

# Adaptiv variable Stellteile – Neueste Untersuchungen zur Merkmals-erkennung und Zustandsdifferenzierung

Aleko Petrov und Thomas Maier

*Schlüsselwörter: adaptive Bediensysteme, adaptiv variable Stellteile, aufbau- und formveränderliche Stellteile, multimodale, multisubmodale Informationswahrnehmung*

## Zusammenfassung

Adaptiv variable Stellteile vermitteln dem Benutzer Informationen über mehrere Modalitäten bzw. Submodalitäten, wodurch die Wahrnehmungsleistung des Benutzers erhöht wird. In diesem Beitrag werden Ergebnisse aus zwei Untersuchungen mit rudimentären Mustern vorgestellt. Zuerst wird der geometrische Unterscheidungsfaktor  $1,19$  (R13-Stufung) festgelegt, anschließend wird der von Probanden erkannte Ausgangsbereich des Formüberganges von prismatisch zu rotationssymmetrisch -  $1,2\text{ mm}$  bis  $2,5\text{ mm}$  - zur Diskussion gestellt.

## Abstract

Adaptive variable control elements transmit the user information with multiple modalities or submodalities to increase the perception of the user. This paper presents results from two studies using rudimentary prototypes. After having established the geometric coefficient of differentiation  $1.19$  (graduation R13), the range of values -  $1.2\text{ mm}$  to  $2.5\text{ mm}$  - detected by test persons is put up to discussion.

## Einleitung

Die adaptiv variablen Stellteile haben die Aufgabe bei der Interaktion mit technischen Geräten durch benutzer- und systeminitiierte Änderung der Teilgestalten Aufbau und Form, dem Benutzer weitere Informationen zu vermitteln, die über mehrere Wahrnehmungskanäle registriert und aufgenommen werden. Durch die Verteilung der Informationen über mehrere Sinnesmodalitäten, bzw. Sinnessubmodalitäten wird die Wahrnehmungsleistung des Benutzers erhöht (Pfeffer, 2007), wodurch die Steigerung der Bediensicherheit durch die Reduktion der Fehlbedienung begründet werden kann.

Solche Stellteile ermöglichen redundante, rein taktil (passiv) sowie taktil/kinästhetisch (aktiv) wahrnehmbare Informationen über den Systemzustand und -zustandsänderung dem Benutzer weiterzuleiten.

Die adaptiv variablen Stellteile lassen sich nach (Schmid, Petrov, Maier, 2008), (Schmid, Petrov, Maier, 2008a), (Petrov, Maier 2008b) in zwei Hauptgruppen unterteilen:

- Vermittlung von taktil und kinästhetisch wahrnehmbaren Informationen über den erreichten Systemzustand durch aktives Abtasten,
- Vermittlung von taktil und taktil/kinästhetisch wahrnehmbaren Informationen mit sofortiger Rückmeldung durch die Kombination von passivem und aktivem Abtasten.

Durch das Zusammenspiel zwischen dem aktiven und passiven Abtasten werden die Hauptgruppen von adaptiv variablen Stellteilen folgendermaßen argumentiert: beim passiven Tasten werden die Mechanorezeptoren aktiviert (taktile Wahrnehmung), und bei den aktiven werden zusätzlich die propriozeptiven Sensoren erregt (taktile und kinästhetische Wahrnehmung), (Grunwald, Beyer, 2001), (Schmidt, Lang, 2007), wodurch multimodal zusätzliche Informationen über den Systemzustand wahrgenommen werden können.

## Adaptiv variable Stellteile, Definitionen und Kategorien

Der Begriff „adaptiv variables“ Stellteil setzt sich aus den lateinischen Begriffen „adaptare“ und „varius“ zusammen, deren Kombination die Eigenschaften des Stellteils durch seine abwechselnde Verschiedenartigkeit, hinsichtlich der Teilgestalten Aufbau/Form/Oberfläche, und seine Anpassungsfähigkeit nach der Bediensituation beschreiben lässt, (Petrov, Maier, 2009a). Die Variation des Ortes und der Lage der Greifflächen bzw. der funktionalen Teilgreifflächen erfolgt sowohl benutzerinitiiert als auch systeminitiiert, wodurch weitere Möglichkeiten gemäß der Hypothese dieser Forschungsarbeit zur Informationskodierung entstehen. Die Adaptivität der Stellteile wird durch variable, kontextbezogene Anordnungs-, Orientierungs-, Geometrie- und Formänderung gewährleistet (s. Abb. 1). In dieser Hinsicht unterscheidet man drei Kategorien von adaptiven Stellteilen nach den variablen Eigenschaften und Betätigungsfreiheitsgraden:

