

Beschlagsreduzierung optischer Ausrüstungsgegenstände im Rodeln

Kerstin Witte, Jürgen Edelmann-Nusser (Projektleiter)
Julia Schmidt & Andreas Krüger

Universität Magdeburg, Institut für Sportwissenschaft

Problem und Zielstellung

Durch die herbst- und winterbedingten Niederschläge und Außentemperaturen kommt es im Rodelsport sowohl zu einem Beschlagen der Außenseite als auch der Innenseite der Helmvisiere, wodurch die Sicht des Athleten stark beeinträchtigt wird. Einerseits schlagen sich Nebel, Regen und Schnee auf der Außenseite des Visiers nieder und können, da sie durch den Fahrtwind nicht ausreichend abtransportiert werden, gefrieren. Andererseits führt gerade die enorm große körperliche Anstrengung in der Startphase (Beschleunigungsarbeit durch Schwung- und Abstoßphase) zu einer vermehrten Expiration des Sportlers. Diese vermehrte Produktion von feucht-warmer Atemluft im Zusammenhang mit kalten Umgebungstemperaturen führt zum starken Beschlagen der Visierinnenseite.

Da Kunststoffoberflächen grundsätzlich hydrophobe, d. h. wasserabweisende Eigenschaften besitzen, erfolgt bei der Bildung von Außen- und Innenbeschlägen eine Tröpfchenbildung. Dies ist für die Visieraußenseite auch erwünscht, um den Abtransport von der Oberfläche zu verbessern. Für die Innenseite hingegen soll erreicht werden, dass die Tröpfchenbildung ausbleibt (hohe Streuung der einzelnen Tropfen) und sich anstelle dessen ein feiner Wasserfilm mit geringer Streuwirkung bildet.

So bewirken hydrophobe Mittel, dass sich die Oberflächenspannung z. B. durch Versiegelung erhöht und somit die Tröpfchenbildung verstärkt wird. Weiterhin wird durch diese Substanzen der Abtransport der entstandenen Tropfen gesteigert, welches natürlich zu einer erhöhten Sichtverbesserung beiträgt.

Hydrophile Mittel, d. h. Substanzen (z. B. Tenside), welche die Oberflächenspannung herabsetzen, weisen wasseranziehende Eigenschaften auf. So führen diese oberflächenaktiven Inhaltsstoffe zur Bildung eines feinen einheitlichen Wasserfilms, der dementsprechend eine geringe Streuwirkung des Lichtes nach sich zieht und somit ebenfalls eine Sichtverbesserung bewirkt.

Ziel der Untersuchungen war es, verschiedene handelsübliche beschlagsreduzierende Mittel - auch auf Nanotechnologie basierend - sowohl für die Innen- als auch Außenseite des Rodelvisiers zu testen, um das beste Mittel für den Einsatz im Trainings- und Wettkampfbetrieb herauszufiltern. Dabei waren die Untersuchungen so gestaltet, dass sie Grundlagenuntersuchungen zur Quantifizierung der Hydrophilität/Hydrophobizität, objektive Messungen unter simulierten Umweltbedingungen und subjektive Einschätzungsanalysen unter Feldbedingungen beinhalteten.

Methoden

Tab. 1 gibt eine Übersicht über die getesteten Mittel, wobei im Wesentlichen die Mittel des vorangegangenen Forschungsprojektes (Beschichtungen für optische Ausrüstungsgegenstände (Beschlagfreiheit/ Eisfreiheit) verwendet wurden.

