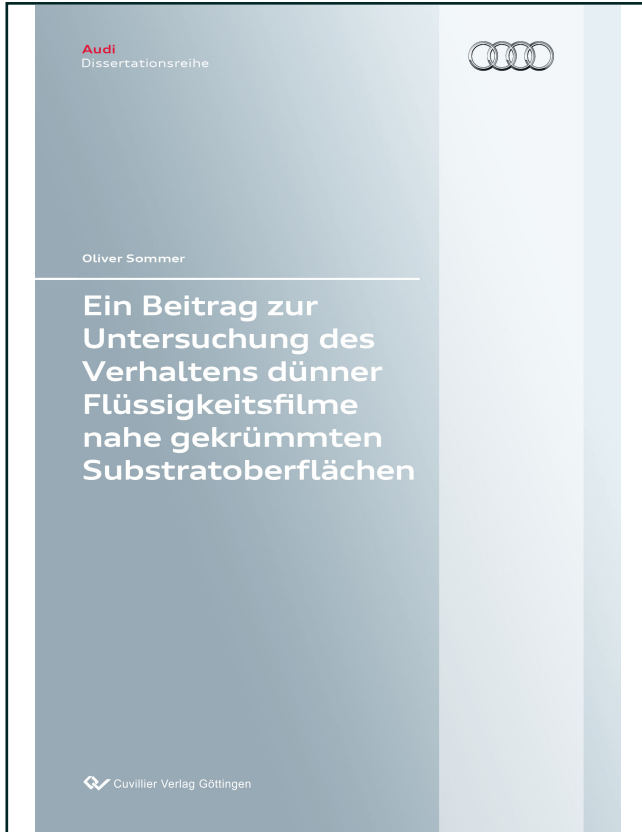




Oliver Sommer (Autor)

## Ein Beitrag zur Untersuchung des Verhaltens dünner Flüssigkeitsfilme nahe gekrümmten Substratoberflächen



<https://cuvillier.de/de/shop/publications/7063>

Copyright:

Cuvillier Verlag, Inhaberin Annette Jentsch-Cuvillier, Nonnenstieg 8, 37075 Göttingen, Germany  
Telefon: +49 (0)551 54724-0, E-Mail: [info@cuvillier.de](mailto:info@cuvillier.de), Website: <https://cuvillier.de>



# Inhaltsverzeichnis

|  |           |
|--|-----------|
| <b>Nomenklatur</b>   | <b>ix</b> |
| <b>1 Einleitung</b>  | <b>1</b>  |
| 1.1 Stand der Forschung und Technik . . . . .                                    | 1         |
| 1.2 Aufgabenstellung und Ziele der Dissertation . . . . .                        | 3         |
| <b>2 Theoretische Grundlagen</b>   | <b>5</b>  |
| 2.1 Messtechnische Grundlagen zur Charakterisierung einer Beschichtung . . . . . | 5         |
| 2.1.1 Invasive Messtechniken . . . . .   | 5         |
| 2.1.2 Non-invasive Messtechniken . . . . .                                       | 6         |
| 2.1.3 Die Fluoreszenz . . . . .  | 7         |
| 2.2 Grundlagen der Strömungsmechanik . . . . .                                   | 8         |
| 2.2.1 Die Viskosität . . . . .   | 11        |
| 2.2.2 Die Oberflächenspannung . . . . .  | 13        |
| 2.2.3 Effekte der kapillardruckgetriebenen Strömung . . . . .                    | 14        |
| 2.2.4 Die Substanzielle Ableitung . . . . .                                      | 17        |
| 2.2.5 Massenerhaltung - die Kontinuitätsgleichung . . . . .                      | 18        |
| 2.2.6 Impulserhaltung - die Navier-Stokes Gleichungen . . . . .                  | 21        |
| 2.3 Grundlagen der numerischen Strömungsmechanik . . . . .                       | 25        |
| 2.3.1 Diskretisierung mit der finiten Volumenmethode . . . . .                   | 27        |
| 2.3.2 Das Volume-of-Fluid Mehrphasenmodell . . . . .                             | 32        |
| <b>3 Experimentelle Beschichtungsversuche</b>                                    | <b>37</b> |
| 3.1 Einfache Vorversuche - Machbarkeitsstudie . . . . .                          | 37        |
| 3.1.1 Laserinduzierte Fluoreszenz mit Rhodamin B . . . . .                       | 37        |
| 3.1.2 Erste Beschichtungsversuche auf dem Standardsubstrat . . . . .             | 43        |
| 3.2 Stoffdatenermittlung . . . . .   | 49        |
| 3.2.1 Dichte . . . . .   | 49        |
| 3.2.2 Oberflächenspannung . . . . .  | 50        |
| 3.2.3 Viskosität . . . . .   | 50        |
| 3.3 Versuchsaufbau und Versuchsablauf . . . . .                                  | 57        |
| 3.4 Versuchsauswertung . . . . .   | 61        |
| 3.5 Einflussparameter und deren Variationen . . . . .                            | 68        |
| 3.6 Fehlerbetrachtung . . . . .  | 69        |