- Stellteile mit einem Betätigungsfreiheitsgrad und adaptiv variablem Aufbau (variable Anordnung und Orientierung),
- multifunktionale Stellteile mit mehreren Betätigungsfreiheitsgraden und klarer Zuordnung der Bedienaufgabe zur Betätigungsart durch adaptiv variablen Aufbau (Anordnung, Orientierung und Geometrie),
- multifunktionale Stellteile mit mehreren Betätigungsfreiheitsgraden und adaptiv variablen Aufbau-, Form- und Oberflächenelementen zur Informationskodierung bezüglich der Funktion.

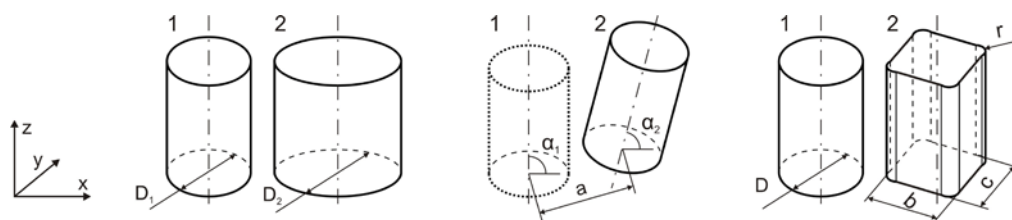


Abb. 1: Variationen der Geometrie, Anordnung, Orientierung und Form von adaptiv variablen Stellteilen, abstrakte Darstellung, nach (Schmid, Petrov, Maier, 2008a und 2008b)

## Aufgaben und Zielsetzung

Hinsichtlich der Gestaltänderung der adaptiv variablen Stellteile lautet einerseits die Fragestellung nach den geometrischen Randbedingungen (Stufensprünge, Unterscheidungsfaktoren) und andererseits nach der Ausprägung der Formelemente, durch die der Übergang von rotations-symmetrischer zur prismatischer Form erkannt wird.

Die rein funktionale Anordnung der Betätigungsflächen von Stellteilen (s. Abb. 2) unter Berücksichtigung der Betätigungsarten und -richtungen wurde systematisch nach dem geometrischen Freiheitsgrad der Variationen analysiert und systematisiert (s. Abb. 3 und 4).



Abb. 2: Abstrakte Darstellung der funktional betrachteten Betätigungsflächen und deren Zuordnung zu realen Stellteilen, nach (Petrov, Maier, 2009a)

Dadurch lassen sich Kombinationen von Variationen der Teilgestaltmerkmale wie z. B. Neigung der Betätigungsflächen, Kantenlängen sowie Ausprägung der Kantenverrundungen bei der Erstellung der Konzeptvarianten von adaptiv variablen Stellteilen ableiten.

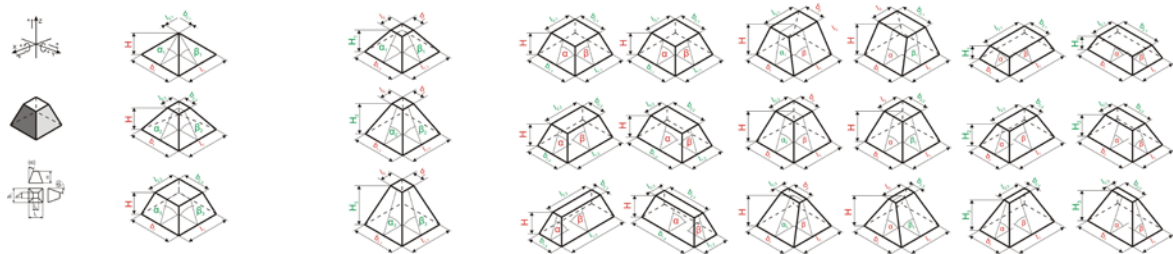


Abb. 3: Variation des geometrischen Freiheitsgrades von Betätigungsflächen, funktionale Betrachtung am Beispiel eines Pyramidenstumpfes, (Petrov, Maier, 2009b)

