

# Inhaltsverzeichnis

|          |   |           |
|----------|---|-----------|
| <b>1</b> | <b>Einleitung.....</b>  | <b>1</b>  |
| 1.1      | Motivation.....   | 1         |
| <b>2</b> | <b>Ver- und Entfestigung.....</b>                                     | <b>3</b>  |
| 2.1      | Plastische Verformung durch Versetzungsinduzierung und -bewegung..... | 4         |
| 2.2      | Entfestigungsprozess Erholung.....                                    | 8         |
| 2.3      | Modelle zur Beschreibung des Fließverhaltens.....                     | 19        |
| 2.3.1    | Empirisch-phänomenologische Modelle.....                              | 19        |
| 2.3.2    | Physikalisch basiertes Verfestigungsmodell 3IVM+.....                 | 20        |
| 2.3.3    | Erholungsmodelle.....   | 24        |
| 2.4      | Zielsetzung.....  | 25        |
| <b>3</b> | <b>Experimentelle Arbeiten .....</b>                                  | <b>26</b> |
| 3.1      | Präparation .....   | 26        |
| 3.1.1    | AA3103.....   | 26        |
| 3.1.2    | Reinaluminium 99,99%.....   | 29        |
| 3.2      | Experimenteller Aufbau.....   | 31        |
| 3.3      | Angewandte Versuchsmethoden: SR, DZL, DZU.....                        | 32        |
| 3.3.1    | Spannungsrelaxationsversuch.....                                      | 33        |
| 3.3.2    | Doppelzugversuche.....  | 33        |
| 3.4      | Evaluierung.....  | 34        |
| 3.4.1    | Spannungsrelaxationsversuch.....                                      | 34        |
| 3.4.2    | Doppelzugversuch.....   | 34        |
| 3.4.3    | Reproduzierbarkeit der Messungen.....                                 | 36        |
| 3.4.4    | Verfeinerte DZ-Evaluierung.....                                       | 38        |
| 3.5      | Experimentelle Parametervariationen.....                              | 40        |
| 3.5.1    | Fall 1: $T = konst.$ .....  | 40        |
| 3.5.2    | Fall 2: $\varepsilon_0 = konst.$ .....                                | 41        |
| 3.5.3    | Fall 3: $S = konst.$ .....  | 42        |
| 3.6      | Ergänzende Untersuchungen.....  | 44        |
| 3.6.1    | Bestimmung des Elastizitätsmoduls.....                                | 44        |
| 3.6.2    | Bestimmung der Dehngeschwindigkeitsempfindlichkeit.....               | 45        |

|       |   |     |
|-------|---|-----|
| 3.6.3 | Bestimmung des chemischen Spannungsanteils.....                       | 46  |
| 3.6.4 | Bestimmung des Lösungsgehalts.....                                    | 48  |
| 3.6.5 | Bestimmung der Subkorngröße .....                                     | 51  |
| 3.6.6 | Thermische Behandlung von Kaltband .....                              | 53  |
| 3.6.7 | Thermische Behandlung von Kaltband unter mechanischer Spannung .....  | 56  |
| 4     | Experimentelle Untersuchung der Erholung .....                        | 62  |
| 4.1   | Wiederbelastungskurven als Indiz für Erholung.....                    | 62  |
| 4.2   | Spannungsevoluntinn während SR, DZL und DZU .....                     | 66  |
| 4.3   | Entwicklung der Entfestigung.....                                     | 67  |
| 4.4   | Mikrstruktur- und Mikrochemieentwicklung.....                         | 70  |
| 4.4.1 | Mikrochemie .....   | 76  |
| 4.4.2 | Mikrostrukturelle Untersuchungen .....                                | 71  |
| 5     | Modellentwicklung .....   | 75  |
| 5.1   | Erholungskinetik nach Kuhlmann-Wilsdorf .....                         | 75  |
| 5.1.1 | Einfluss einer externen Spannung.....                                 | 77  |
| 5.2   | Evaluierung der SR-Kurven nach Fischer.....                           | 77  |
| 5.2.1 | Einzelauswertung nach Fischer und dessen Optimierung.....             | 79  |
| 5.3   | Versetzungsichte basiertes Erholungsmodell.....                       | 81  |
| 5.3.1 | Evoluntinn der Dipolversetzungen $\rho_{dp}$ .....                    | 84  |
| 5.3.2 | Evolution der geometrisch notwendigen Versetzungen $\rho_{geo}$ ..... | 85  |
| 5.3.3 | Evoluntinn der mobilen Versetzungen $\rho_{mob}$ .....                | 86  |
| 5.3.4 | Spannungsentwicklung von DZU- und DZL-Versuchen .....                 | 87  |
| 5.4   | Modelloptionen zur Fitoptimierung .....                               | 88  |
| 6     | Modellvalidierung .....   | 90  |
| 6.1   | Evaluierung der Erholungskinetik nach Kuhlmann-Wilsdorf .....         | 90  |
| 6.1.1 | AA3163, $\epsilon_0$ = konst.....                                     | 90  |
| 6.1.2 | AA3103, S = konst.....  | 92  |
| 6.1.3 | Reinaluminium, S = konst. ....  | 96  |
| 6.1.4 | AA3103, 71% kaltgewalzt .....   | 97  |
| 6.1.5 | Einfluss der Mikrostruktur und -chemie auf die Modelle.....           | 98  |
| 6.1.6 | AA3103, T = konst. ....   | 100 |
| 6.2   | Modifizierter Ansatz nach Kuhlmann .....                              | 101 |
| 6.2.1 | AA3103, S = konst.....  | 161 |

|       |  |     |
|-------|--|-----|
| 6.3   | Evaluierung der Erholungskinetik nach Fischer mittels SR-Versuche.....                   | 105 |
| 6.3.1 | Auswertung nach Fischer mittels vier Parametern $\alpha$ , $\beta$ , $E_m$ und $m$ ..... | 106 |
| 6.3.2 | Auswertung nach Fischer mittels der Parameter $E_m$ und $m$ .....                        | 107 |
| 6.3.3 | Auswertung nach Fischer mittels der Parameter $\alpha$ und $\beta$ .....                 | 108 |
| 6.3.4 | Optimierung des Ansatzes nach Fischer.....   | 109 |
| 6.4   | Erholungsmodell.....   | 115 |
| 6.4.1 | AA3103, $S = \text{konst.}$ .....  | 115 |
| 6.4.2 | AA3103, $e_0 = \text{konst.}$ .....  | 121 |
| 6.4.3 | AA3103, bei konstantem $T$ .....   | 123 |
| 6.4.4 | Vorschläge zur Modelloptimierung.....  | 124 |
| 7     | Einsatzgebiete.....  | 126 |
| 7.1   | Zukünftige Einsatzgebiete.....   | 126 |
| 7.2   | Vorschläge zur Kombination mit dem Modell 3IVM+.....                                     | 127 |
| 7.3   | Zukünftige experimentelle Arbeiten.....  | 129 |
| 8     | Zusammenfassung.....   | 130 |
| 9     | Literaturverzeichnis.....  | 133 |