Ergebnisse durch eine Folge schriftlicher Befragungen. Bei jeder dieser Befragungen werden die verdichteten Ergebnisse der vorhergehenden Runde den Befragungsteilnehmern erneut vorgelegt und von diesen bewertet. Die Teilnehmer der Befragung bilden das sogenannte Panel, das durch ausgewiesene Experten besetzt wird. In vorliegender Studie wurde die Vorgehensweise modifiziert. Da die hier zu

erarbeitenden Fragestellungen zum Teil eine hohe Unternehmensrelevanz haben, wurde von Anfang an eine strenge Vertraulichkeit vereinbart. Gleichzeitig wurde von der klassischen Delphi-Methode insoweit abgewichen, daß zunächst nur eine erste Fragebogenrunde erfolgt ist und die Ergebnisse dieser ersten Delphi-Runde mit vorliegender Studie in verdichteter und neutralisierter Form hier veröffentlicht und zur Diskussion gestellt werden sollen. Im nächsten Schritt der Studie wird in einer zweiten Delphi-Runde mit den Teilnehmern des Panels eine weitere Diskussion der ermittelten Ergebnisse erfolgen. Hierbei sollen insbesondere auch die zum Teil erheblich abweichenden Einzelmeinungen auf der Informationsbasis der Gesamtstudie neu diskutiert werden. Das Panel der vorliegenden Expertenbefragung bestand aus etwa 20 Experten der automobilen Antriebstechnik. Die globale Frage der Untersuchung lautete dabei:

Wie schätzen Experten aus der Fahrzeugindustrie die Entwicklungstendenzen in der Automatisierung von Kraftfahrzeugantriebssträngen in den nächsten 10 Jahren ein?

Erfreulicherweise ergab sich eine sehr weitgehende Unterstützung durch die angesprochenen Experten, nur in drei Fällen konnten oder wollten die Angesprochenen keine Aussagen zu oben genannter Fragestellung machen. Der Schwerpunkt der Teilnehmer lag in Europa, wobei auch nichteuropäische Experten mit in die Befragung einbezogen wurden.

Das **Bild 3** zeigt zusammengefaßt die drei Schwerpunktbereiche, aus denen die Themen der Studie gewählt wurden. Als Ansatz wurde das bekannte Marktmodell aus den drei Elementen **Kunde**, **Wettbewerb** und die eigene Position des Befragten – „**ich**“ – gewählt.

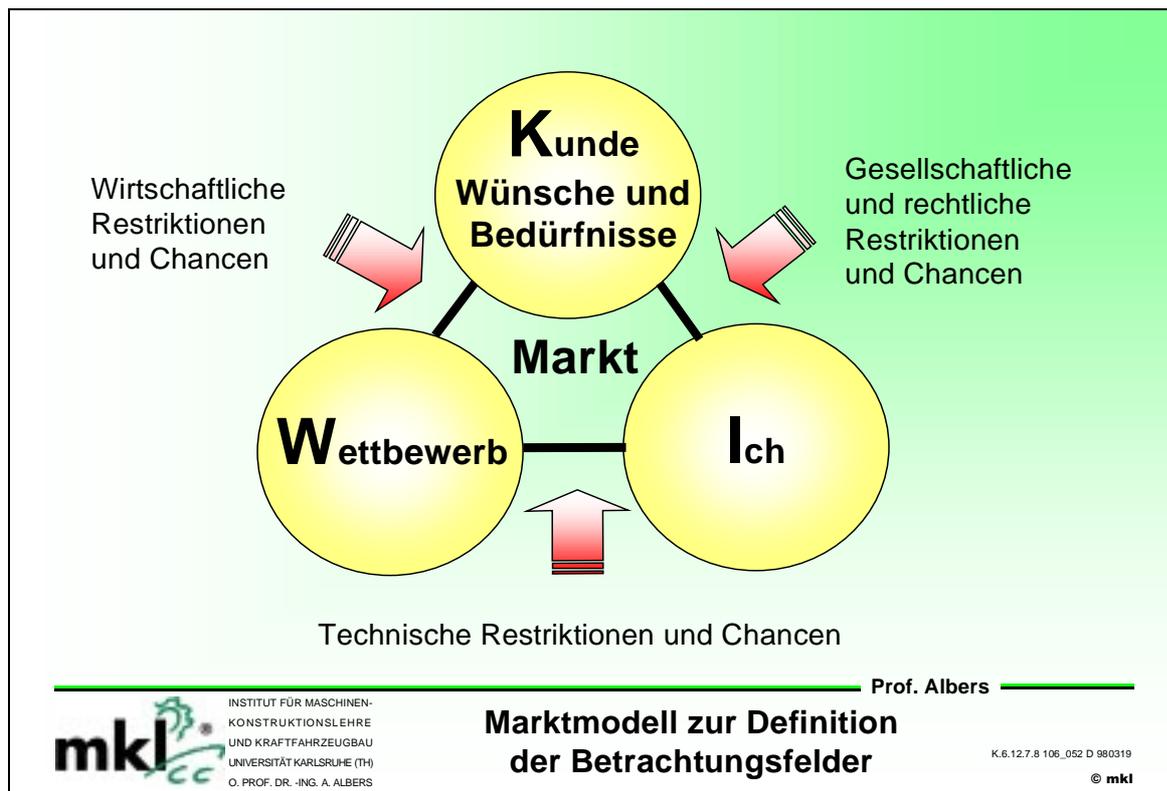
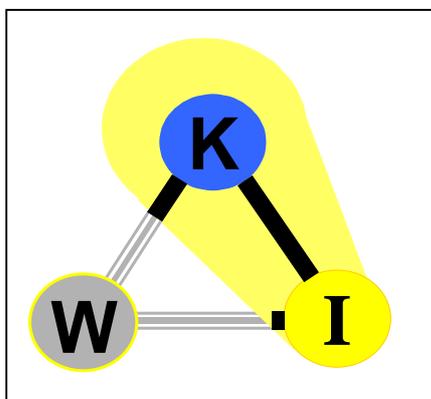


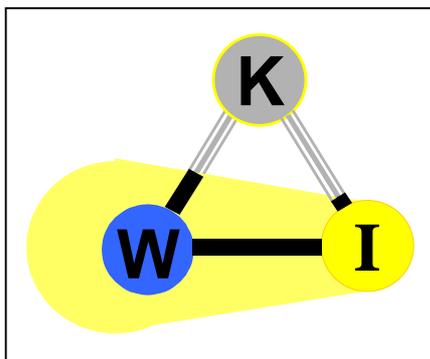
Bild 3: Betrachtungsfelder der Befragung

Der Markt wird von äußeren Strömungen und Trends beeinflusst, die jeweils wieder Restriktionen und Chancen generieren. Die wesentlichen Einflußgrößen sind gesellschaftliche und rechtliche Restriktionen und Chancen, wirtschaftliche Restriktionen und Chancen sowie technische Restriktionen und Chancen. Auf der Basis dieses Modells können drei Schwerpunktthemenbereiche der Studie definiert werden:

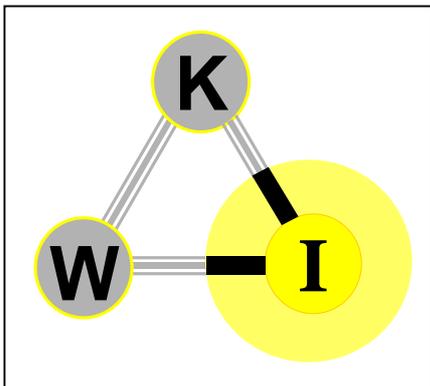


Die Experten sind Elemente von Marktteilnehmern und werden daher ihre qualifizierten Beurteilungen aus der Sicht des Marktteilnehmers durchführen. Hieraus kann ein erster Schwerpunktbereich mit Blick auf den Kunden, seine Wünsche und Bedürfnisse definiert werden. Diese Sicht auf den Kunden soll im weiteren als **Betrachtungsfeld K** - entspricht Kunde - definiert werden.

Hier sind insbesondere auch Fragen der rechtlichen und der wirtschaftlichen Restriktionen und Chancen zu berücksichtigen.



Das zweite Betrachtungsfeld orientiert sich stärker auf die wettbewerbsseitigen Marktteilnehmer. Dieses **Betrachtungsfeld W** - wie Wettbewerb - wird natürlich auch durch den Kundenwunsch beeinflusst. Der Focus ist hier aber auf die Realisierung von Innovationen gerichtet, so daß die wirtschaftlichen und die technischen Restriktionen und Chancen stärker betrachtet werden.