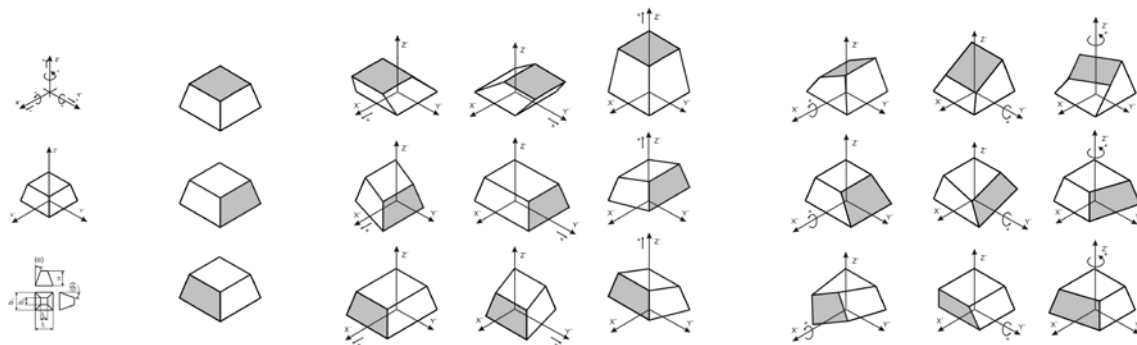


Abb. 4: Variation der Anordnung von lokalen Betätigungsflächen, funktionale Betrachtung am Beispiel eines Pyramidenstumpfes, (Petrov, Maier, 2009b)

### Untersuchung zur Erkennung des Unterscheidungsfaktors











Durch diese Untersuchung wurde der Stufensprung der geometrisch gestuften Teilgestaltmerkmale von rudimentären Stellteil-Mustern festgestellt. Durch aktives Abtasten ohne visuellen Kontakt mit dem Versuchsobjekt, wurde die Versuchsperson gefragt, ob ein geometrischer Unterschied beim paarweisen Vergleich wahrgenommen und erkannt wird.

### Versuchsaufbau, -bedingungen und -design

Tab. 1 umfasst die gestuften Reihen der untersuchten rudimentären Stellteil-Muster und deren normierten Stufungen - R10, R13, R20, R40 -, die den gerundeten Werten 1,26; 1,19; 1,12 und

1,06 entsprechen, (Kienzle, 1950). Das als Referenz bezeichnete Muster wurde in randomisierter Reihenfolge mit den einzelnen Stufungen verglichen und vom Probanden als *größer, eher etwas größer, gleich, eher etwas kleiner* oder *kleiner* bewertet. In der Datenauswertung wurden den Bewertungen von *größer* bis *kleiner* die Werte 1 bis 5 zugeordnet.

Tab. 1: Gestufte Geometrie der rudimentären Muster, Auszug

Nr.	Referenz	R40	R20	R13	R10
1					
2					

Die Versuchsperson war durch eine Trennwand vom Versuchsfeld getrennt. Durch die Öffnung im unteren Bereich der Trennwand konnte die Versuchsperson die Versuchsobjekte ohne visuellen Kontakt, im Sitzen, mit Zwei- bis Vierfingerzufassungsgriff abtasten (s. Abb. 5). Während des Abtastvorgangs des Muster-Paars wurde keine zeitliche Begrenzung eingeführt.

Als unabhängige Variablen wurden die gestufte Geometrie sowie die prismatische und rotationssymmetrische Form der Stellteilmuster festgelegt und als abhängige Variable die Erkennung des geometrischen Unterschiedes beim aktiven Abtasten.



Abb. 5: Versuchsumgebung und Versuchsbedingungen mit Probanden

## Versuchsergebnisse

Sechs Reihen mit jeweils fünf rudimentären Mustern wurden durch 15 Versuchspersonen untersucht, wodurch 360 paarweise Vergleiche entstanden. Als Versuchspersonen nahmen 15 Studenten (7 weibliche und 8 männliche Versuchspersonen, mit mittlerem Alter - 25,5 Jahre, jüngste VP - 23 Jahre, älteste VP - 28 Jahre) an der Untersuchung teil; durchschnittliche Dauer der Untersuchung - ca. 45 min pro Versuchsperson.

