

Inhaltsverzeichnis

1	Einführung	1
1.1	Kennfeldanwendungen in der Kfz-Technik	1
1.2	Stand der Forschung	1
1.2.1	Rasterkennfelder für Kfz-Anwendungen	2
1.2.2	Beschränkungen herkömmlicher Rasterkennfelder	4
1.3	Zielsetzung und Aufbau der Arbeit	5
2	Das Rasterkennfeld als Informationsträger in Kfz-Steuergeräten	8
2.1	Grundsätzlicher Aufbau	8
2.2	Berechnung des Funktionswertes am Arbeitspunkt	10
2.2.1	Lineare Interpolation im Rasterkennfeld	11
2.2.2	Rekursive Berechnung des Interpolationswertes	12
2.3	Inverser Kennfeldzugriff	15
2.3.1	Rechnerische Invertierung	15
2.3.2	Beschleunigung des Inverszugriffs	16
2.3.3	Zusätzliches Abspeichern des inversen Rasterkennfeldes	17
2.4	Adaptionsverfahren für Rasterkennfelder	18
2.5	Bewertung	20
3	Mehrdimensionale lernfähige Kennfelder	21
3.1	Das Assoziativspeichersystem AMS	21
3.2	Der mathematisch motivierte Assoziativspeicher MIAS	22
3.3	Folgerungen für die Anwendung im Kfz	24
4	Ein Assoziativkennfeld für Kfz-Anwendungen	26
4.1	Auflösen der rasterförmigen Stützstellenanordnung	26
4.2	Auswahl geeigneter Interpolationsstützstellen	28
4.3	Verfahren zur Beschleunigung des Kennfeldzugriffs	34
4.3.1	Dynamische orthogonale Segmentierung	34
4.3.2	Dynamische Klassifikation in Merkmalsgebiete	38
4.3.3	Verkettung benachbarter Stützstellen	42

4.4	Interpolationsverfahren	48
4.4.1	Inverser Kennfeldzugriff	55
4.5	Zusammenfassung	57
5	Hardwarerealisierung des Assoziativkennfeldes	58
5.1	Realisierung mit käuflichen inhaltsadressierbaren Speichern	58
5.1.1	Parallele, unscharfe Suche	59
5.1.2	Geeignete Zahlencodierung	60
5.1.3	Nutzbares Suchintervall	60
5.1.4	Dynamische Anpassung der Suchintervallgröße	62
5.2	Anwendungsspezifische Hardwarerealisierung	63
5.3	Zusammenfassung	64
6	Lernende Systeme in der Kfz-Technik	65
6.1	Korrekturdaten-Vorverarbeitung	70
6.1.1	Stationärphasen- und Lernzeitpunktbestimmung	70
6.1.2	Filterung und Korrekturdatenverdichtung	73
6.2	Kompensation global wirksamer Einflüsse	75
6.3	Kompensation lokaler Veränderungen, Strukturanpassung	77
6.3.1	Strukturanpassung durch Korrektur vorhandener Stützstellen	78
6.3.2	Strukturanpassung durch Eintragen neuer Stützstellen	83
6.4	Kombination der Adaptionmechanismen zur Online-Kennfeldanpassung	88
6.5	Lernen in dynamischen Betriebszuständen	91
6.6	Konvergenz und Stabilität	93
6.7	Zusammenfassung	95
7	Erprobung und Optimierung der Verfahren	96
7.1	Die Entwicklungsumgebung	96
7.2	Der Pilotprozeß	99
7.2.1	Der Antriebsschlupfregler	99
7.2.2	Ausstattung des Versuchsfahrzeugs	100
7.3	Erstellen eines Assoziativkennfeldes	101

7.3.1	Normieren der Meßdaten	102
7.3.2	Automatische Stützstellengenerierung	102
7.3.3	Kennfeldstrukturierung zur Zugriffsbeschleunigung	107
7.4	Leistungsdaten der Kennfeldstrukturen	111
7.4.1	Zugriffsgeschwindigkeit	111
7.4.2	Speicherbedarf	112
7.5	Erlernen einer Kennfeldveränderung	116
7.5.1	Systematische Untersuchungen mit synthetischen Simulations- daten	116
7.5.2	Untersuchungen mit Original-Fahrzeugdaten	130
7.5.3	Erlernen des dynamischen Prozeßverhaltens	138
7.6	Zusammenfassung der Ergebnisse	143
8	Zusammenfassung und Ausblick	144
8.1	Die assoziative Kennfeldstruktur	144
8.2	Anwendungshinweise und Bewertung der Einsatzmöglichkeiten	145
8.3	Weiterführende Untersuchungen	146
Anhang A		148
A.1	Sollkennfelder	148
A.2	Fehlermaße	151
Anhang B		153
	Normalisierter LMS-Lernalgorithmus	153
Literaturverzeichnis		155