

Inhaltsverzeichnis

| | |
|--|-----------|
| 0 Symbol- und Abkürzungsverzeichnis..... | 5 |
| 1 Einleitung..... | 15 |
| 1.1 Ausgangsbedingung und Problemstellung..... | 15 |
| 1.2 Zielsetzung und Lösungsweg..... | 16 |
| 2 Stand der Technik..... | 18 |
| 2.1 Beschichten von Kunststoffen..... | 18 |
| 2.1.1 Chemische und elektrochemische Verfahren zur Kunststoffbeschichtung | 19 |
| 2.1.2 Plasmapolymersation 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 Gitterschnitttest | 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 |

| | |
|--|-----------|
| 3 Physikalische Grundlagen | 63 |
| 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 Plasmakenngrößen | 73 |
| 3.4 Schichthaftung | 79 |
| 3.4.1 Definition von Haftfestigkeit | 79 |
| 3.4.2 Modelle für die Haftung von Metallen auf Kunststoffen | 80 |
| 4 Versuchsaufbau | 83 |
| 4.1 Plasmaätzanlage..... | 83 |
| 4.2 Beschichtungsanlage..... | 84 |
| 5 Versuchsdurchführung | 89 |
| 5.1 Substrate | 89 |
| 5.2 Versuchsablauf | 90 |
| 5.2.1 Plasmamodifikation..... | 90 |
| 5.2.2 Beschichtung | 90 |
| 5.3 Schicht-, Verdampfungs- und Tiegelmaterialein..... | 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 Gitterschnitttest | 95 |
| 5.4.4 Sandrieseltest..... | 96 |
| 5.4.5 Reibradverfahren | 96 |
| 5.4.6 Streulichtmessungen..... | 97 |
| 5.4.7 Rasterelektronenmikroskopie (REM) | 97 |
| 6 Ergebnisse der Versuche | 98 |
| 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 _x -Schichten..... | 109 |
| 6.2.2 | Abscheidung von AlO _x -Schichten..... | 111 |
| 6.2.3 | Abscheidung von SnO _x -Schichten..... | 114 |
| 6.2.4 | Abscheidung von MgO _x -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 Ätzleistungsdichte | 117 |
| 6.3.2 | Einfluß der Ätzleistungsdichte 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 | Verschleißschuttschichten für Motorradhelmvisiere | 146 |
| 7.2 | Verschleißschuttschichten in der Automobilindustrie | 149 |
| 7.3 | Verschleißschuttschichten in der Leuchtmittelindustrie | 150 |
| 7.4 | Weitere mögliche Anwendungen | 151 |
| 8 | Zusammenfassung und Ausblick..... | 152 |
| 9 | Literaturverzeichnis..... | 149 |