Die erfassten Daten wurden mit dem T-Test im Statistikprogramm SPSS ausgewertet. Die Erkennung des geometrischen Unterschiedes der Muster mit R13 gestufter Geometrie konnte als hochsignifikant nachgewiesen werden ( $p < 0,001$ ). Durch univariate einfaktorielle Varianzanalyse konnte kein signifikanter Einfluss des Geschlechts auf die Ergebnisse festgestellt werden.

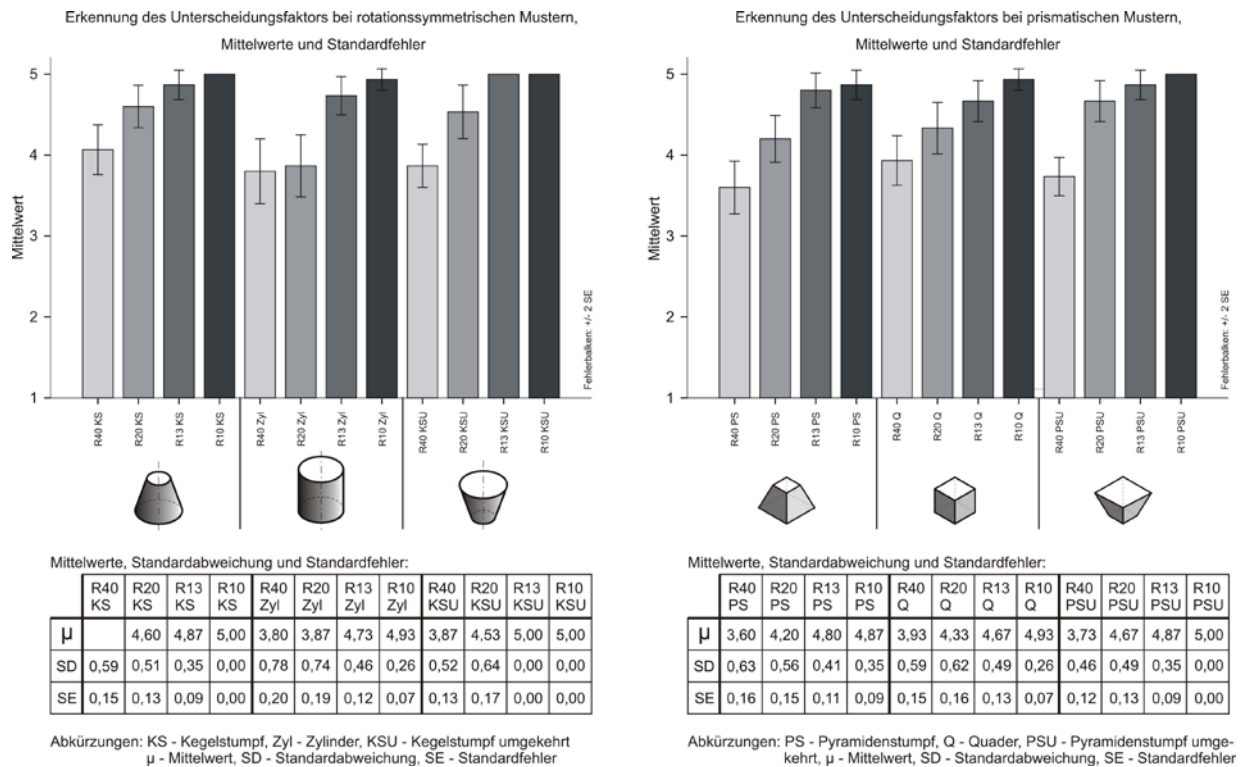


Abb. 6: Ergebnisse der Untersuchung des Unterscheidungsfaktors

### Untersuchung zur Erkennung des Formüberganges (Merkmalsvariation)

Durch diese Untersuchung wurde die Höhe der Ausprägung der geometrisch gestuften Kantenverrundungen von rudimentären Stellteil-Mustern festgestellt. Durch aktives Abtasten der nacheinander liegenden Stellteil-Muster, ohne visuellen Kontakt mit dem Versuchsobjekt, wurde untersucht, ab welchem Reihenglied ein Formunterschied, ausgelöst durch die Ausprägung der Kantenverrundungen, wahrgenommen und erkannt wird.