Der dritte Themenbereich ist die Innensicht, d.h. das **Betrachtungsfeld I**, das in diesem Fall durch einen Kreis um die eigene Position angedeutet wird. In diesem Betrachtungsfeld werden Entwicklungstendenzen und Richtungen, vorwiegend vor dem Erfahrungshintergrund der eigenen Markttätigkeit und Entwicklungspraxis, erfragt .

Diese drei Schwerpunktbereiche der Studie ergeben eine sehr umfangreiche, qualitative Abschätzung der zukünftigen Entwicklungen auf dem Gebiet der Automatisierung von Kraftfahrzeugantriebssträngen.

3 Ergebnisse

Auf der Basis der beschriebenen Zielrichtung wurde ein umfangreicher Fragebogen entwickelt, der von den Teilnehmern des Expertenpanels sehr sorgfältig beantwortet und zum Teil noch mit erheblichen ergänzenden Informationen versehen wurde. Die Vielfalt und der Umfang der Befragungsergebnisse erlaubt es an dieser Stelle nur die wichtigsten zu erörtern und vorzustellen. Wir haben dabei bewußt auf eine statistische Signifikanzanalyse und auch quantitative Detaildarstellungen verzichtet, um die wesentlichen Aussagen der befragten Experten deutlich werden zu lassen und diese bei der weiteren Verfeinerung der Delphi-Studie dann auch entsprechend berücksichtigen zu können. In den folgenden Ergebnisdarstellungen ist das jeweilige **Betrachtungsfeld** durch das zugehörige Symbol angedeutet. Die aus einer Verdichtung der Einzelfragen des Fragebogens entwickelte, übergeordnete **Fragestellung** wird jeweils angegeben. Abschließend wird zu jedem Fragenkomplex ein zusammenfassendes **Fazit** aus Sicht des Befragungsteams dargestellt. Die quantitative Zuordnung der Antworten wird durch die Durchmesser der Punkte beschrieben.

3.1 *Der eigene Standort*

Zunächst wurde der eigene Standort der Experten diskutiert. Die Frage, welche Konzepte entwickeln die Befragten, zielt auf die momentane Ausrichtung der eigenen Entwicklung. Es zeigt sich, daß die Mehrzahl auch für die zukünftige Generation von Automatik-Getrieben klassische Stufenautomaten mit hydrodynamischem Wandler entwickelt. Erstaunlich ist, daß mit nur geringem Abstand auch CVT-Getriebekonzepte entwickelt werden. Dies zeigt das erhebliche Potential, das in der stufenlosen Anpassung der Übersetzung gesehen wird. Ebenfalls erstaunlich ist der hohe Anteil automatisierter Handschaltgetriebe, die sich in der Entwicklung befinden. Dieses Konzept, das über lange Jahre nur eine untergeordnete Bedeutung hatte und dem in [5] aus dem Jahre 1994 nur wenig Potential zugewiesen wurde, wird nun doch völlig anders gesehen.

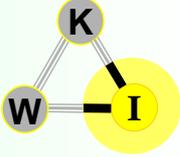
- Klassische Automatikgetriebe mit hydrodynamischem Wandler
- CVT - Getriebe
- Automatisierte Handschaltgetriebe
- Hybridantriebe
- Doppelkupplungsgetriebe

Fazit:

- CVT Getriebe werden nahezu ebenso stark entwickelt, wie klassische Automatikgetriebe
- Automatisierte Handschaltgetriebe haben in der Entwicklung eine große Bedeutung



INSTITUT FÜR MASCHINEN-
KONSTRUKTIONSLEHRE
UND KRAFTFAHRZEUGBAU
UNIVERSITÄT KARLSRUHE (TH)
O. PROF. DR.-ING. A. ALBERS



Welche
Konzepte
entwickeln
die
Befragten?

Prof. Albers
K.7400 106_053sw D 980319
© mkl

Bild 4: Entwickelte Konzepte

In der Frage nach den Regionen sich die Hauptkunden der Befragten befinden, wird ein Schwerpunkt in der Auswahl des Panels deutlich. Da der Automatisierungsgrad in den USA und Japan bereits sehr hoch ist, wurde der Fokus der vorliegenden Studie gezielt auf die Entwicklung in Westeuropa gelegt. Dementsprechend haben fast alle Experten des Panels ihre Hauptkunden in Westeuropa, während die USA und Japan für die hier Befragten als Hauptkunde nicht so häufig genannt wurden. Die Ergebnisse der Studie sind also vor allem für den westeuropäischen Markt repräsentativ.



Bild 5: Hauptkunden der Befragten

3.2 Entwicklungstrends am Markt

In den folgenden Fragen wird die Einschätzung des Marktes und damit die Sicht auf den Kunden und den Wettbewerb näher betrachtet.

Eine der interessantesten Fragen der Studie beschäftigt sich mit der Einschätzung des Anteils der Fahrzeuge mit Automatikgetriebe in den nächsten Jahren bezogen auf den europäischen Markt. Eine Fokussierung auf den europäischen Markt ist wiederum sinnvoll, da die Dominanz der Automatisierung in den Märkten USA und Japan bereits seit vielen Jahren etabliert ist, während in Europa immer noch ein relativ geringer Anteil – **Bild 6** - an Fahrzeugen mit Automatikgetrieben ausgestattet ist.

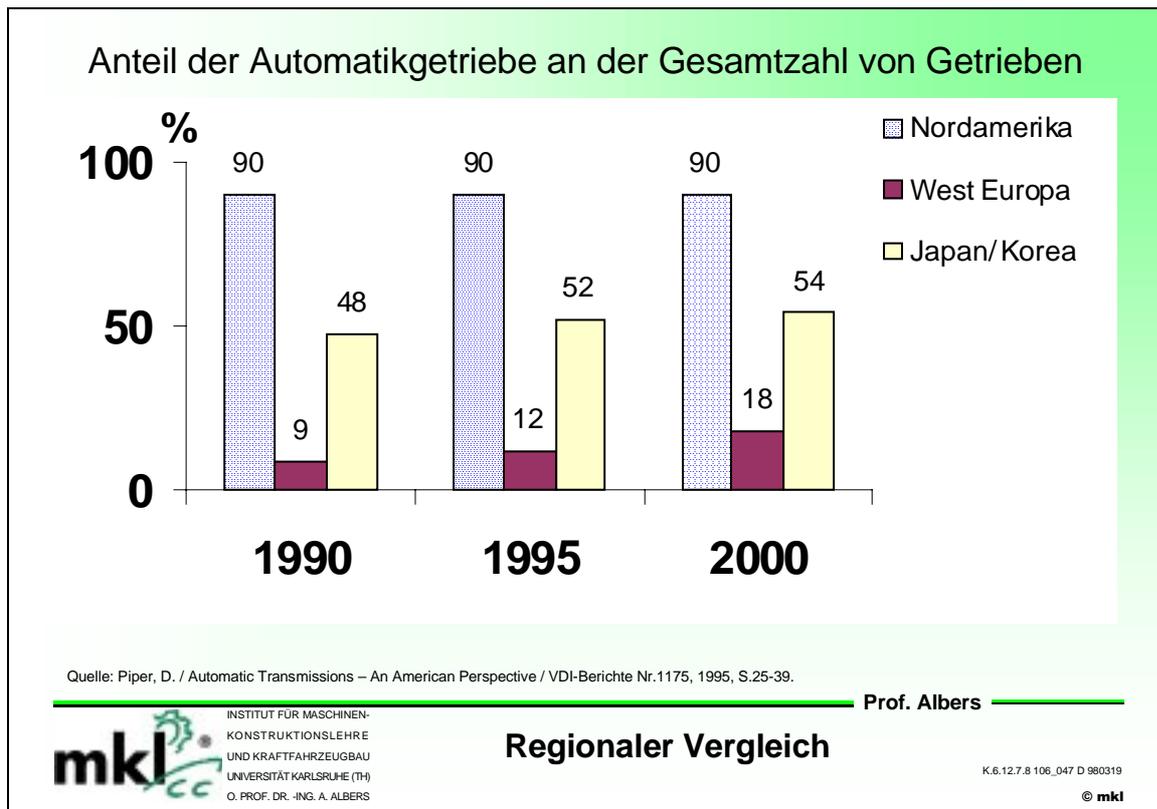


Bild 6: Regionaler Vergleich [1]

