

Die Vision vom sauberen Brillenglas

Einleitung

Moderne Brillengläser überzeugen durch eine Vielzahl von Eigenschaften: Das Glasdesign wird über mehrere Parameter an die individuellen Größen und Sehgewohnheiten des Kunden angepasst, Hartschichten verhindern das Verkratzen von Kunststoff-Brillengläsern, und Entspiegelungen sorgen für eine hohe Transparenz der Gläser. Für den Tragekomfort ist das Verschmutzen der Oberflächen bis heute ein wichtiges Thema.

Dieser Beitrag widmet sich der Entwicklung von Oberflächen, die nicht zum Verschmutzen neigen, und von denen sich Schmutz jeglicher Art leicht entfernen lässt – und die dennoch in der Werkstatt des Augenoptikers auf einfache Weise bearbeitet werden können.

Verschmutzung

Wer mit der Brille durch den Regen läuft, ärgert sich hinterher über die Flecken auf der Brille. Wer intensiv Sport betreibt, ärgert sich über den Schweiß auf der Brille. Wer sich das Gesicht eincremt, ärgert sich über Fettflecken auf der Brille. Die Gründe für die Verschmutzung sind vielfältig, die getrübbte Freude immer ähnlich. – Die hervorragenden Eigenschaften der Brille werden vom Kunden wahrgenommen, aber der Schmutz auf dem Brillenglas erinnert uns in unangenehmer Weise an die „Sehhilfe“ vor unseren Au-

gen. Seit Jahren beschäftigen sich Brillenglashersteller mit diesem Thema in einem Wettstreit um die besten Innovationen.

Im Wesentlichen lassen sich hier zwei Strategien unterscheiden: Der erste Ansatz zielt auf die elektrostatische Aufladung von Brillengläsern. Grundsätzlich bestehen alle Brillengläser in elektrischer Hinsicht aus Isolatoren, die sich beim Abreiben wie z. B. bei der Reinigung der Brillen mit einem Tuch, elektrostatisch aufladen. Hierbei entstehen beachtliche Spannungen, die schon mal einzelne tausend Volt betragen können. Diese hohen Spannungen ziehen Staubpartikel aus der Luft oder sogar aus dem Putztuch an, und so wird das Putzen des Brillenglases zur Herausforderung. Dieser Effekt lässt sich durch ein Erhöhen der Leitfähigkeit kontrollieren. Dazu werden die Gläser mit einer leitfähigen und transparenten Schicht versehen. Die Herausforderung liegt hier darin, dass elektrisch leitfähige Materialien wie z. B. Metalle in aller Regel nicht transparent sind. Die Materialien, die beide Eigenschaften verbinden, werden im Englischen „transparent conducting oxides“ genannt und mit TCO abgekürzt. Diese Schichten erfreuen sich aktuell größter Beliebtheit, das Anwendungsfeld reicht von dem Brillenglas wie „Purlux“ von Rupp & Hubrach bis zur Solarenergie.

Der zweite Ansatz bezieht sich auf die Oberflächenenergie und eine geeignete Struktur die bei geeigneter Wahl dazu

führen, dass grundsätzlich weniger Schmutz am Brillenglas anhaftet, Wasser und Öl perlt von diesen Oberflächen ab. Die Experten sprechen bei diesem Abweisen von Wasser von Hydrophobie.

Hydrophobie

Wie so oft lohnt bei der Suche nach neuen Strategien ein Blick in die Natur: Der Tropfen auf dem Kohlblatt oder dem Palmwedel fasziniert durch die Form, die nahezu einer Kugel gleicht. Das Wasser perlt ab und nimmt Verschmutzungen in die Tropfen auf. In verblüffender Weise kann man dieses Phänomen beobachten, wenn die Blätter mit Lehm oder gar Ruß verschmutzt sind, und dann von Wasser abgespült werden. Zu der größten Berühmtheit in diesem Zusammenhang hat es die Lotosblüte gebracht. Im asiatischen Raum gilt sie als Symbol für Reinheit, weil sie auch in schlammigen Umgebungen durch die Sauberkeit der Oberflächen auffällt.

