

Inhaltsverzeichnis

| | |
|---|------|
| Danksagung | III |
| Abbildungsverzeichnis | IX |
| Tabellenverzeichnis | XI |
| Abkürzungen und Symbole | XIII |
| Kurzfassung | XVII |
| Abstract | XIX |
| 1 Einleitung | 1 |
| 1.1 Motivation und Problemstellung | 1 |
| 1.2 Forschungsleitende Fragen und Struktur der Arbeit | 4 |
| 2 Entwicklung technischer Systeme, Sensorik und Produktionswerkzeuge | 7 |
| 2.1 Entwicklung technischer Systeme | 7 |
| 2.1.1 Produktentwicklung | 7 |
| 2.1.2 Vorgehensmodelle | 9 |
| 2.1.3 Methoden | 14 |
| 2.2 Grundlagen der Sensorentwicklung | 15 |
| 2.2.1 Anforderungen an Sensoren | 15 |
| 2.2.2 Physikalische Sensoreffekte und Sensorwerkstoffe | 17 |
| 2.2.3 Dünnschichtsensoren | 19 |
| 2.3 Produktionswerkzeuge | 23 |
| 2.3.1 Anforderungen an Werkzeuge und ihre Oberflächen | 23 |
| 2.3.2 Beschichtung von Werkzeugen | 25 |
| 2.3.3 Werkzeugsensoren | 29 |
| 2.4 Vorläufige Ergebnisse | 31 |
| 3 Bestehende Ansätze in der (Dünnschicht-) Sensorentwicklung | 33 |
| 3.1 Identifikation relevanter Ansätze | 33 |
| 3.2 Vergleichskriterien zur Analyse bestehender Vorgehens- und Prozessmodelle | 35 |
| 3.2.1 Fokussierte Anwendungsbereiche | 35 |
| 3.2.2 Wissens- und Innovationsstrategie | 36 |
| 3.2.3 Anpassungs- und Implementierungsfaktoren | 38 |
| 3.2.4 Praxisbezug | 39 |
| 3.3 Analyse identifizierter Ansätze | 39 |
| 3.3.1 Generische Ansätze | 39 |
| 3.3.2 Spezifische Ansätze | 43 |

| | |
|--|------------|
| 3.4 Vergleichende Bewertung ausgewählter Forschungsansätze und Ableitung des Forschungsbedarfs | 49 |
| 4 Vorgehensmodell für die Entwicklung und Herstellung von Dünnschichtsensoren | 55 |
| 4.1 Ableitung von Nutzenden, Zielen und Anforderungen | 55 |
| 4.1.1 Ermittlung der Anforderungen basierend auf einer Stakeholder-Analyse . | 55 |
| 4.1.2 Ziele und Anforderungen | 56 |
| 4.2 Bezugsrahmen für ein Vorgehensmodell | 59 |
| 4.3 Systemanalyse | 62 |
| 4.3.1 Bedarfserfassung | 63 |
| 4.3.2 Tribologie | 65 |
| 4.3.3 Kritizitätsprüfung | 67 |
| 4.4 Systemstruktur | 69 |
| 4.4.1 Funktionskonzept | 70 |
| 4.4.2 Zielsystem | 72 |
| 4.5 Sensorgestaltung | 74 |
| 4.5.1 Design des Substrats | 78 |
| 4.5.2 Konzeption des Schichtsystems | 80 |
| 4.5.3 Auslegung des Sensorlayouts | 85 |
| 4.6 Sensorherstellung | 89 |
| 4.6.1 Prozessablauf | 89 |
| 4.6.2 Technologieauswahl | 92 |
| 4.6.3 Prozess-Struktur-Eigenschaftsbeziehung | 94 |
| 4.7 Sensorcharakterisierung | 95 |
| 4.7.1 Sensorverhalten | 96 |
| 4.7.2 Mathematische Modelle | 97 |
| 5 Exemplarische Anwendung | 101 |
| 5.1 Fallstudie 1: Kunststoffspritzguss | 101 |
| 5.1.1 Entwicklungsprozess | 102 |
| 5.1.2 Validierung in der Anwendung | 109 |
| 5.2 Fallstudie 2: Kaltmassivumformung | 113 |
| 5.2.1 Entwicklungsprozess | 113 |
| 5.2.2 Validierung in der Anwendung | 123 |
| 6 Zusammenfassung und Ausblick | 127 |
| 6.1 Zusammenfassung | 127 |
| 6.2 Kritische Würdigung | 129 |
| 6.3 Ausblick | 132 |
| Literatur | 135 |
| Anhang | 147 |