### Versuchsaufbau, -bedingungen und -design

Versuchsaufbau und -bedingungen blieben gleich wie bei der ersten Untersuchung. In Abb. 7 sind die untersuchten Reihen, bestehend aus rotationssymmetrischen (Zylinder und umgekehrter Kegelstumpf) und prismatischen (Quader und umgekehrter Pyramidenstumpf) rudimentären Mustern mit gestuften Kantenverrundungen und konstantem Volumen abgebildet.

Als unabhängige Variablen wurden die gestuften tangential- und nicht tangentialverlaufenden Kantenverrundungen sowie die prismatische und rotationssymmetrische Form der Stellteilmuster festgelegt und als abhängige Variable die Erkennung des Formunterschiedes beim aktiven Abtasten zwischen einem Stellteilmuster und dem davor liegenden.



Abb. 7: Rudimentäre Muster mit gestuften tangential- und nicht tangential verlaufenden Kantenverrundungen, zwei Reihen mit R10 Stufung - oben - und 4 Reihen mit R13 Stufung - unten

### Versuchsergebnisse

Es wurden sechs Reihen mit 20 (R13 Stufung), 19 (R13 Stufung) und 14 (R10 Stufung) rudimentären Mustern durch 15 Versuchspersonen untersucht. Dabei wurden insgesamt 659 paarweise Vergleiche absolviert - 543 beim Formübergang - prismatisch zu rotationssymmetrisch und 116 beim Übergang - rotationssymmetrisch zu prismatisch. Als Versuchspersonen nahmen 15 Studenten (7 weibliche und 8 männliche Versuchspersonen, mit mittlerem Alter - 25,5 Jahre, jüngste VP - 21 Jahre, älteste VP - 33 Jahre) an der Untersuchung teil; durchschnittliche Dauer der Untersuchung - ca. 40 min pro Versuchsperson. Für die Auswertung wurden vier Bereiche der Variationen der Kantenverrundungen innerhalb der Reihen gebildet, zu denen die Ergebnisse der Untersuchung zugeordnet sind (s. Tab. 2).

Die Erkennung des Formüberganges im Bereich 2 der Verrundungen (s. Tab. 2) 1,2 mm bis 2,5 mm der Muster konnte mit dem T-Test als hochsignifikant ( $p < 0,001$ ) nachgewiesen werden (s. Abb. 8). Dies betrifft sowohl die tangential als auch die nicht tangential verlaufenden Kantenverrundungen. Ausnahme ist die Erkennung des Formüberganges beim Quader mit tangential verlaufender Verrundung, der in der untersuchten Reihe früher erkannt wurde ( $\mu = 1,60$ ). Durch univariate einfaktorielle Varianzanalyse konnte kein signifikanter Einfluss des Geschlechts auf die Ergebnisse festgestellt werden.

Tab. 2: Ordinalskala der Gruppenbildung nach Wertebereichen der Verrundungen

Stufungen	Bereiche			
	1	2	3	4
Verrundungen R13 [mm]	0,5 bis 1,0	1,2 bis 2,4	2,8 bis 5,6	6,7 bis 11,2
Verrundungen R10 [mm]	0,5 bis 1,0	1,3 bis 2,5	3,2 bis 6,3	7,9 bis 10,0

