

Inhaltsverzeichnis

1	Einleitung und Zielsetzung	1
2	Motivation	4
2.1	Stand von Wissenschaft und Technik	4
2.1.1	Angewandte Verfahren der Versetzungssimulation	4
2.1.2	Theoretische Modelle und Analysetechniken	7
2.2	Forschungsdefizite und Lösungsstrategien	8
3	Theorie der Versetzungen	10
3.1	Elastizitätstheoretische Grundlagen	10
3.1.1	Kontinuums­theorie statischer Versetzungen	13
3.2	Versetzungssysteme und dynamische Effekte	17
3.2.1	Versetzungsbewegung durch Gleiten und Klettern	17
3.2.2	Annihilationsvorgänge und Versetzungsmultiplikation	19
3.2.3	Spannungsfelder in Versetzungssystemen	20
3.2.4	Energetische Bilanzierung	22
3.3	Verfestigungsprozesse und Wechselwirkungen	23
3.3.1	Kaltumformung	24
3.3.2	Kornfeinung	25
3.3.3	Mischkristallhärtung	26
3.3.4	Teilchenhärtung	28
3.3.5	Kombination der Verfestigungsmechanismen	30

4 Modellbildung	32
4.1 Numerische Verfahren und mathematisches Modell	34
4.1.1 Bedeutung und Grenzen der numerischen Simulation	35
4.1.2 Klassifikation von Simulationsverfahren	36
4.1.3 Thermodynamische Gleichgewichte und Monte-Carlo-Verfahren	37
4.2 Objektorientierte Beschreibung des Gefüges	39
4.2.1 Hierarchischer Aufbau und Vererbung	39
4.2.2 Polymorphie	41
4.3 Formulierung als parallele Problemstellung	42
4.3.1 Multiprozessorarchitekturen	42
4.3.2 Verteilte Systeme	43
4.3.3 Parallelisierung des Versetzungssystems	44
4.3.4 Kombination der informationstechnologischen Ansätze	46
4.3.5 Implementation der Simulation	47
5 Werkstoffcharakterisierung	52
5.1 Vorbedingungen für die Werkstoffauswahl	52
5.2 Der Werkstoff AlMg5Mn	53
6 Experimentelle Untersuchungen	57
6.1 Mechanische und thermische Beanspruchung der Proben	57
6.1.1 Einachsige Zugversuche von AlMg5Mn	58
6.1.2 Thermische Behandlung zur Nachbildung von Schweißnähten	59
6.2 Strukturcharakterisierung durch Transmissionselektronenmikroskopie	61
6.2.1 Aufbau des TEM	62
6.2.2 Physikalische Grundlagen des Verfahrens	64
6.2.3 Abbildung von Versetzungen im TEM	67
6.2.4 Präparation der TEM-Proben	68
6.2.5 Aufnahme der Versetzungsstrukturen	71
6.2.6 Bestimmung der Probendicke	74
6.3 Auswertung und Bildverarbeitungsverfahren	79
6.3.1 Bestimmung der Versetzungsdichte	80

6.3.2	Paarkorrelation zur Strukturanalyse	82
7	Simulationen	85
7.1	Randbedingungen der Simulation	85
7.2	Simulation reiner Versetzungssysteme	89
7.3	Simulation von Versetzungen in höherdimensionalen Defektstrukturen	92
8	Schlußfolgerungen und Ausblick	95
8.1	Diskussion der Ergebnisse	95
8.2	Weiterführende Forschungsansätze	98
9	Zusammenfassung	102
	Literaturverzeichnis	111