

## Inhaltsverzeichnis

<b>0 Symbol- und Abkürzungsverzeichnis.....</b>	<b>5</b>
<b>1 Einleitung .....</b>	<b>15</b>
1.1 Ausgangsbedingung und Problemstellung.....	15
1.2 Zielsetzung und Lösungsweg.....	16
<b>2 Stand der Technik.....</b>	<b>18</b>
2.1 Beschichten von Kunststoffen.....	18
2.1.1 Chemische und elektrochemische Verfahren zur Kunststoffbeschichtung .....	19
2.1.2 Plasmapolymerisation zur Kunststoffbeschichtung .....	22
2.1.3 Physikalische Verfahren zur Kunststoffbeschichtung.....	24
2.1.3.1 Aufdampfen im Hochvakuum.....	25
2.1.3.2 Kathodenzerstäubung .....	28
2.1.3.3 Ionenplattierung .....	31
2.1.3.4 Das kathodische Lichtbogenverdampfen .....	31
2.1.3.5 Das anodische Lichtbogenverdampfen .....	33
2.1.4 Vergleich der Schichteigenschaften der PVD-Verfahren.....	34
2.1.4.1 Schichtwachstum .....	35
2.1.4.2 Schichtstruktur .....	37
2.1.4.3 Haftung .....	42
2.1.4.4 Dichte .....	42
2.1.4.5 Schichtreinheit .....	43
2.2 Modifikation von Kunststoffen im Plasma.....	44
2.3 Meßverfahren zur Charakterisierung der Schicht- bzw. der Oberflächen-eigenschaften .....	48
2.3.1 Bestimmung der Haftfestigkeit .....	48
2.3.1.1 Stirnabzugtest.....	48
2.3.1.2 Scotch-Tape-Test .....	50
2.3.1.3 Gitterschnittest .....	50
2.3.2 Bestimmung der Verschleißfestigkeit .....	52
2.3.2.1 Sandrieselverfahren.....	52
2.3.2.2 Reibradverfahren.....	53
2.3.2.3 Streulichtmessung mit der Ulbrichtkugel (Transmission) .....	55
2.3.3 Bestimmung der Schichtdicke.....	56
2.3.3.1 Kalottenschliff-Verfahren .....	56
2.3.3.2 Schwingquarz.....	57
2.3.4 Bestimmung der Oberflächenspannung .....	59
2.3.5 Bestimmung der Oberflächentopographie und der Schichtzusammensetzung mit einem REM mit energiedispersiver Röntgenmikroanalyse (EDX) .....	61

<b>3 Physikalische Grundlagen .....</b>	<b>63</b>
3.1 Vakuum .....	63
3.2 Verdampfungsprozeß.....	65
3.2.1 Transportphase .....	69
3.2.2 Kondensationsphase .....	69
3.3 Plasma.....	70
3.3.1 Erzeugung von Niederdruckplasmen .....	71
3.3.2 Plasmakenmgrößen .....	73
3.4 Schichthaftung .....	79
3.4.1 Definition von Haftfestigkeit .....	79
3.4.2 Modelle für die Haftung von Metallen auf Kunststoffen .....	80
<b>4 Versuchsaufbau.....</b>	<b>83</b>
4.1 Plasmaätzanlage.....	83
4.2 Beschichtungsanlage.....	84
<b>5 Versuchsdurchführung.....</b>	<b>89</b>
5.1 Substrate .....	89
5.2 Versuchsablauf .....	90
5.2.1 Plasmamodifikation.....	90
5.2.2 Beschichtung .....	90
5.3 Schicht-, Verdampfungs- und Tiegelmaterialien.....	93
5.4 Parameter der zur Charakterisierung der Schicht- bzw. der Oberflächen-eigenschaften eingesetzten Verfahren .....	94
5.4.1 Kontaktwinkelmessung .....	94
5.4.2 Stirnabzug .....	94
5.4.3 Gitterschnittest .....	95
5.4.4 Sandrieseltest.....	96
5.4.5 Reibradverfahren .....	96
5.4.6 Streulichtmessungen.....	97
5.4.7 Rasterelektronenmikroskopie (REM) .....	97
<b>6 Ergebnisse der Versuche .....</b>	<b>98</b>
6.1 Plasmamodifikation .....	98
6.1.1 Einfluß der Plasmamodifikation auf den Kontaktwinkel.....	98

6.1.1.1 Einfluß der Leistungsdichte und der Ätzgaszusammensetzung .....	98
6.1.1.2 Einfluß der Ätzzeit und der Ätzgaszusammensetzung .....	100
6.1.1.3 Einfluß der Ätzzeit und der Leistungsdichte.....	103
6.1.2 Einfluß der Plasmamodifikation auf die Oberflächenstruktur .....	105
6.1.2.1 Einfluß der Ätzdauer und der Leistungsdichte.....	105
6.1.2.2 Einfluß der Leistungsdichte und der Ätzgasmischung.....	107
6.2 Beschichtung.....	108
6.2.1 Abscheidung von SiO <sub>x</sub> -Schichten.....	109
6.2.2 Abscheidung von AlO <sub>x</sub> -Schichten .....	111
6.2.3 Abscheidung von SnO <sub>x</sub> -Schichten.....	114
6.2.4 Abscheidung von MgO <sub>x</sub> -Schichten .....	115
6.2.5 Zusammenstellung der Versuchsparameter.....	116
6.3 Einfluß der Plasmamodifikation auf die Haftfestigkeit .....	117
6.3.1 Einfluß der Ätzdauer und der Ätzeistungsdichte .....	117
6.3.2 Einfluß der Ätzeistungsdichte und der Ätzgasmischung .....	119
6.3.3 Zusammenhang zwischen dem Kontaktwinkel und der Haftfestigkeit.....	119
6.4 Einfluß der Beschichtungsparameter auf die Haftfestigkeit .....	121
6.4.1 Einfluß der Schichtdicke .....	121
6.4.2 Einfluß der Biasspannung .....	122
6.5 Optische Eigenschaften und Verschleißfestigkeit der abgeschiedenen Schichten ....	128
6.5.1 Transmission der abgeschiedenen Schichten .....	128
6.5.2 Streulichtanteil in der Transmission.....	133
6.5.3 Verschleißfestigkeit der Metalloxidschichten .....	137
6.5.3.1 Abhängigkeit des Verschleißverhaltens von der Biasspannung .....	137
6.5.3.2 Korrelation zwischen Haftfestigkeit und Verschleißverhalten .....	141
7 Anwendungen .....	146
7.1 Verschleißschutzschichten für Motorradhelmvisiere .....	146
7.2 Verschleißschutzschichten in der Automobilindustrie .....	149
7.3 Verschleißschutzschichten in der Leuchtmittelindustrie .....	150
7.4 Weitere mögliche Anwendungen .....	151
8 Zusammenfassung und Ausblick .....	152
9 Literaturverzeichnis.....	149