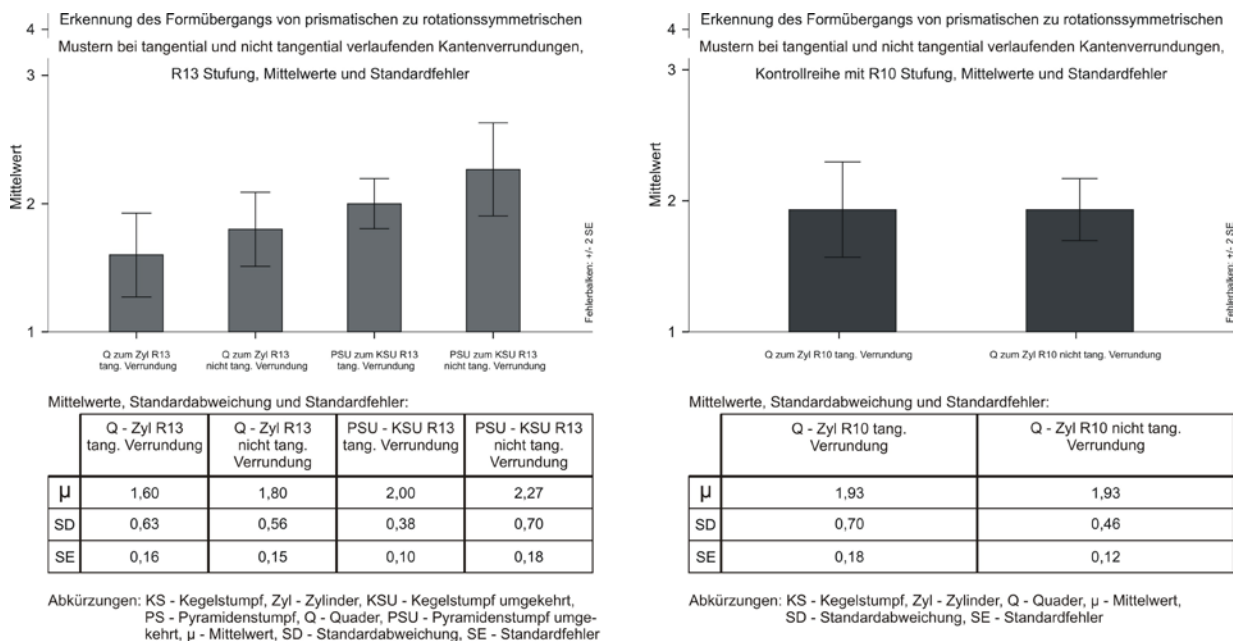


Abb. 8: Ergebnisse der Untersuchung des Formüberganges durch Merkmalsvariation

### Fazit und Ausblick

Durch die Ergebnisse der ersten Untersuchung wurde der geometrische Unterscheidungsfaktor 1,19 (R13) festgestellt und wird bei den Variationen der Geometrie (z. B. Abstände zwischen Betätigungsflächen) von funktionsfähigen adaptiv variablen Stellteilen im Weiteren verwendet.



Aus den Ergebnissen der zweiten Untersuchung wurde der Ausgangsbereich (1,2 mm bis 2,5 mm), in dem der Formübergang (prismatisch zu rotationssymmetrisch) durch gestufte Kantenverrundungen erkannt wird, abgeleitet. Dies dient als Basis für die Festlegung der aufbau- und formbezogenen Randbedingungen bei der Konzeption von adaptiv variablen Stellteilen.

Eine weitere Untersuchung zum Präzisieren des Wertes des Ausgangsbereichs des Formübergangs ist in Planung.

## Literatur

- Grunwald, M.; Beyer, L. (2001). *Der bewegte Sinn*. Basel, Schweiz: Birkhäuser Verlag.
- Kienzle, O. (1950): *Normungszahlen*. Berlin: Springer Verlag.
- Petrov, A.; Maier, T. (2008). *Neue adaptive Bediensysteme im Fahrzeugcockpit - Interfacedesign mit selbsterklärender Bedienung*. In 54. Kongress der Gesellschaft für Arbeitswissenschaft (S. 129-132). München: TU München.
- Petrov, A., Maier, T. (2009a). *Neue Stellteile - ein Blick in die Zukunft*. In: Human Machine Interaction Design - Von der Usability zur nutzergerechten Gestaltung (S. 119-128). Stuttgart: IKTD, Universität Stuttgart.
- Petrov, A., Maier, T. (2009b). *Innovative adaptive Stellteile - Analyse der funktionalen und formalen Eigenschaften*. In Innovation durch Design - Technisches Design in Forschung, Lehre und Praxis, 3. Symposium Technisches Design Dresden (S. 81-90). Dresden: TU Dresden.
- Pfeffer, St. (2007). *Wahrnehmungspsychologische Untersuchung zum Thema visueller, haptischer und akustischer Kanal*. Studienarbeit. Stuttgart: IKTD, Universität Stuttgart.
- Schmidt, R. F.; Lang, F. (2007). *Physiologie des Menschen*. 30. neu bearbeitete und aktualisierte Auflage. Heidelberg: Springer Medizin Verlag.
- Schmid, M.; Petrov, A.; Maier, T. (2008a). HMI with Adaptive Control Elements. *ATZ autotechnology*, Volume 8, 50-55.
- Schmid, M.; Petrov, A.; Maier, T. (2008b). *User-friendly interface design with new adaptive operating systems in vehicle cockpits*. In 8. Internationales Stuttgarter Symposium Automobil- und Motorentechnik, Band 2 (S. 165-179). Stuttgart: FKFS, Universität Stuttgart.