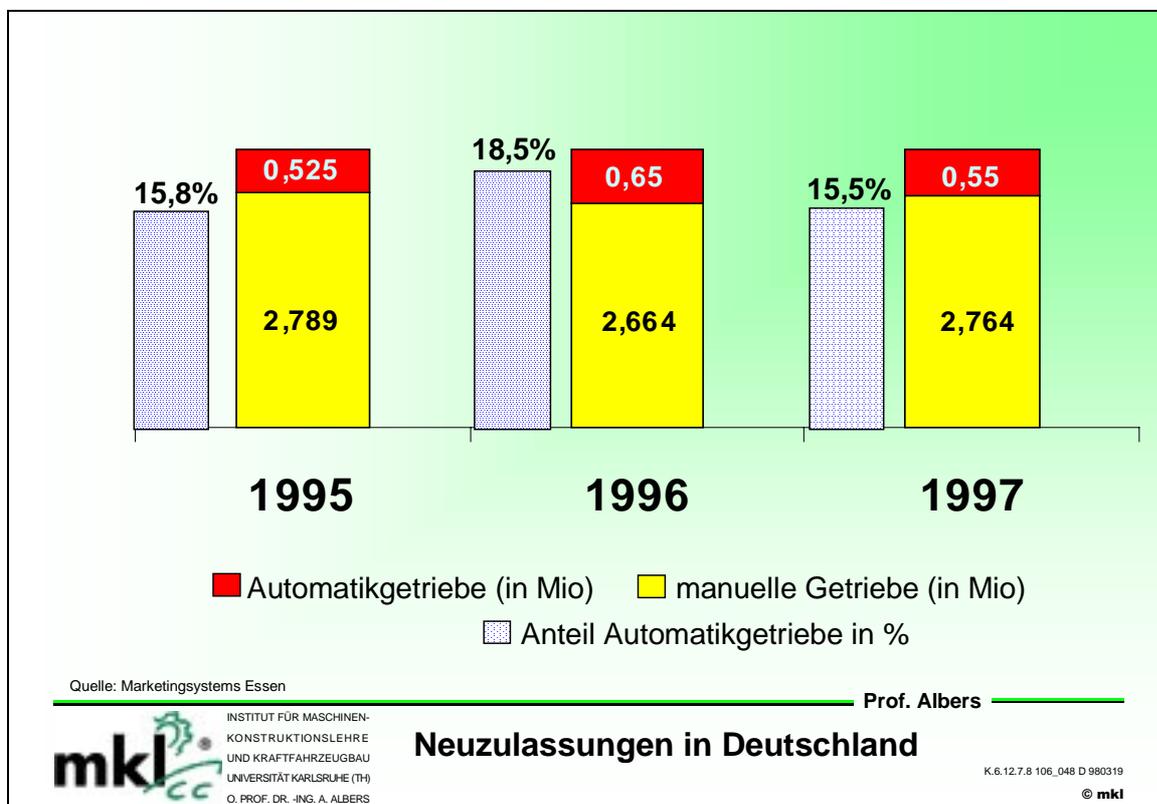


Bild 7: Entwicklung des Automatanteils in Deutschland

Und dies obwohl in einer Vielzahl von Prognosen seit den 70ziger Jahren immer wieder ein für die nächsten Jahre unmittelbar bevorstehender starker Anstieg der Fahrzeuge mit Automatikgetrieben vorhergesagt wurde. Das **Bild 7** zeigt im Rahmen der Studie ermittelte, zuverlässige Daten zur Entwicklung der Fahrzeugzulassungen in Deutschland von 1995, 1996, 1997. Erstaunlich ist die große Schwankung des Automatanteils.

Die Experten des Panels zeigen eine differenzierte Einschätzung (**Bild 8**). Man geht von einem zunehmenden Automatikgetriebeanteil in Europa aus, wobei die Mehrzahl der Befragten eher mit einem zunächst leicht zunehmenden Anteil rechnet. Einen unveränderten oder sinkenden Trend sieht niemand.

