

# Inhaltsverzeichnis

|                                                                       |    |
|-----------------------------------------------------------------------|----|
| <b>1 Die Welt des FTS</b>                                             | 1  |
| 1.1 Wording                                                           | 1  |
| 1.2 Motivation für das FTS                                            | 2  |
| 1.2.1 Das FTS in Produktion und Dienstleistung                        | 4  |
| 1.2.2 FTS als Organisationsmittel                                     | 6  |
| 1.2.3 Argumente für den FTS-Einsatz                                   | 7  |
| 1.3 Die Sache mit der Verantwortung                                   | 9  |
| 1.3.1 Aktuelle Relevanz                                               | 9  |
| 1.3.2 Rechtlicher Rahmen                                              | 10 |
| 1.3.3 Verantwortung des Betreibers                                    | 12 |
| 1.3.4 Technische Sicherheitsaspekte                                   | 13 |
| 1.4 Buzzword Autonomie – Eine berechenbare Größe                      | 15 |
| 1.4.1 Begriffswelt der Autonomie                                      | 16 |
| 1.4.2 Abgrenzung von automatischen und autonomen Funktionen           | 18 |
| 1.4.3 Bestimmung von Autonomie-Index und Anforderungserfüllungs-Index | 27 |
| 1.4.4 Zusammenfassung und Fazit                                       | 30 |
| <b>2 Technologische Standards</b>                                     | 33 |
| 2.1 Navigation und Sicherheit als zentrale Systemfunktionen           | 34 |
| 2.1.1 Navigation                                                      | 34 |
| 2.1.2 Sicherheit                                                      | 51 |
| 2.2 Systemarchitektur des FTS                                         | 62 |
| 2.2.1 FTS-Leitsteuerung                                               | 64 |
| 2.2.2 Exkurs: Standardisierte FTS-Leitsteuerung                       | 74 |
| 2.2.3 Fahrzeugsteuerung                                               | 80 |
| 2.2.4 Mechanische Bewegungskomponenten                                | 84 |
| 2.2.5 Energieversorgung der FTF                                       | 88 |
| 2.3 Das Fahrerlose Transportfahrzeug                                  | 98 |
| 2.3.1 FTF-Kategorien                                                  | 98 |

- 2.4 Umfeld des FTS . . . . . 116
  - 2.4.1 Einsatzumgebung. . . . . 118
  - 2.4.2 Systemspezifische Schnittstellen . . . . . 119
  - 2.4.3 Periphere Schnittstellen . . . . . 122
  - 2.4.4 Mensch und FTF . . . . . 125
- 3 Anwendungsgebiete . . . . . 129
  - 3.1 Aufgabenbezogene Aspekte des FTS-Einsatzes . . . . . 130
    - 3.1.1 Das FTS in Produktion und Dienstleistung . . . . . 130
    - 3.1.2 FTS als Organisationsmittel. . . . . 134
    - 3.1.3 Argumente für den FTS-Einsatz . . . . . 135
    - 3.1.4 Mischbetrieb von mannbedienten FFZ und FTF . . . . . 137
    - 3.1.5 FTS im Taxibetrieb . . . . . 140
    - 3.1.6 Fließlinienbetrieb und der Fokus auf die Serienmontage . . . . . 141
    - 3.1.7 Lagern und Kommissionieren . . . . . 141
  - 3.2 Branchenbezogene Aspekte und Beispiele . . . . . 144
    - 3.2.1 Automobil- und Zulieferindustrie . . . . . 145
    - 3.2.2 Papiererzeugung und -verarbeitung . . . . . 162
    - 3.2.3 Elektroindustrie . . . . . 165
    - 3.2.4 Getränke-/Lebensmittelindustrie . . . . . 167
    - 3.2.5 Baustoffe . . . . . 180
    - 3.2.6 Stahlindustrie . . . . . 182
    - 3.2.7 FTS zur Rohmaterialversorgung in der Kunststoffspritzgießfertigung . . . . . 188
    - 3.2.8 Innerbetriebliche Transporte von Glas- und Keramikprodukten mittels FTS. . . . . 191
    - 3.2.9 Kliniklogistik . . . . . 193
    - 3.2.10 Luftfahrt- und Zulieferindustrie. . . . . 202
    - 3.2.11 Anlagenbau . . . . . 206
    - 3.2.12 Lager- und Transportlogistik . . . . . 207
  - 3.3 Außeneinsatz (Outdoor-FTF). . . . . 214
    - 3.3.1 Sicherheit im Außenbereich. . . . . 217
    - 3.3.2 Navigation im Außenbereich. . . . . 225
    - 3.3.3 Zusammenfassung . . . . . 227
  - 3.4 Automatische Be- und Entladung von Lkw mit FTF. . . . . 228
  - 3.5 Automatischer Routenzug . . . . . 232
- 4 Die ganzheitliche FTS-Planung . . . . . 243
  - 4.1 Die Bedeutung der Planung in FTS-Projekten. . . . . 244
    - 4.1.1 FTS-Unternehmensstrategie . . . . . 247
    - 4.1.2 Ressourcen-bestimmende Kriterien. . . . . 250
    - 4.1.3 Rollen und Akteure für erfolgreiche FTS-Projekte . . . . . 251
  - 4.2 Planungsschritte . . . . . 255