Bei uns ist das Lotosblatt bekannt, seit Prof. Barthlott mit seinen Mitarbeitern in den siebziger Jahren die Oberfläche im Elektronenmikroskop studiert hat. Nach der ausführlichen Analyse kam er zu dem Ergebnis, dass die faszinierende Selbstreinigung der Oberfläche auf zwei Effekten beruht:

Auf der einen Seite spielt die Oberflächenenergie eine wichtige Rolle. Diesen Effekt kennen alle, die ihr Auto reinigen:



Abb. 1: Hydrophobie in der Natur. Die Ameise labt sich an einem Wassertropfen.



Abb. 2: Wassertropfen auf einem Palmwedel.



Abb. 3: <http://www.fsbio-hannover.de/oftheweek/271/beute.jpg>

Durch das Aufbringen einer Wachsschicht wird die Oberflächenenergie herabgesetzt und das Wasser perlt ab. In ähnlicher Weise fand Prof. Barthlott auch auf den Lotosblättern Wachse, die die Oberflächenenergie bestimmen.

Auf der anderen Seite beobachtete er Strukturen auf unterschiedlichen Größenskalen. Grob vereinfacht kann man sich das wie eine bewachsene Berglandschaft vorstellen, bei der das Profil der Berge die größte Skala hat. Dem folgen in dem Beispiel die Bäume als Ganzes, auf der nächsten Skala die Äste und im Weiteren die Tannennadeln. Durch raffinierte Strukturen wird auf den Lotosblättern das Anhaften von Schmutz vermieden und das Abperlen von Wasser ermöglicht. Wie das funktioniert soll im Weiteren noch verdeutlicht werden.

Bis heute interessiert sich Prof. Barthlott mit seinen Mitarbeitern nicht nur für die Erforschung natürlicher Oberflächen, sondern ebenfalls für technische Umsetzungen der Erkenntnisse [1].

Oberflächenenergie

Die Ursache für die Oberflächenenergie lässt sich mit einem Bild leicht plausibel machen: Die Wechselwirkung zwischen den Molekülen und Atomen ist in der Flüssigkeit oder dem festen Körper in jeder Raumrichtung in diesem vereinfachten Schema gleich. In Abb. 4 wird diese Tatsache durch die Pfeile an den Atomen in dem Tropfen oben und in dem Festkörper unten angedeutet. An der Grenzfläche ist das nicht mehr der Fall, hier sind die Kräfte zwischen den Atomen nicht mehr ausgeglichen. Trifft nun ein Tropfen von z. B. Wasser auf die Oberfläche eines festen Körpers, treten die Kräfte an der Grenzfläche des Tropfens und des festen Körpers wie dem Brillenglas in Konkurrenz zueinander. Ist die

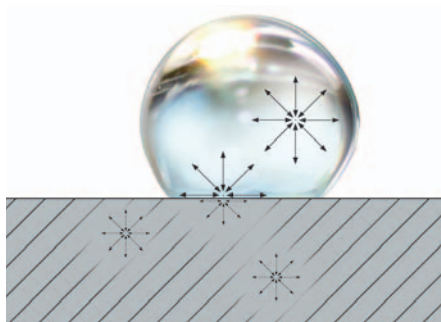


Abb. 4: Tropfen auf dem Brillenglas

Oberflächenenergie des Tropfens größer als die des festen Körpers, wird der Tropfen zur Kugelform tendieren, ist aber die Oberflächenenergie des festen Körpers größer als die der Flüssigkeit, so wird sich der Tropfen auf der Oberfläche ausbreiten und der Tropfen eine sehr flache Form annehmen. Die Experten sprechen in diesem Falle vom Spreiten.