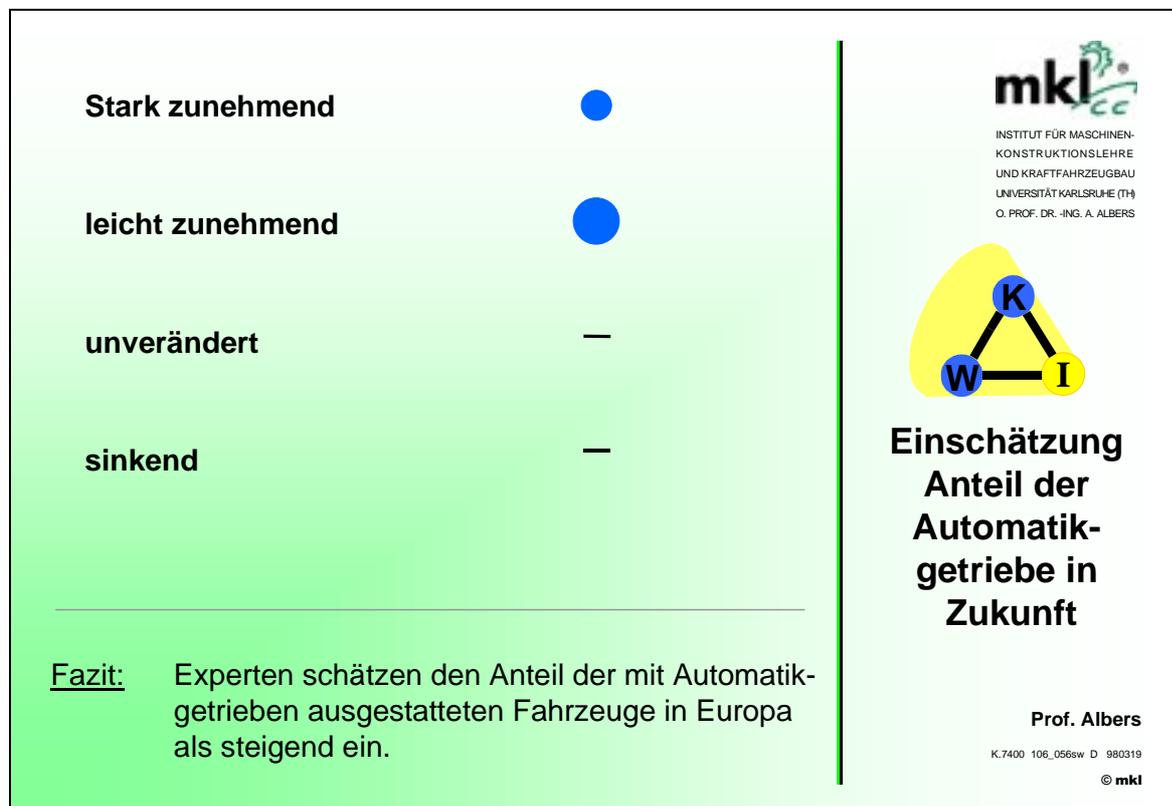


Bild 8: Anteil der Automatikgetriebe in Zukunft

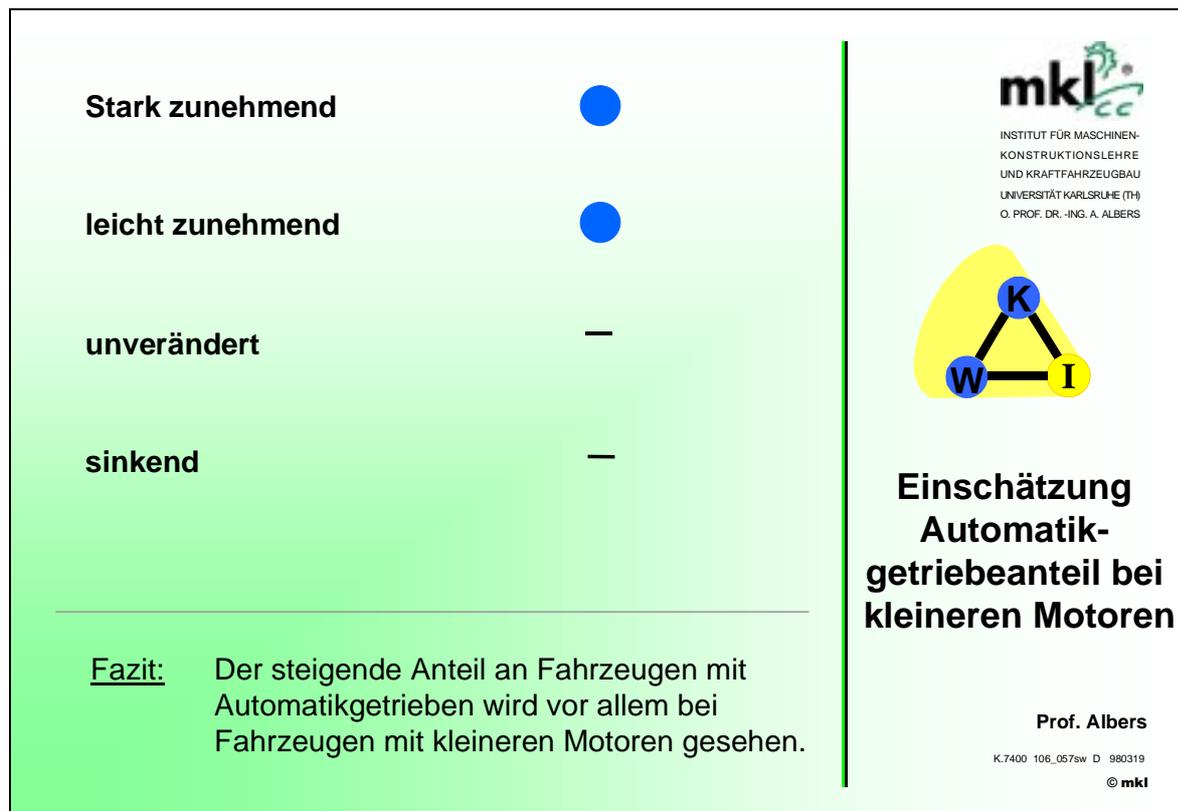


Bild 9: Anteil der Automatikgetriebe bei Fahrzeugen mit kleineren Motoren

Um die Marktsicht noch etwas weiter zu differenzieren wurde in einer Ergänzungsfrage gezielt der Focuss auf den Markt der Fahrzeuge mit kleinerer Motorisierung **Bild 9** gelenkt. Es zeigt sich eine deutliche Veränderung in der Expertenmeinung, da nun von einem stärker zunehmenden Anteil der Automatisierung in dieser Fahrzeugklasse ausgegangen wird. Dies ist erklärbar aus dem heute noch sehr niedrigen Automatanteil.

Die heute am Markt dominierenden Automatikgetriebekonzepte basieren im wesentlichen auf Stufengetrieben in Planetenbauweise mit einem hydrodynamischen Wandler. Die Frage nach der Entwicklung der Marktbedeutung dieser Automatisierungskonzepte im Vergleich zu den anderen diskutierten Automatisierungskonzepten beantworten die Experten mit erstaunlicher Klarheit **Bild 10**. Die zukünftige Bedeutung des heute vorherrschenden Automatisierungskonzepts mit hydrodynamischem Wandler und Stufengetriebe in Planetenbauweise wird nach Meinung der Experten höchstens noch geringfügig zunehmen oder aber eher sinken. Man sieht offensichtlich in diesem Konzept nur ein

geringes Potential zur Gewinnung neuer Märkte in den kleineren Fahrzeugklassen.

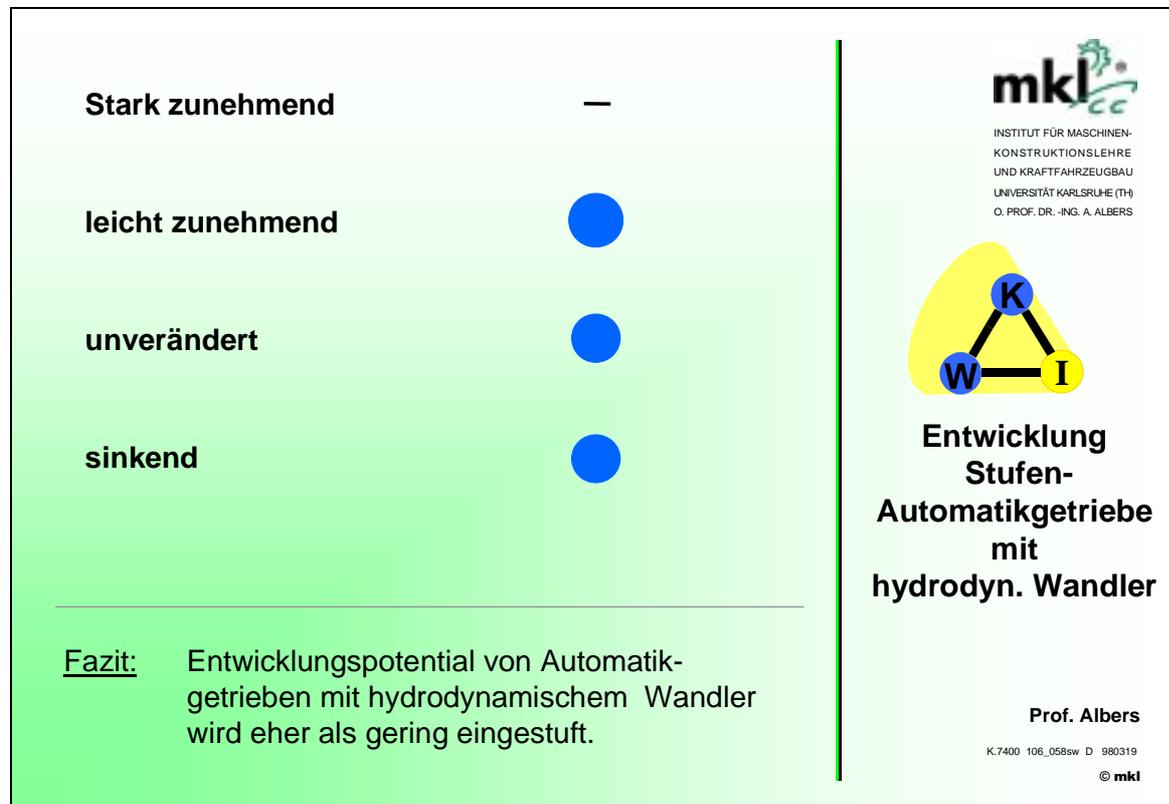


Bild 10: Potential des klassischen Stufenautomaten

Bei den Zukunftschancen der drei Konzepte CVT-Getriebe, automatisiertes Handschaltgetriebe und Hybridantrieb im Vergleich zu den heute bestehenden Konzepten zur Automatisierung sehen die Experten in großer Übereinstimmung ein sehr hohes Zukunftspotential im Bereich der Getriebe mit kontinuierlicher Übersetzungsänderung **Bild 11**. Den automatisierten Handschaltgetrieben wird im Vergleich zu bestehenden Automatisierungskonzepten eine mittlere bis hohe Zukunftschance eingeräumt. Hierbei ist zu berücksichtigen, daß die Einschätzung aus einem Vergleich mit bestehenden Automatikgetriebe-lösungen gewählt wird. Das automatisierte Handschaltgetriebe wird offensichtlich nicht als Wettbewerber in den heute für die klassische Stufenautomatik bestehenden Fahrzeugklassen gesehen, sondern man glaubt hier eher an eine Verdrängung der manuell geschalteten Getriebe im Bereich der kleineren Fahrzeuge und Motorisierungen. Die Beurteilung der Hybridantriebe fällt sehr unterschiedlich aus. Während eine

geringe Anzahl der Experten hier ein hohes Zukunftspotential zu erkennen glaubt, ist die Mehrheit der Experten der Meinung, daß sich dieses Antriebskonzept in der Zukunft nicht durchsetzen wird. Die große Unsicherheit bezüglich der Hybridantriebe wird auch deutlich durch den erheblichen Anteil der Experten, die zu diesem Thema keine Stellungnahme abgeben wollten.

