

# Inhaltsverzeichnis

|                                                           |             |
|-----------------------------------------------------------|-------------|
| <b>Nomenklatur</b>                                        | <b>VIII</b> |
| <b>1 Einleitung</b>                                       | <b>1</b>    |
| 1.1 Stand der Forschung . . . . .                         | 6           |
| 1.1.1 Experimentelle Untersuchung der Trocknung . . . . . | 6           |
| 1.1.2 Modellierung der Trocknung . . . . .                | 9           |
| 1.1.3 Untersuchungen zur Strahlungstrocknung . . . . .    | 12          |
| 1.2 Zielsetzung dieser Arbeit . . . . .                   | 12          |
| <b>2 Experimenteller Aufbau</b>                           | <b>15</b>   |
| 2.1 Versuchsaufbau . . . . .                              | 16          |
| 2.2 Messtechnik . . . . .                                 | 20          |
| 2.2.1 Temperaturmessung . . . . .                         | 20          |
| 2.2.2 Feuchtemessung . . . . .                            | 22          |
| 2.2.3 Messung des Luftvolumenstroms . . . . .             | 22          |
| 2.2.4 Messung der Masse der Lackschicht . . . . .         | 23          |
| 2.2.5 Schichtdicke . . . . .                              | 24          |
| 2.2.6 Messwerterfassung und Auswertung . . . . .          | 24          |
| <b>3 Theoretische Grundlagen und Modellbildung</b>        | <b>25</b>   |
| 3.1 Stofftransport . . . . .                              | 25          |
| 3.1.1 Filmseitiger Stofftransport . . . . .               | 27          |
| 3.1.2 Randbedingungen für den Stofftransport . . . . .    | 33          |
| 3.1.3 Anfangsbedingungen für den Stofftransport . . . . . | 34          |

|          |                                                                    |           |
|----------|--------------------------------------------------------------------|-----------|
| 3.1.4    | Phasengrenze . . . . .                                             | 35        |
| 3.2      | Energietransport . . . . .                                         | 38        |
| 3.2.1    | Wärmetransport im Substrat und im Lackfilm . . . . .               | 39        |
| 3.2.2    | Energieaustausch mit der Umgebung . . . . .                        | 40        |
| <b>4</b> | <b>Stoffwerte</b>                                                  | <b>46</b> |
| 4.1      | Modelllacke . . . . .                                              | 46        |
| 4.1.1    | Berechnungsformeln für die Stoffwerte des Gemischs . . . . .       | 49        |
| 4.1.2    | Näherungen der Stoffwerte der Reinstoffe . . . . .                 | 50        |
| 4.1.3    | Diffusionskoeffizient . . . . .                                    | 53        |
| 4.1.4    | Flory-Huggins Interaktionsparameter . . . . .                      | 54        |
| 4.2      | Substrat . . . . .                                                 | 57        |
| 4.3      | Gasphase . . . . .                                                 | 58        |
| 4.3.1    | Berechnungsformeln für die Stoffwerte des<br>Gasgemischs . . . . . | 58        |
| 4.3.2    | Näherungen der Stoffwerte der Reinstoffe . . . . .                 | 59        |
| 4.3.3    | Diffusionskoeffizienten in der Gasphase . . . . .                  | 62        |
| <b>5</b> | <b>Nummerisches Verfahren</b>                                      | <b>63</b> |
| 5.1      | Räumliche Diskretisierung der<br>Differenzialgleichungen . . . . . | 64        |
| 5.1.1    | Stoffhaltung . . . . .                                             | 65        |
| 5.1.2    | Energieerhaltung . . . . .                                         | 67        |
| 5.1.3    | Formulierung der Rand- und Übergangsbedingungen . . . . .          | 67        |
| 5.2      | Zeitliche Diskretisierung der<br>Differenzialgleichungen . . . . . | 70        |
| 5.3      | Lösung des linearen Gleichungssystems . . . . .                    | 72        |
| 5.4      | Überprüfung des numerischen Verfahrens . . . . .                   | 73        |
| <b>6</b> | <b>Ergebnisse der Experimente und Simulation</b>                   | <b>79</b> |
| 6.1      | Trocknung einer einzelnen Lackschicht . . . . .                    | 80        |
| 6.1.1    | Einfluss der Lufttemperatur . . . . .                              | 88        |
| 6.1.2    | Einfluss der Luftfeuchte . . . . .                                 | 92        |

|          |                                                                             |            |
|----------|-----------------------------------------------------------------------------|------------|
| 6.1.3    | Einfluss der Schichtdicke . . . . .                                         | 96         |
| 6.1.4    | Vergleich des Trocknungsverhaltens<br>der Modell- und Serienlacke . . . . . | 100        |
| 6.2      | Trocknung nass-in-nass applizierter<br>Lackschichten . . . . .              | 102        |
| 6.3      | Betrachtung für praxisnahe Trocknungs-<br>bedingungen . . . . .             | 108        |
| 6.3.1    | Parameterstudien für die Einschichttrocknung . . . . .                      | 108        |
| 6.3.2    | Besonderheiten für die nass-in-nass Applikation . . . . .                   | 116        |
| <b>7</b> | <b>Zusammenfassung und Ausblick</b>                                         | <b>120</b> |
|          | <b>Literaturverzeichnis</b>                                                 | <b>124</b> |