Die Auswirkungen der Oberflächenenergie sind uns weit vertrauter, als man im ersten Moment meinen mag: Wasserläufer nutzen die Oberflächenenergie um über das Wasser laufen zu können. Rasierklingen oder Nadeln können wegen der Oberflächenenergie zum Schwimmen gebracht werden, obwohl ihre Dichte größer ist als die des Wassers, und nicht zuletzt ist die Tatsache, dass Regen in Form von Tropfen vom Himmel fällt auf die Oberflächenenergie zurückzuführen, die bei Flüssigkeiten als Oberflächenspannung bekannt ist.

Oberflächenrauigkeit und Härte

Den zweiten entscheidenden Beitrag zur Hydrophobie liefert die Oberflächenrauigkeit oder Morphologie. Dieses Gebiet fasziniert Wissenschaftler seit dem es Methoden gibt, Oberflächenstrukturen zu vermessen und abzubilden. Die entscheidenden Instrumente sind hier das Elektronenmikroskop und das Kraftmikroskop.

Wie unterschiedlich Oberflächen sein können ist anhand von makroskopischen, also deutlich größeren Gegenständen gut zu veranschaulichen: Das Nagelbrett des Fakirs steht für die raue Oberfläche mit mechanisch stabilen, unflexiblen Spitzen. Der Fakir berührt im gesunden Falle ausschließlich die Spitzen der Nägel. Das Analoge auf der mikroskopischen Skala ist eine Rauigkeit, in die eine Flüssigkeit wie Wasser nicht eindringt, die Oberflä-

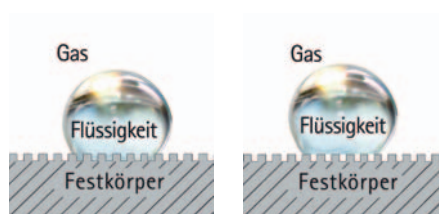


Abb. 5: Tropfen nach Wenzel (links) und Tropfen nach Cassie und Baxter (rechts).

che also nicht flächig benetzt. Diese Struktur steigert die wasserabweisende Eigenschaft einer Oberfläche mit niedriger Oberflächenspannung.

Das andere Extrem ist eine Beschaffenheit, bei der die Flüssigkeit sich der Struktur der Grenzfläche anpasst. Dies erinnert an zwei Zahnräder, die ineinander greifen. So gibt es tatsächlich Oberflächen, die eine niedrige Oberflächenspannung besitzen und somit wasserabweisend sind, die aber durch ihre Struktur für eine Verankerung der Wassertropfen sorgen. Auf dieser Grenzfläche bilden sich Tropfen mit einer kugelförmigen Form, doch die Beweglichkeit der Tropfen ist stark reduziert. Der sogenannte Abrollwinkel der Tropfen von der Oberfläche wird groß sein, und somit wird auch das einfache Abspülen von Schmutz stark reduziert.

Nicht zuletzt unterscheiden sich die Oberflächen durch ihre Härte. Von der Struktur her hat das Nagelbrett einige Verwandtschaft mit dem Samt, denn in beiden Fällen stehen dünne Spitze Strukturen von der Oberfläche ab. Die Tatsache, dass wir beim Anblick des Fakirs auf dem Nagelbrett erschauern und uns gleichzeitig gerne in die Samtdecke kuscheln, ist auf die mechanischen Eigenschaften dieser beiden Strukturen zurückzuführen: Die Nägel sind hart, die Samtfasern weich.

Wissenschaftliche Modelle

Es ist das Anliegen des Wissenschaftlers, die Natur zu beschreiben, und das gilt natürlich auch in dem Falle der Hydrophobie. So beschäftigen sich Forscher mindestens seit den 40er Jahren des letzten Jahrhunderts mit den Benetzungseigenschaften von Oberflächen. Cassie und Baxter [2] haben den Zustand beschrieben, bei dem die Flüssigkeit nicht