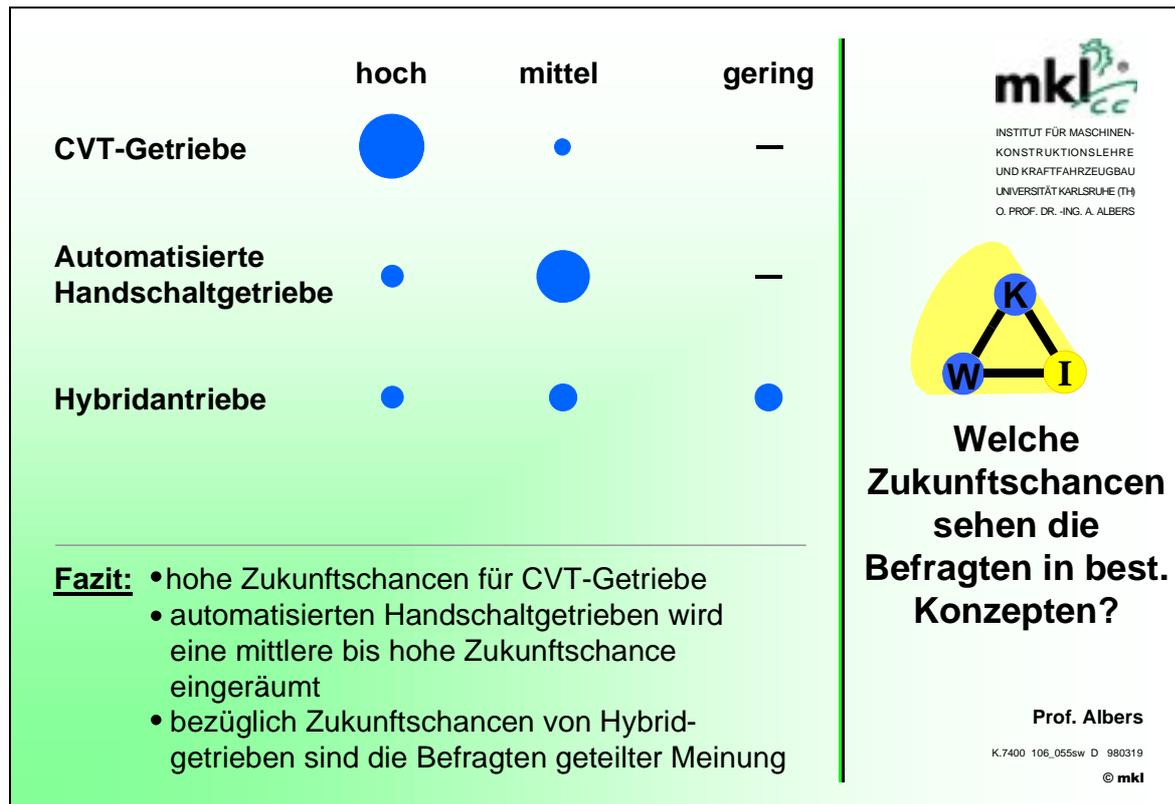


Bild 11: Neue Konzepte

3.3 Kundensicht

Für die Definition von zukünftigen Entwicklungsschwerpunkten ist eine Beurteilung des Kundenwunsches von entscheidender Bedeutung. Zu diesem Schwerpunktfeld der Studie wurde eine größere Anzahl Fragen gestellt. Sicherlich eine der Wichtigsten Fragen versucht die Bedeutung verschiedener Kriterien bei der Beurteilung von Automatikgetriebekonzepten aus Sicht des Kunden zu ermitteln. Die abgefragten Kriterien wurden dabei weitestgehend vorgegeben, wobei die Experten diese bei Bedarf ergänzen konnten. Das **Bild 12** zeigt die wichtigsten Ergebnisse.

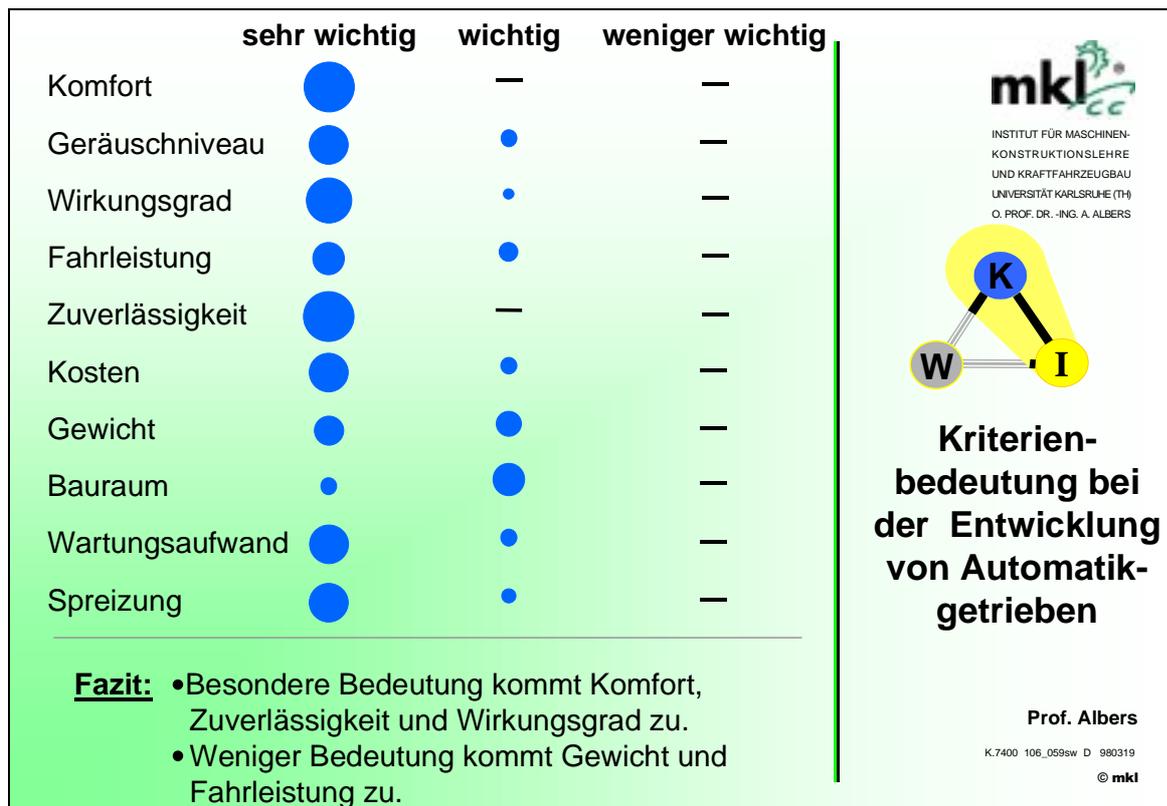


Bild 12: Kundenrelevante Kriterien

Gefragt wurde nach der Bedeutung der Kriterien Komfort, Geräusch, Wirkungsgrad, Fahrleistung, Zuverlässigkeit, Kosten, Gewicht, Bauraum, Wartungsaufwand und Spreizung. Die zukünftige Beurteilung dieser Kriterien durch die Kunden aus Sicht der befragten Experten wurde in die drei Klassen weniger wichtig, wichtig und sehr wichtig gegliedert. Die im **Bild 12** dargestellten Ergebnisse fassen die Einschätzungen zusammen. Herausragende Bedeutung für den Kunden haben aus Sicht der befragten Experten die Kriterien Komfort, Wirkungsgrad und Zuverlässigkeit. Dies spiegelt eindeutig die bereits einleitend postulierten Megatrends wider. Die Fahrleistung wird in ihrer zukünftigen Bedeutung eher geringer gesehen als die drei Haupttrends. Gewicht und Bauraum spielen aus Kundensicht natürlich eine geringere Rolle, da sie für ihn zunächst nicht relevant sind. In diesem Zusammenhang ist die Bedeutung der Spreizung sicherlich als Element zur Verwirklichung optimierter Antriebswirkungsgrade zu sehen.

3.4 Entwicklungsbedarf und Entwicklungstrends aus der Eigensicht

Nun soll die Sicht der Experten auf die eigene Entwicklungstendenzen und Entwicklungstrends bei der Gestaltung automatisierter Getriebekonzepte näher betrachtet werden. Bei der Frage nach dem Entwicklungsbedarf zu den einzelnen - bereits in der Einschätzung der Kundensicht definierten - Systemkriterien, ergibt sich eine sehr heterogene Beurteilung **Bild 13**. Dies ist aus der Innensicht des eigenen Unternehmens natürlich verständlich, da sie eigene Entwicklungserfahrungen und bisherige Entwicklungsrichtungen widerspiegelt. Sehr einheitlich und dominant schätzen der größte Teil der befragten Experten den Entwicklungsbedarf beim Kriterium Verbrauch/Wirkungsgrad als hoch ein. Diese Fixierung auf die Wirkungsgradoptimierung ergibt sich aus dem Megatrend hin zur nachhaltigen und ressourcenschonenden Nutzung von Technik. Man kann aus diesem Befragungsergebnis schließen, daß die kommenden Jahre in der Entwicklung von Getriebekonzepten ganz entscheidend von dem Ziel der Wirkungsgradoptimierung bestimmt werden. Ein weiterer, wichtiger Punkt beim Entwicklungsbedarf, wird von den Experten im Bereich der Kosten gesehen.