Tab. 1: Überblick über die im Test verwendeten Antibeschlagentmittel

Mittel	Produktbezeichnung/ Einsatzbereiche
0	Ohne Behandlung
hydrophile Mittel:	
1	Klar Pilot Fluid soft (Schutzbrillen)
2	Procycle Anti Fog (Motorrad)
3	Ultra Stop(medizin.Bereich)
4	Holmenkol No Fog (Nanotechnologie)
5	Sonax Antibeslag (Auto)
6	Sonax Motorrad Antibeslag (Motorrad)
hydrophobe Mittel:	
7	Procycle Anti Rain (Motorrad)
8	Sonax Pfllegetuch (Auto+Motorrad)
9	Rain X (Auto+Motorrad)
10	Sonax Enteiserspray (Auto)
11	Nigrin Scheibenreiniger Antibeslag (Auto)

Komplex I: Kontaktwinkelmessung

Mit diesem Untersuchungskomplex sollte die Quantifizierung aller Mittel bzgl. Hydrophilität/Hydrophobizität erfolgen. Dabei wurde ein Wassertropfen auf die vorher mit dem zu testenden Mittel präparierte Kunststoffoberfläche bei folgenden Temperaturen aufgebracht: 21°, 5°, -13° C. Mit einer Digitalkamera wurde der Winkel, den der Rand des Tropfens mit der Festkörperoberfläche bildet, aufgenommen und anschließend ausgemessen. Abb. 1 zeigt schematisch mögliche Kontaktwinkel für hydrophile und hydrophobe Bedingungen.

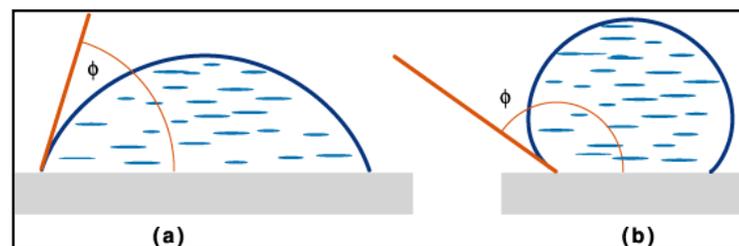


Abb. 1: Berührungsfläche und Kontaktwinkel eines Flüssigkeitstropfens mit der festen Oberfläche; (a): Benetzung (hydrophil), Randwinkel $< 90^\circ$; (b): keine Benetzung (hydrophob), Randwinkel $> 90^\circ$

Komplex II: Windkanal

In Komplex II wurden die 6 hydrophoben Mittel im Windkanal auf ihre Wirkung hin untersucht. Dazu wurde ein Dummy-Kopf mit Rodelhelm und Visier im Windkanal befestigt und das Visier entsprechend des Untersuchungsdesigns mit und ohne Antibeschlagentmittel präpariert. Dabei konnten äußere Niederschläge und Fahrtgeschwindigkeiten simuliert werden. Die Mittel wurden mehrfach getestet, wobei zu Beginn der Untersuchungen Referenzmessungen ohne Behandlung der Visieroberfläche durchgeführt wurden. Zur Auswertung wurden Videoaufnahmen genutzt, wobei die entsprechenden Kameras seitlich vom Windkanal und im Helm auf Sichthöhe des Roodlers angebracht waren. Quantifiziert wurde hierbei die Anzahl der abtransportierten Tropfen (größer als 3 mm) aus dem Sichtfeld des Roodlers. Die Analysen erfolgten bei Windgeschwindigkeiten von 10, 20 und 30 m/s in einem Zeitraum von 2 Sekunden. Die folgende Abbildung zeigt die Innenkamera und den Bereich, den diese aufgenommen hat.

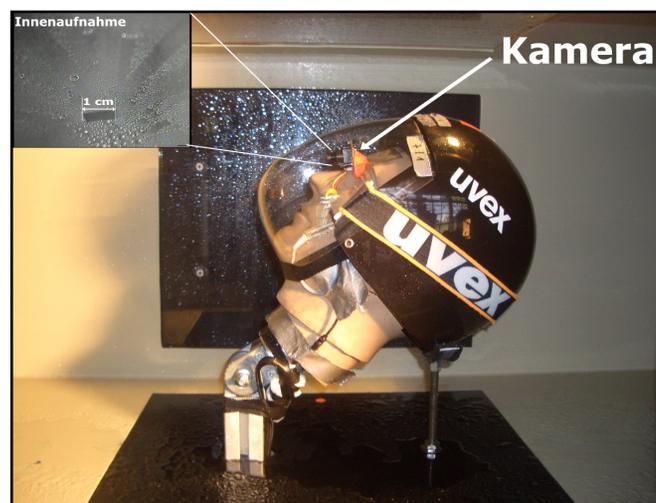


Abb. 2: Windkanal Magdeburg Kameraposition innerhalb des Helms und Aufnahmebereich