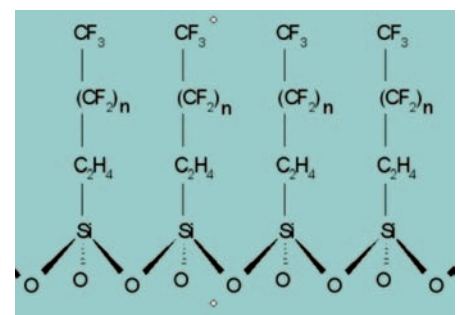


Abb. 6: schematischer Aufbau der hydrophoben Schicht auf einer Brillenglasoberfläche

in die Oberflächenstrukturen eindringt. Die Situation, bei der sich die Flüssigkeit der Oberfläche des festen Körpers anpasst, wurde von Wenzel [3] beschrieben, beide Modelle sind in Abb. 5 dargestellt.

Trotz langfristiger Forschungen zu der Fragestellung, in welcher Weise die Oberflächenstrukturen die Benetzungseigenschaften beeinflussen, ist bis heute keine exakte Theorie entwickelt worden, die diese Phänomene umfassend beschreibt. Bis heute ist hier ein aktives Forschungsfeld erhalten geblieben. Beispielhaft für aktuelle Arbeiten sei auf [4] verwiesen.

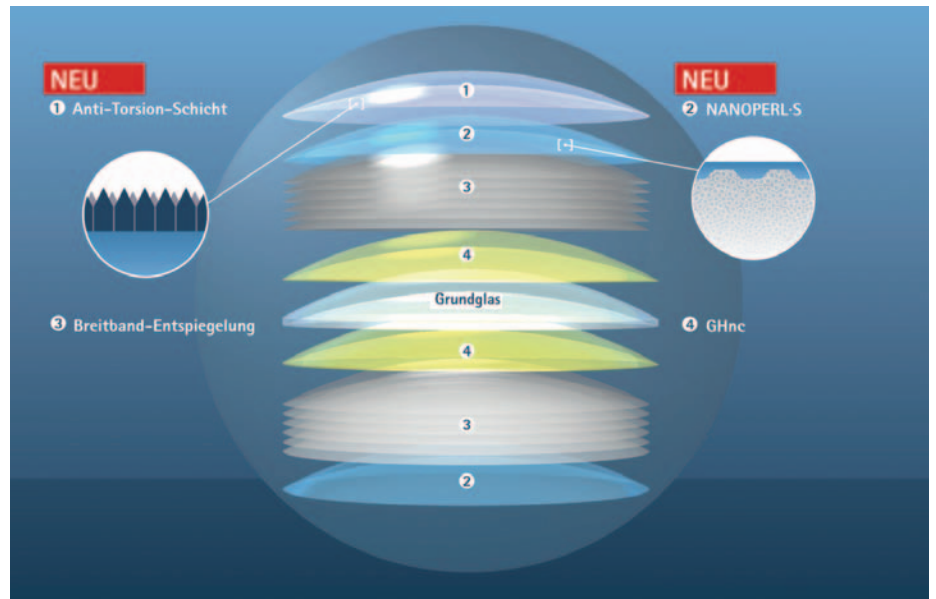
Hydrophobie auf dem Brillenglas

Bei der Anwendung auf dem Brillenglas kommt eine hochentwickelte Chemie zum Erzeugen einer leicht zu reinigenden und schmutzabweisenden Oberfläche zum Einsatz: zunächst ist die zugrundeliegende Strategie, die Oberflächenenergie zu senken. Dies geschieht durch das Beschichten mit einer Fluor-Kohlenstoff-Verbindung, in Abb. 6 sind die CF_2 -Ketten dargestellt. Dieses Material ist hydrophob, weist also Wasser ab, geht aber mit dem Brillenglas keine Verbindung ein.

Um eine Anbindung an das Brillenglas zu erreichen haben Chemiker eine ausgeklügelte Strategie entwickelt: zunächst kommt eine Substanz zum Einsatz, die sich durch die Eigenschaft auszeichnet, an der Oberfläche von Brillengläsern eine chemische Verbindung einzugehen. In Abb. 6 ist das ein SiO -Molekül. Als Letztes muss diese Haftgruppe mit der Funktionsgruppe „Hydrophobie“ verbunden werden, in der Abbildung ist als Koppelungsgruppe C_2H_4 dargestellt.