---

|          |                                                                                            |            |
|----------|--------------------------------------------------------------------------------------------|------------|
| 4.2.1    | Systemfindung . . . . .                                                                    | 256        |
| 4.2.2    | System-Ausplanung . . . . .                                                                | 262        |
| 4.2.3    | Beschaffung . . . . .                                                                      | 270        |
| 4.2.4    | Betriebsplanung . . . . .                                                                  | 275        |
| 4.2.5    | Änderungsplanung . . . . .                                                                 | 276        |
| 4.2.6    | Außerbetriebsetzung . . . . .                                                              | 277        |
| 4.3      | Unterstützung bei der Planung . . . . .                                                    | 277        |
| 4.4      | Zehn Schlüsselfaktoren für erfolgreiche FTS-Projekte . . . . .                             | 284        |
| 4.4.1    | Ganzheitliches Verständnis für das Projekt und Konzeption<br>mit Weitblick . . . . .       | 284        |
| 4.4.2    | Technische Auslegung versus technischer Anspruch. . . . .                                  | 285        |
| 4.4.3    | Starkes Lastenheft als technische Grundlage des Projekts . . . . .                         | 285        |
| 4.4.4    | Projektmanager mit Sachverstand hoffentlich auf beiden Seiten. . . . .                     | 285        |
| 4.4.5    | Realistischer Zeitplan mit Meilensteinen. . . . .                                          | 286        |
| 4.4.6    | Integration des FTS in die Peripherie vs. Anpassung der<br>Peripherie an das FTS . . . . . | 287        |
| 4.4.7    | Frühe Integration von AS, IT und Produktion . . . . .                                      | 287        |
| 4.4.8    | Besprechungskultur . . . . .                                                               | 288        |
| 4.4.9    | Vereinbarte AbnahmeprozEDUREN. . . . .                                                     | 289        |
| 4.4.10   | Fairer Umgang miteinander . . . . .                                                        | 289        |
| <b>5</b> | <b>Geschichte der Fahrerlosen Transportsysteme . . . . .</b>                               | <b>291</b> |
| 5.1      | Die erste FTS-Epoche – Idee und Umsetzung. . . . .                                         | 292        |
| 5.1.1    | Die ersten europäischen Unternehmen . . . . .                                              | 295        |
| 5.1.2    | Frühe Technik und Aufgabenstellungen . . . . .                                             | 295        |
| 5.2      | Die zweite Epoche – Automatisierungseuphorie. . . . .                                      | 298        |
| 5.2.1    | Fortschritte in der Technologie . . . . .                                                  | 298        |
| 5.2.2    | Große Projekte in der Automobilindustrie. . . . .                                          | 299        |
| 5.2.3    | Der große Knall . . . . .                                                                  | 300        |
| 5.3      | Die dritte Epoche – Gestandene Technik für die Intralogistik. . . . .                      | 303        |
| 5.4      | Die vierte Epoche – Das FTS erweitert den Wirkungskreis . . . . .                          | 311        |
| 5.4.1    | Neue Märkte. . . . .                                                                       | 312        |
| 5.4.2    | Neue Funktionen und Technologien . . . . .                                                 | 318        |
|          | <b>Stichwortverzeichnis. . . . .</b>                                                       | <b>321</b> |