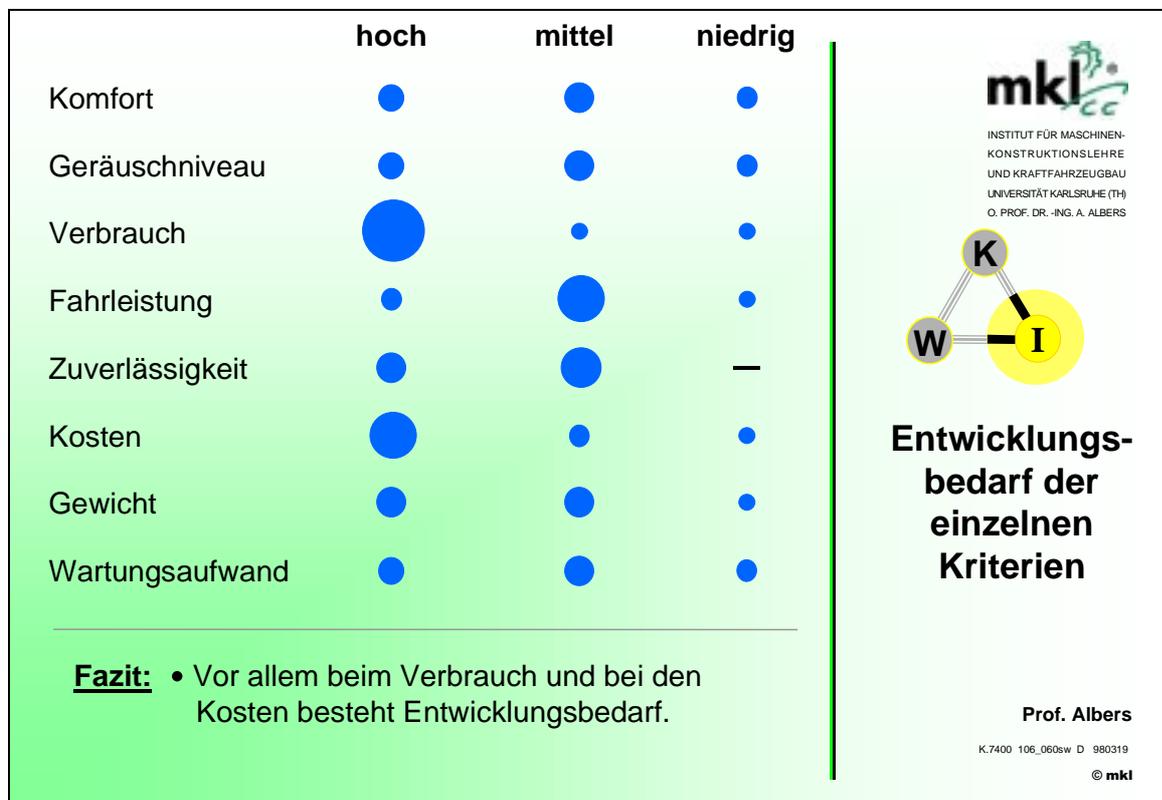


Bild 13: Entwicklungsbedarf

Auch dies kann aus der Innensicht der Unternehmen erklärt werden, da zukünftige Automatisierungskonzepte sich am Markt nur durchsetzen können, wenn sie den Kunden ein hohes Nutzen-Kosten Verhältnis bieten. Gleichzeitig ist diese Fokussierung auf die Kosten auch geprägt von der Notwendigkeit befriedigende Erträge zu erwirtschaften. Vergleicht man die Kriterien Komfort- und Geräuschniveau mit der Fahrleistung, so schätzen die Experten den Entwicklungsbedarf im Bereich Komfort höher ein, als im Bereich Fahrleistung.

Bei der Frage nach den erwarteten Entwicklungsproblemen und auch den Risiken bezüglich der Findung realisierbarer Konzepte zu den verschiedenen Entwicklungskriterien zeigt sich, daß in dem Bereich Wirkungsgradoptimierung und Kosten, in dem der höchste Entwicklungsbedarf gesehen wurde, auch die höchsten Entwicklungsrisiken und Entwicklungsprobleme identifiziert werden. Die Umsetzung von **neuen** Lösungen zu den beiden Kriterien beinhaltet durch die damit verbundenen Unsicherheiten entsprechende Risiken **Bild 14**.

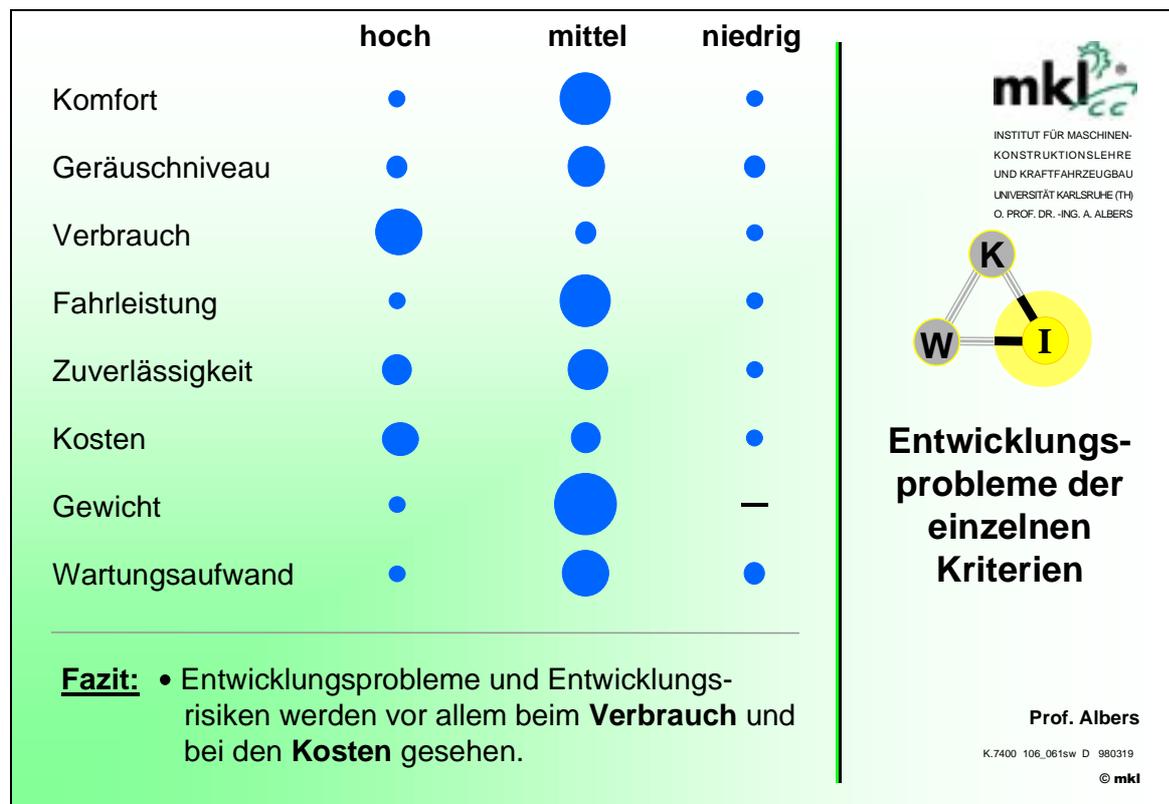


Bild 14: Entwicklungsrisiken

Neben der Entwicklung neuer Gesamtkonzepte müssen auch die Subsysteme der Automatikgetriebelösungen betrachtet werden. Hier wurde zunächst nach der Abschätzung des Entwicklungspotentials der wesentlichen mechanischen Getriebekomponenten gefragt. Dabei wurde in die Subsysteme Drehmomentwandler, Kupplung, Ölpumpe, Planetenradsystem und Verzahnung, Schaltelemente und Gehäuseteile differenziert. Das Entwicklungspotential konnte in sehr klein, klein und groß unterschieden werden. Als Fazit ist festzustellen, daß das Entwicklungspotential bei den mechanischen Komponenten insgesamt als relativ klein eingeschätzt wird **Bild 15**. Ölpumpe und Kupplung werden die größten Innovationsaussichten zugeschrieben, während sowohl im Drehmomentwandler als auch in den Verzahnungen bzw. dem Planetenradsystem praktisch kein Entwicklungspotential mehr gesehen wird. Dies ist angesichts der heute im Bereich der Forschung noch weit verbreiteten Focussierung auf die Verzahnung ein sehr interessantes Ergebnis. Hier sollte auch im Bereich der öffentlichen Forschungsinstitutionen eine gewisse Neuausrichtung überdacht werden.