|         |   |     |
|---------|---|-----|
| 3.7     | Parameterstudie . . . . .                                       | 75  |
| 3.7.1   | Stanzblech . . . . .  | 75  |
| 3.7.1.1 | Klarlackgrenzmuster 0 . . . . .                                 | 76  |
| 3.7.1.2 | Klarlackgrenzmuster 1 . . . . .                                 | 79  |
| 3.7.1.3 | Klarlackgrenzmuster 2 . . . . .                                 | 84  |
| 3.7.1.4 | Klarlackgrenzmuster 8 . . . . .                                 | 88  |
| 3.7.1.5 | Klarlackgrenzmuster 9 . . . . .                                 | 92  |
| 3.7.1.6 | Zwischenfazit: Einfluss der Applikationsschichtdicken . . . . . | 96  |
| 3.7.1.7 | Zwischenfazit: Einfluss der Stoffparameter . . . . .            | 98  |
| 3.7.2   | Falzblech A . . . . .   | 111 |
| 3.7.2.1 | Klarlackgrenzmuster 0 . . . . .                                 | 112 |
| 3.7.2.2 | Klarlackgrenzmuster 1 . . . . .                                 | 116 |
| 3.7.2.3 | Klarlackgrenzmuster 2 . . . . .                                 | 119 |
| 3.7.2.4 | Klarlackgrenzmuster 8 . . . . .                                 | 123 |
| 3.7.2.5 | Klarlackgrenzmuster 9 . . . . .                                 | 127 |
| 3.7.2.6 | Zwischenfazit: Einfluss der Applikationsschichtdicken . . . . . | 130 |
| 3.7.2.7 | Zwischenfazit: Einfluss der Stoffparameter . . . . .            | 132 |
| 3.7.3   | Falzblech E . . . . .   | 146 |
| 3.7.3.1 | Klarlackgrenzmuster 0 . . . . .                                 | 147 |
| 3.7.3.2 | Klarlackgrenzmuster 1 . . . . .                                 | 150 |
| 3.7.3.3 | Klarlackgrenzmuster 2 . . . . .                                 | 153 |
| 3.7.3.4 | Klarlackgrenzmuster 8 . . . . .                                 | 156 |
| 3.7.3.5 | Klarlackgrenzmuster 9 . . . . .                                 | 159 |
| 3.7.3.6 | Zwischenfazit: Einfluss der Applikationsschichtdicken . . . . . | 163 |
| 3.7.3.7 | Zwischenfazit: Einfluss der Stoffparameter . . . . .            | 165 |
| 3.7.4   | Biegeblech I . . . . .  | 178 |
| 3.7.4.1 | Klarlackgrenzmuster 0 . . . . .                                 | 179 |
| 3.7.4.2 | Klarlackgrenzmuster 1 . . . . .                                 | 183 |
| 3.7.4.3 | Klarlackgrenzmuster 2 . . . . .                                 | 187 |
| 3.7.4.4 | Klarlackgrenzmuster 8 . . . . .                                 | 190 |
| 3.7.4.5 | Klarlackgrenzmuster 9 . . . . .                                 | 195 |
| 3.7.4.6 | Zwischenfazit: Einfluss der Applikationsschichtdicken . . . . . | 199 |
| 3.7.4.7 | Zwischenfazit: Einfluss der Stoffparameter . . . . .            | 201 |
| 3.7.5   | Biegeblech R . . . . .  | 214 |
| 3.7.5.1 | Klarlackgrenzmuster 0 . . . . .                                 | 215 |
| 3.7.5.2 | Klarlackgrenzmuster 1 . . . . .                                 | 217 |
| 3.7.5.3 | Klarlackgrenzmuster 2 . . . . .                                 | 219 |
| 3.7.5.4 | Klarlackgrenzmuster 8 . . . . .                                 | 220 |
| 3.7.5.5 | Klarlackgrenzmuster 9 . . . . .                                 | 223 |