Das gesamte Molekül wird jetzt also auf der Brillenglasoberfläche aufgebracht, anschließend bindet es mit der Haftungsgruppe SiO an, und die Moleküle stehen von der Oberfläche des Brillenglases ab. Wassertropfen auf der Oberfläche treffen auf die hydrophobe Verbindung und perlen ab. Des Weiteren hat die Chemikalie die angenehme Eigenschaft, dass auch Schmutz eine reduzierte Tendenz hat, auf der Oberfläche zu haften.

Einen ganz neuen Aspekt kann man durch die gezielte Auswahl der Moleküllänge gewinnen. Das Phänomen erinnert an den Samt-Effekt: so wie sich das Samt-



tuch durch die längeren Fasern weich anföhlt, so wird durch die Moleküllänge der Glätte-Effekt der hydrophoben Oberfläche bestimmt. Die Oberfläche ist damit nicht nur von ihrer wasser- und schmutzabweisenden Funktion her höchst interessant, die Berührung mit der Oberfläche erinnert in angenehmer Weise an Samt.

Revolution für die Optik-Werkstatt

Ein Herausforderung ergibt sich nun bei den Brillengläsern: an diesen soll idealer Weise kein Schmutz anhaften, aber in der Werkstatt des Augenoptikers muss das Blockstück in optimaler Weise für den Einschleifvorgang auf der Oberfläche kleben.

Rupp & Hubrach hat diesen Konflikt mit seiner neuen Beschichtung in sehr eleganter Weise gelöst: auf die langlebige hydrophobe Schicht NanoPerl^{2G} wird eine Antitorsionsschicht aufgebracht. Diese erfüllt im wesentlichen zwei Eigenschaften: Auf der einen Seite kann die Randbearbeitung des superhydrophob beschichteten Glases mit einem Standardblock erfolgen, auf der anderen Seite kann die Antitorsionsschicht nach der Bearbeitung leicht mit Spiritus abgewischt werden.

Auf diese Weise konnte eine Oberfläche erzeugt werden, die höchsten Ansprüchen an die einfache Pflege von Brillengläsern genügt, die aber zusätzlich dem Augenoptiker eine sichere und komfortable Bearbeitung der Gläser ermöglicht.

Und dennoch: Das Thema der Reinigung von Oberflächen ist und bleibt ein

spannendes Entwicklungsfeld mit großem Anwendungspotenzial und wird sicher auch auf dem Brillenglas noch einige Evolutionsschritte erfahren.

Dr. Conrad Höfener, Rupp+Hubrach

Literatur

- [1] R.Fürstner, W.Bartlott, C. Neinhuis, P. Walzel; „Wetting and self-cleaning properties of artificial superhydrophobic surfaces“; Langmuir 21, 956-961 (2005)
- [2] A.B.D. Cassie, S. Baxter; „Wettability of porous surfaces“; Transactions of the Faraday Society 40. 546 (1944)
- [3] R.N. Wenzel; „Surface Roughness and contact angle“; J. Phys. Coolloid. Chem. 53 (9); 1466-1467 (1949)
- [4] U. Schulz, N. Kaiser; „Steuerung der Benetzungseigenschaften von optisch transparenten Polymeren durch Antireflexstrukturen und dünne Schichten“; Vakuum in Forschung und Praxis 5/09; pp 6 ff

Anzeige

seit 1895

FISCHER

Goldschmiedebedarf · Furnituren · Steine · Perlen

Werkzeuge und Zubehör
für den Augenoptiker



Fordern Sie
unseren
kostenfreien
Katalog an!

KARL FISCHER GmbH

Berliner Str. 18 · 75172 Pforzheim
Tel.: 07231/31031 · Fax 07231/310300
info@fischer-pforzheim.de · www.fischer-pforzheim.de

16.000 Artikel online unter
www.goldschmiedebedarf.de