

## Inhaltsverzeichnis

|                                                               |      |
|---------------------------------------------------------------|------|
| Vorwort.....                                                  | III  |
| Abkürzungsverzeichnis.....                                    | VIII |
| Variablenverzeichnis .....                                    | X    |
| Kurzfassung .....                                             | XII  |
| Abstract.....                                                 | XIII |
| 1 Einführung.....                                             | 1    |
| 1.1 Ausgangssituation.....                                    | 1    |
| 1.2 Zielsetzung.....                                          | 3    |
| 1.3 Forschungsfrage .....                                     | 4    |
| 1.4 Methodik .....                                            | 4    |
| 1.5 Untersuchungsrahmen .....                                 | 5    |
| 2 Stand der Technik .....                                     | 7    |
| 2.1 Kreislaufwirtschaft .....                                 | 7    |
| 2.2 Kunststoffschwellen.....                                  | 8    |
| 2.3 Komposit-Materialien.....                                 | 11   |
| 2.4 Feste Fahrbahn.....                                       | 11   |
| 2.4.1 Bauarten .....                                          | 16   |
| 2.4.2 Systeme mit einbetonierten Schwellen .....              | 19   |
| 2.4.3 Systeme mit Fertigteilplatten .....                     | 20   |
| 2.4.4 Systeme mit aufgelagerten Schwellen.....                | 21   |
| 2.4.5 Systeme mit Einzelstützpunkten.....                     | 25   |
| 2.4.6 Systeme mit kontinuierlich aufgelagerten Schienen ..... | 25   |
| 2.5 Nachhaltigkeit der FF .....                               | 26   |
| 2.6 Oberbauberechnung .....                                   | 27   |
| 2.6.1 Theorie des elastisch gebetteten Balkens .....          | 27   |
| 2.7 Bemessung der Festen Fahrbahn .....                       | 33   |
| 3 Systementwurf eines kreislauffähigen FF-Systems .....       | 35   |
| 3.1 Materialentwicklung.....                                  | 35   |

|       |                                                                        |     |
|-------|------------------------------------------------------------------------|-----|
| 3.2   | Entscheidung für ein aufgelagertes Feste Fahrbahn-System .....         | 39  |
| 3.3   | Materialeigenschaften .....                                            | 42  |
| 3.3.1 | Zug- und Druckeigenschaften .....                                      | 42  |
| 3.3.2 | Biegeeigenschaften.....                                                | 47  |
| 3.4   | Tragfähigkeit des Materials .....                                      | 51  |
| 3.4.1 | Grenzzustand der Tragfähigkeit .....                                   | 51  |
| 3.4.2 | Dynamische Dauerfestigkeit.....                                        | 52  |
| 3.5   | Systemaufbau .....                                                     | 55  |
| 4     | Bemessung .....                                                        | 59  |
| 4.1   | Abgrenzung des Untersuchungsrahmens.....                               | 59  |
| 4.2   | Analytische Berechnung der Tragschichten .....                         | 59  |
| 4.2.1 | Materialparameter Asphalttragschicht (ATS) .....                       | 59  |
| 4.2.2 | Materialparameter hydraulisch gebundene Tragschicht (HGT).....         | 60  |
| 4.2.3 | Berechnung.....                                                        | 60  |
| 4.3   | Bemessung der aufgelagerten Komposit-Schwelle.....                     | 69  |
| 4.3.1 | Materialparameter Polymer-Komposit-Schwelle .....                      | 69  |
| 4.3.2 | Berechnung.....                                                        | 69  |
| 5     | Numerische Analyse mittels Finite-Elemente-Methode (FEM).....          | 78  |
| 5.1   | Modellbildung .....                                                    | 80  |
| 5.2   | Validierung gegenüber der analytischen Berechnung.....                 | 84  |
| 5.3   | Analyse der Tragschichten .....                                        | 86  |
| 5.4   | Analyse der aufgelagerten Bauteile.....                                | 89  |
| 5.4.1 | FE-Analyse der Schwelle auf FF-Tragschichten mit vollem Verbund.....   | 90  |
| 5.4.2 | FE-Analyse der Schwelle auf FF-Tragschichten ohne vollen Verbund ..... | 91  |
| 5.5   | Gesamtanalyse .....                                                    | 94  |
| 5.5.1 | Analyse der HGT.....                                                   | 94  |
| 5.5.2 | Analyse der ATS .....                                                  | 97  |
| 5.6   | Analyse größerer Komposit-Blöcke .....                                 | 100 |
| 5.7   | Laterale Analyse .....                                                 | 103 |

|         |                                                   |     |
|---------|---------------------------------------------------|-----|
| 6       | Laborversuch zur Validierung .....                | 106 |
| 6.1     | Allgemeines.....                                  | 106 |
| 6.2     | Versuchsaufbau .....                              | 106 |
| 6.3     | Versuchsdurchführung .....                        | 108 |
| 6.4     | Versuchsergebnisse.....                           | 111 |
| 7       | Extremwert-Analyse .....                          | 114 |
| 7.1     | Analyse verschiedener Komposit-Parameter.....     | 114 |
| 7.2     | Analyse weiterer Tragschicht-Konfigurationen..... | 118 |
| 8       | Ergebnisse und Diskussion .....                   | 119 |
| 8.1     | Ergebnisse .....                                  | 119 |
| 8.2     | Bedeutung.....                                    | 121 |
| 8.3     | Ableitung allgemeiner Anforderungen.....          | 122 |
| 8.3.1   | Untergrund .....                                  | 122 |
| 8.3.2   | Tragschichten.....                                | 122 |
| 8.3.3   | Komposit.....                                     | 122 |
| 8.3.3.1 | Verwitterungsbeständigkeit .....                  | 122 |
| 8.3.3.2 | Dynamische Dauerhaftigkeit.....                   | 123 |
| 8.3.3.3 | Spurhaltefähigkeit .....                          | 123 |
| 8.3.4   | Schienenbefestigung.....                          | 123 |
| 8.4     | Kritische Würdigung .....                         | 123 |
| 8.5     | Ausblick.....                                     | 124 |
| 8.6     | Patentierung.....                                 | 128 |
| 9       | Zusammenfassung.....                              | 129 |
| 10      | Literaturverzeichnis.....                         | 131 |
| 11      | Anlagen .....                                     | 138 |