|          |  |              |
|----------|--|--------------|
| 3.7.5.6  | Zwischenfazit: Einfluss der Applikationsschichtdicken . . . . .  | 224          |
| 3.7.5.7  | Zwischenfazit: Einfluss der Stoffparameter . . . . .             | 225          |
| 3.7.6    | Zwischenfazit: Einfluss des Kantenrundungsradius . . . . .       | 229          |
| <b>4</b> | <b>Numerische Filmsimulation</b>                                 | <b>243</b>   |
| 4.1      | Einfache Vorversuche - Machbarkeitsstudie . . . . .              | 243          |
| 4.2      | Filmsimulation auf dem Blechausschnitt . . . . .                 | 247          |
| 4.2.1    | Preprocessing und Mainprocessing . . . . .                       | 247          |
| 4.2.2    | Postprocessing . . . . .   | 250          |
| 4.2.3    | Quantifizierung der Fettkante . . . . .                          | 252          |
| 4.3      | Verifikation und Validierung der Simulationsergebnisse . . . . . | 254          |
| 4.4      | Einflussparameter und deren Variationen . . . . .                | 260          |
| 4.5      | Fehlerbetrachtung . . . . .                                      | 262          |
| 4.6      | Parameterstudie . . . . .  | 263          |
| 4.6.1    | Substrat St3 . . . . .   | 263          |
| 4.6.1.1  | Klarlackgrenzmuster 0 . . . . .                                  | 264          |
| 4.6.1.2  | Zwischenfazit: Einfluss der Stoffparameter . . . . .             | 267          |
| 4.6.2    | Substrat A2 . . . . .  | 278          |
| 4.6.2.1  | Klarlackgrenzmuster 0 . . . . .                                  | 278          |
| 4.6.2.2  | Zwischenfazit: Einfluss der Stoffparameter . . . . .             | 281          |
| 4.6.3    | Substrat E . . . . .   | 292          |
| 4.6.3.1  | Klarlackgrenzmuster 0 . . . . .                                  | 292          |
| 4.6.3.2  | Zwischenfazit: Einfluss der Stoffparameter . . . . .             | 296          |
| 4.6.4    | Substrat I1 . . . . .  | 306          |
| 4.6.4.1  | Klarlackgrenzmuster 0 . . . . .                                  | 306          |
| 4.6.4.2  | Zwischenfazit: Einfluss der Stoffparameter . . . . .             | 310          |
| 4.6.5    | Zwischenfazit: Einfluss des Kantenrundungsradius . . . . .       | 321          |
| <b>5</b> | <b>Dimensionslose Betrachtung der Ergebnisse</b>                 | <b>335</b>   |
| <b>6</b> | <b>Zusammenfassende Diskussion und Ausblick</b>                  | <b>345</b>   |
| 6.1      | Zusammenfassung und Diskussion . . . . .                         | 345          |
| 6.2      | Ausblick . . . . .   | 352          |
|          | <b>Abbildungsverzeichnis</b>                                     | <b>xiii</b>  |
|          | <b>Tabellenverzeichnis</b>                                       | <b>xxvii</b> |
|          | <b>Literaturverzeichnis</b>                                      | <b>xxxix</b> |