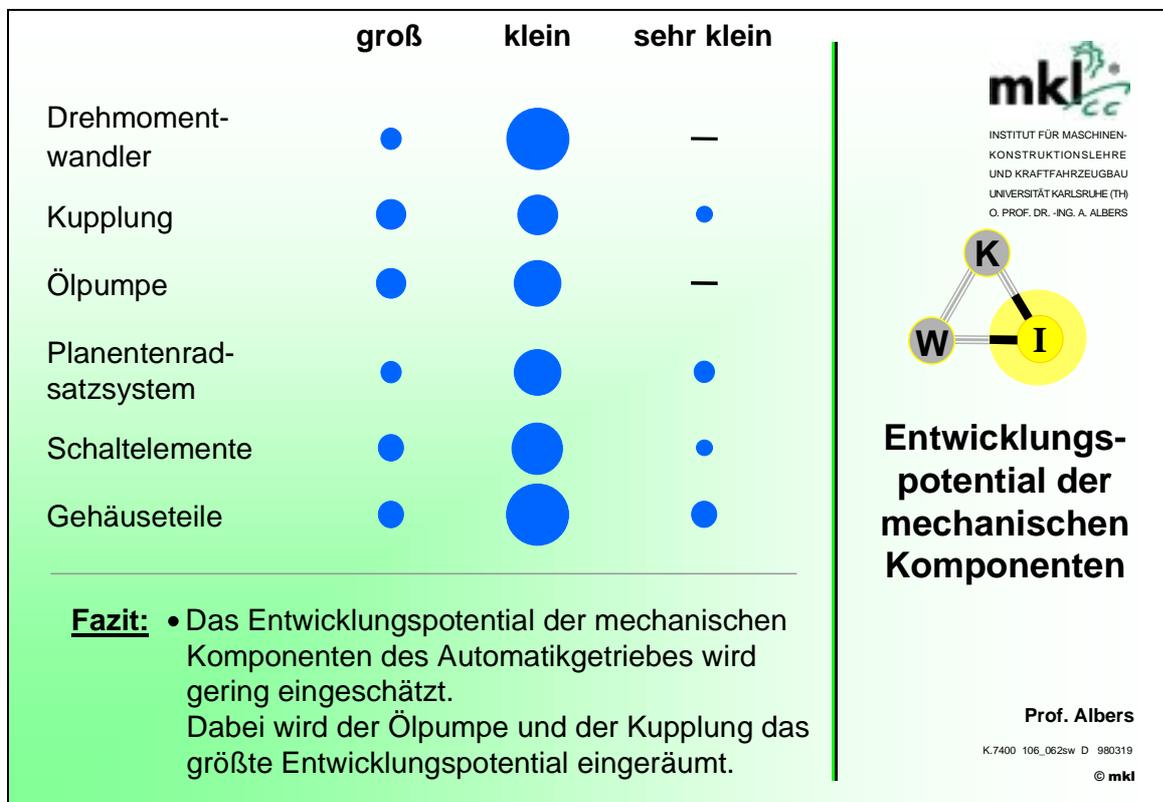


Bild 15: Entwicklungspotential mechanischer Getriebekomponenten

Völlig anders wird das Entwicklungspotential der elektronischen Komponenten und der Steuerungen eingeschätzt **Bild 16**. Gefragt wurde nach dem Potential von Aktuatoren, elektronischen Getriebesteuergeräten, der Schaltablaufsteuerung, von Diagnose und Notprogrammstrategien und nach der Gangwahlstrategie. In allen diesen Bereichen wird ein großes zukünftiges Entwicklungspotential gesehen. Hier ist auch in der Einschätzung der Experten des Panels die starke Wandlung im Bereich der Antriebstechnik hin zu intelligenten Steuer- und Regelungen und Software-Lösungen zu erkennen. Das enorme Potential, das offensichtlich auf diesem Gebiet weitestgehend einhellig erwartet wird, muß bei der Beurteilung von neuen Automatisierungslösungen berücksichtigt werden. Hier ist natürlich das Getriebe mit kontinuierlicher Verstellung der Übersetzung besonders zu nennen. Dieses Getriebe beinhaltet durch seine mechanischen Möglichkeiten ideale Voraussetzungen für die Umsetzung komplexer Steuerungsstrategien. Aber auch die automatisierten Handschaltgetriebe mit neuartigen integrierten mechanisch-elektronischen Lösungen werden durch die Fortschritte auf der Steuerungsseite neue Leistungspotentiale erschließen.

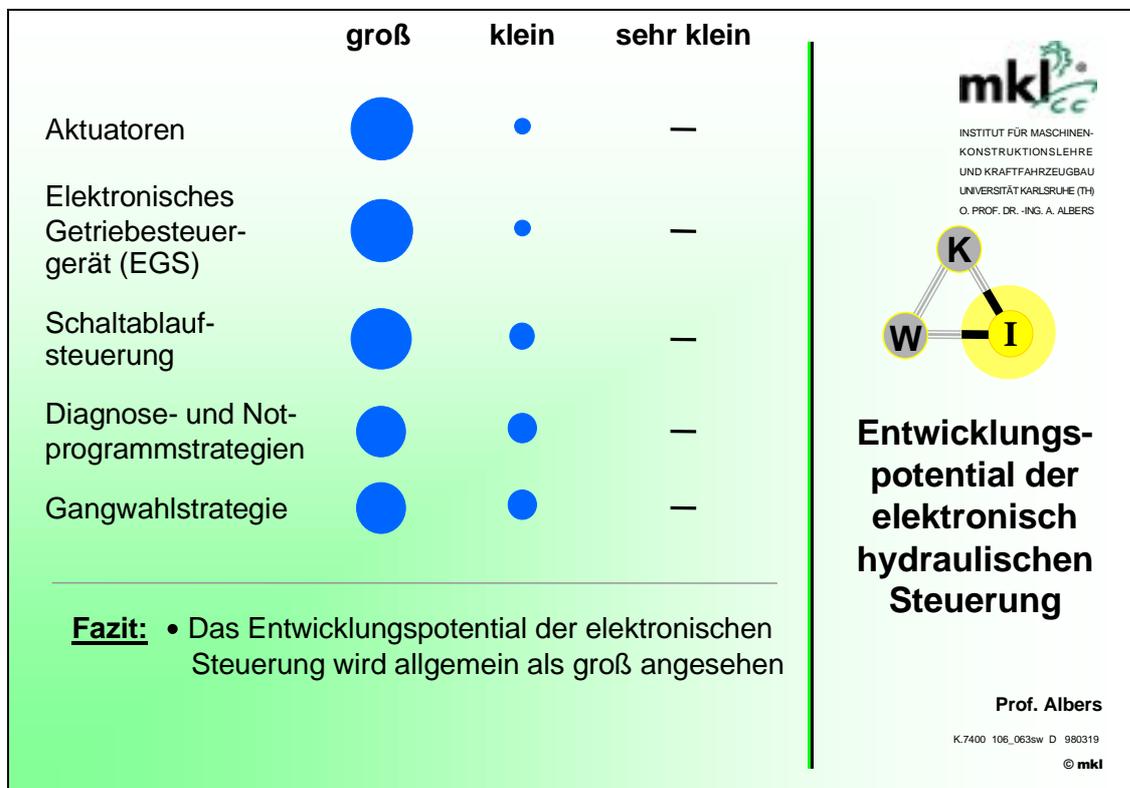


Bild 16: Entwicklungspotential Steuerung und Elektronik

3.5 Kunde und Wirkungsgrad

Wie an vielen Stellen diskutiert und in den Megatrends beschrieben, wird allgemein ein Trend zur umweltschonenden Nutzung von individueller Mobilität die Zukunft bestimmen. Dies wird auch durch die Diskussionen im politischen Umfeld - wie der Forderung nach einem Benzinpreis von DM 5,-/l Kraftstoff - deutlich. Um sich diesen Herausforderungen zu stellen, müssen in der automobilen Antriebstechnik neue Wege beschritten werden. Eine immer wieder diskutierte Frage ist der große Einfluß des Fahrers auf den Kraftstoffverbrauch. Auch dazu wurden die Experten um ihr Urteil gebeten. Eindeutig schätzen Experten den Einfluß des Fahrers auf den Kraftstoffverbrauch als sehr hoch ein **Bild 17**.



