

Dipl.-Ing. Martin Hermann Ostertag,  
Baden-Dättwil

# **Strukturierte Optimierung von Airbag-Auslösesystemen**

Reihe **12**: Verkehrstechnik/  
Fahrzeugtechnik

Nr. **280**

# Inhaltsverzeichnis

|  |    |
|--|----|
| 1. Einleitung .....  | 1  |
| 2. Strukturierte Optimierung technischer Systeme .....                     | 4  |
| 2.1. Schritte bei der Optimierung technischer Systeme .....                | 4  |
| 2.2. Analyse der Aufgabenstellung .....                                    | 7  |
| 2.3. Aufstellen geeigneter Gütekriterien und Zielfunktionen .....          | 12 |
| 2.4. Auswahl der Lösungsstruktur .....                                     | 16 |
| 2.5. Weitere Schritte .....  | 18 |
| 2.5.1. Auswahl der Steuerparameter .....                                   | 18 |
| 2.5.2. Wahl des Optimierungsverfahrens und der Strategieparameter.....     | 19 |
| 2.5.3. Durchführen der Optimierung .....                                   | 21 |
| 2.6. Bewertung der dargestellten Vorgehensweise.....                       | 22 |
| 3. Optimierungsverfahren.....  | 24 |
| 3.1. Verfahren zur nichtlinearen skalaren Optimierung .....                | 25 |
| 3.1.1. Deterministische Verfahren für kontinuierliche Parameter.....       | 26 |
| 3.1.2. Deterministische Verfahren für diskrete Parameter .....             | 31 |
| 3.1.3. Stochastische Optimierungsverfahren .....                           | 32 |
| 3.1.4. Vergleich der Optimierungsverfahren .....                           | 37 |
| 3.2. Vektoroptimierung .....   | 39 |
| 4. Optimierungsverfahren nach dem Vorbild der biologischen Evolution ..... | 43 |
| 4.1. Verfahrenselemente .....  | 44 |
| 4.2. Evolutionsstrategien .....  | 51 |
| 4.2.1. Klassische Ansätze.....   | 51 |
| 4.2.2. Die Evolutionsstrategie nach Kahlert.....                           | 53 |
| 4.2.3. Neue Verfahrenselemente für Evolutionsstrategien.....               | 56 |
| 4.3. Genetische Algorithmen.....   | 60 |
| 4.3.1. Prinzipieller Aufbau Genetischer Algorithmen .....                  | 61 |
| 4.4. Weitere Optimierungsstrategien .....                                  | 63 |
| 4.5. Vergleich .....   | 63 |
| 4.6. Optimierung diskret-kontinuierlicher Steuerparameter.....             | 64 |
| 5. Analyse der Aufgabenstellung "Crashererkennung" .....                   | 67 |
| 5.1. Ziele bei der Kfz-Crashererkennung .....                              | 68 |
| 5.1.1. Crashtests .....  | 69 |
| 5.1.2. Anforderungen an Crashererkennungsalgorithmen.....                  | 71 |
| 5.1.3. Mögliche Lösungsstrukturen.....                                     | 73 |
| 5.2. Festlegung geeigneter Gütekriterien und Zielfunktionen .....          | 75 |
| 5.2.1. Abbildung der Grundanforderungen an den Erkennungsalgorithmus... .. | 75 |
| 5.2.2. Charakter der Zielfunktion für das Auslöseverhalten .....           | 78 |
| 5.2.3. Erfassen weiterer Anforderungen für den Erkennungsalgorithmus ..... | 80 |
| 5.2.4. Gütekriterien für die Merkmalsauswahl .....                         | 81 |
| 5.3. Wahl der Lösungsstrukturen .....                                      | 84 |
| 5.4. Auswahl der Optimierungsverfahren .....                               | 85 |

|   |     |
|---|-----|
| 6. Optimierung eines Schwellwert-Crashererkennungsalgorithmus .....         | 86  |
| 6.1. Algorithmenstruktur.....   | 86  |
| 6.2. Auswahl geeigneter Merkmale .....                                      | 88  |
| 6.2.1. Merkmale für die Zündzeitpunktbestimmung.....                        | 88  |
| 6.2.2. Merkmale für die Fire-NoFire-Trennung .....                          | 90  |
| 6.3. Skalare Optimierung .....  | 94  |
| 6.3.1. Festlegung der Strategieparameter .....                              | 94  |
| 6.3.2. Durchführen der Optimierung .....                                    | 95  |
| 6.4. Vektorielle Optimierung.....   | 99  |
| 6.4.1. Gütekriterien und Zielfunktion zur Erfassung der Robustheit.....     | 99  |
| 6.4.2. Durchführen der Vektoroptimierung .....                              | 102 |
| 6.5. Ergebnisse für Fahrzeugtyp F2.....                                     | 105 |
| 6.6. Zusammenfassung.....   | 107 |
| 7. Optimierung eines Fuzzy-Algorithmus zur Crashererkennung.....            | 108 |
| 7.1. Struktur des Fuzzy-Systems.....  | 109 |
| 7.2. Codierung des Fuzzy-Systems und Auswahl der Steuerparameter.....       | 110 |
| 7.3. Durchführung und Ergebnisse der Optimierung des Fuzzy-Systems.....     | 116 |
| 8. Zusammenfassung.....   | 120 |
| Anhang .....  | 122 |
| Anhang A: Beweis zur Einführung der korrelierten Mutation .....             | 122 |
| Anhang B: Bestimmung der Eigenwerte der gebildeten Korrelationsmatrix ..... | 124 |
| Anhang C: Versuchsdaten der verwendeten Fahrzeugtypen F1 und F2 .....       | 128 |
| Anhang D: Schrittweitanpassung (Evolutionstrategie nach Kahlert) .....      | 130 |
| Anhang E: Ergebnisse zur Robustheit für F1 .....                            | 132 |
| Anhang F: Ergebnisse zur Robustheit für F2 .....                            | 133 |
| Literatur .....   | 135 |