Bild 17: Einfluß Fahrer auf Kraftstoffverbrauch

Es scheint daher richtig und notwendig, den direkten Einfluß des Fahrers auf die Wirkungsgrad bestimmenden Kenngrößen des Antriebssystems zu unterbinden und den Fahrerwunsch durch ein intelligentes Antriebsmanagementsystem wirkungsgradoptimal zu realisieren **Bild 18**. Konzepte in dieser Richtung, die eine

indirekte Verarbeitung der Gaspedalstellung durch ein Antriebsmanagementsystem vorsehen, führen nach der Meinung einer großen Mehrheit der befragten Experten zu einer erheblichen Kraftstoffverbrauchsreduzierung. Daraus läßt sich ableiten, daß zukünftige Automatisierungskonzepte diesen Gesichtspunkt berücksichtigen müssen. Dabei ist es aber unbedingt notwendig gleichzeitig, den Komfortanspruch und das Fahrgefühl des Fahrers zu befriedigen.



Bild 18: Abkopplung Fahrerwunsch

Die große Bedeutung der Akzeptanz durch den Kunden wurde in der vorliegenden Studie beispielhaft in der Frage nach dem „Turbineneffekt“ deutlich. Darunter ist ein extremes Beispiel von Entkopplung des Fahrers vom Motor zu verstehen. Bei Antriebslösungen mit CVT-Getrieben kann durch die Regelung erreicht werden, daß der Motor bei Vorgabe eines Beschleunigungswunsches direkt auf die Bestpunktdrehzahl gefahren wird und die Anpassung der Raddrehzahl an die augenblickliche Fahrgeschwindigkeit allein durch geeignete Verstellung des Getriebes erfolgt. Dabei kann – bei extremer Regelung – der sogenannte „Turbineneffekt“ beobachtet werden. Der Motor wird bei

Beschleunigungswunsch unmittelbar auf eine relativ hohe Drehzahl gebracht, die für den Fahrer nicht mehr in direktem Zusammenhang mit der Fahrgeschwindigkeit steht, da diese im wesentlichen durch die Übersetzungseinstellung des Getriebes bestimmt wird. Beispielhaft sollte mit der Frage nach dem „Turbineneffekt“ die Meinung der Experten zur Akzeptanzschwelle des Kunden ermittelt werden. Und hier zeigte sich wieder ein eindeutiges Ergebnis **Bild 19**. Der „Turbineneffekt“ wird nach Meinung der befragten Experten - trotz des damit vielleicht erreichten optimalen Wirkungsgradverhaltens - vom Kunden **nicht** als technischer Fortschritt gesehen, vielmehr wird der Kunde diesen ungewohnten Effekt nur nach Erläuterung als notwendig akzeptieren oder ihn sogar als Grund für die Ablehnung eines Gesamtkonzeptes sehen.



Bild 19: Akzeptanz Turbineneffekt

Dieser Aussage zu einem speziellen Aspekt der Kundenorientierung kommt eine generelle Bedeutung für die zukünftige Entwicklung von Automatisierungskonzepten zu. Aus der Beantwortung dieser Frage durch die Experten wird deutlich, daß sich alle Lösungen an der individuellen Komfortbeurteilung durch

den Kunden messen lassen müssen, und daß dieses Kriterium - Akzeptanz vor dem Hintergrund des vorhandenen Erfahrungsumfeldes beim Kunden - für die erfolgreiche Umsetzung neuer Konzepte maßgeblich ist. Damit werden hohe und höchste Anforderungen besonders an die Steuerungs- und Regelkonzepte neuer Automatisierungslösungen gestellt. Gleichzeitig ist dies ein wichtiger Hinweis das auch in der Forschung der **ganzheitlichen Aspekt der Betrachtung von Gesamttriebssystemen**, die Motor, Getriebe und Gesamtfahrzeug beinhalten und den Fahrer als Kunden berücksichtigen, eine herausragende Bedeutung zukommen muß. Die ganzheitliche Sicht muß dabei auch die zukünftige Entwicklungsrichtung der Einzelsysteme bestimmen und bei der zukünftigen Ausrichtung der Gemeinschaftsforschung berücksichtigt werden.

4 Zusammenfassung

Der Automatisierung von Fahrzeugantriebssträngen wird in ihrer Bedeutung weiter zunehmen. Auf der Basis einer Expertenbefragung konnten Einschätzungen zukünftiger Entwicklungstrends auf dem Gebiet der Fahrzeuggetriebe ermittelt werden. Die Themenbereiche der Studie wurden auf der Basis eines Marktmodells definiert. Entwicklungen auf dem Gebiet Kunde und Kundenwunsch, Markt und Wettbewerb sowie eigene Entwicklungsschwerpunkte und -trends konnten durch Befragung von Experten auf dem Gebiet des Fahrzeuggetriebebaus erarbeitet werden. Der Schwerpunkt der Studie lag dabei auf dem Entwicklungspotential des westeuropäischen Marktes.

In der Sicht auf Kunde und Kundenbedürfnisse wird eine starke Orientierung hin zu Wirkungsgradoptimierung und Kraftstoffverbrauchsreduzierung sowie hohem Komfort erwartet, die Fahrleistungen spielen eine eher geringere Bedeutung. Wichtig für die Entwicklung neuer Automatisierungskonzepte und deren Steuerung und Regelung sind nach Meinung der Experten die Berücksichtigung der Kundenerfahrungen und Komfortwünsche im Betriebsverhalten zukünftiger

Fahrzeugsysteme und deren weitgehende Realisierung trotz Abkopplung des Fahrers von der direkten Steuerung des Antriebs.

Die Markt- und Wettbewerbssicht zeigt eine allgemein nur noch gering steigende oder sogar fallende Einschätzung des Markt- und Entwicklungspotentials der klassischen Stufengetriebe in Planetenbauweise mit Wandler. Dies gilt besonders für Antriebslösungen bei kleineren Motorisierungen. Den Getrieben mit kontinuierlich verstellbarer Übersetzung (CVT) wird eine sehr positive Zukunftsentwicklung prognostiziert. Eine ebenfalls steigende Bedeutung haben nach Meinung der befragten Experten, insbesondere im Bereich der Fahrzeuge mit kleineren Motorisierungen, die vollautomatisierten Stufengetriebe mit Zugkraftunterbrechung (automatisierte Handschaltgetriebe).

In der Einschätzung der eigenen Entwicklungstendenzen und Schwerpunkte beurteilen die befragten Experten das Entwicklungspotential bei den mechanischen Komponenten des klassischen Automatikgetriebes als gering. Verzahnungen und Drehmomentwandler wird nur noch ein geringes Entwicklungspotential zugeschrieben, wobei in der Kupplung und der Ölpumpe noch erhebliche Chancen für Innovationen gesehen werden. Der eindeutige Schwerpunkt des Entwicklungspotentials wird bei nahezu allen befragten Experten im Bereich der Steuerungs- und Regelungssysteme des automatischen Fahrzeuggetriebes erwartet. Hierbei kommt der Integration der Elektronik und der Aktuatoren ein hohes Gewicht zu. Ebenfalls eine große Bedeutung haben nach Meinung der Experten die Steuerungsstrategien und Steuerungs-Softwarelösungen.

Als abschließendes Fazit kann festgestellt werden, daß sich die Vielfalt der Automatisierungskonzepte für Fahrzeuggetriebe in den nächsten Jahren eher erweitern wird, wobei nach Meinung der befragten Experten eine stärkere Betrachtung des Gesamtsystems Antriebsstrang aus Motor, Getriebe und Fahrzeugelementen erst zu einer vollständigen Nutzung des Optimierungs-

potentials führen wird. Diese verstärkte ganzheitliche und gesamthafte Betrachtung wird ein Megatrend der zukünftigen Antriebsentwicklung im Kraft- und Fahrzeugbau sein.

5 Literatur

- [1] Piper, D. / Automatic Transmissions – An American Perspective / VDI - Berichte Nr.1175, 1995, S.25-39.
- [2] Bofinger, G. / Höbel, P. / Sander, E. / Schwarz, H. / Leichtbau am Beispiel Schaltgetriebe / VDI – Berichte Nr. 1175, 1995, S.85-98.
- [3] Huber, G.L., Mandel, H. / Verbale Daten: Eine Einführung in grundlegende Methoden der Erhebung und Auswertung, Beltz: Weinheim und Barel, 1982.
- [4] Martino, Joseph P. / Technological Forecasting for Decision Making 2nd Edition, New York u.a. 1983.
- [5] Jürgens, G. / Vergleich von Getriebesystemen, LuK-Kolloquium 1994, S.149.