Komplex III: Feldtest

In diesem Untersuchungskomplex wurden die einzelnen Antibeschlagentmittel im realen Trainingsbetrieb der Roodler des BSD in Altenberg unter herbst- bzw. winterklimatischen Bedingungen getestet. Die Außentemperaturen bewegten sich während der Testreihen um den Nullpunkt und es herrschte eine Luftfeuchtigkeit von etwa 80 bis 90 % vor.

In die Testreihen wurden 6 Roodler des B-Kaders einbezogen, die im Rotationsprinzip und angepasst an die jeweiligen äußeren Witterungsbedingungen die verschiedenen Antibeschlagentmittel testeten.

Die Testreihe umfasste 4 Trainingseinheiten mit jeweils 3 bis 4 Trainingsläufen pro Fahrer. Sechs Fahrer erklärten sich bereit, die Testfahrten durchzuführen, so dass pro Fahrer 12 bis 16 Fahrten möglich waren. Damit konnte jedes Mittel mindestens einmal getestet werden. Weiterhin sollte je Sportler mindestens eine Referenzfahrt durchgeführt werden.

Die Einschätzung der Wirkung des entsprechenden Mittels erfolgte durch die Sportler selbst in Form einer subjektiven Bewertung über eine nicht unterteilte Bewertungsskala (Rationalskala) von 0 (sehr ungenügend) bis 15 (sehr gut). Eine Unterteilung der Skala wurde lediglich zur Orientierung für den Sportler mittig vorgenommen. Für die spätere objektive Auswertung wurde nach jeder Abfahrt eine Fotoaufnahme des Visiers vorgenommen und mit den Einschätzungen der Fahrer verglichen.

Ergebnisse

Komplex I: Kontaktwinkelmessung

Tab. 2 zeigt eine Übersicht über alle gemessenen Kontaktwinkel.

Tab. 2: Übersicht über die Ergebnisse der Kontaktwinkelmessung (Komplex 1): Darstellung der Mittelwerte und Standardabweichungen für die drei Temperaturbereiche

Mittel	MW 21°C±Stabw	MW 5°C±Stabw	MW -13°C±Stabw
0 (ohne)	69,0°±1,4	65,5°±3,3	56,875°±2,5
Hydrophile Antibeschlagmittel			
1	2,3°±0,96	4,3°±1,2	2,0°±0
2	1,6°±1,25	3,6°±0,5	12,3°±2,9
3	5,6°±1,0	1,6°±0,5	1,9°±0,25
4	3,1°±1,3	4,9°±0,6	19,3°±18,6
5	17,0°±15,1	2,0°±0	3,3°±2,2
6	4,0°±0,8	1,5°±0,4	48,1°±3,2
Hydrophobe Antibeschlagmittel			
7	85,0°±3,5	83,0°±1,5	85,6°±1,25
8	88,5°±3,1	85,8°±1,7	85,9°±2,0
9	80,8°±2,5	81,3°±0,7	78,5°±2,6
10	72,0°±1,4	60,6°±1,0	64,0°±4,0
11	48,5°±3,0	53,1°±2,0	63,3°±3,5

Für alle Mittel kann festgestellt werden, dass sie die Hydrophilität bzw. Hydrophobizität im Unterschied zur unbehandelten Oberfläche verbesserten. Eine Ausnahme bildet Mittel 11

Bei den hydrophilen Mitteln zeigt sich eine gewisse Temperaturabhängigkeit (Mittel 4, 5 und 6). Mittel 4 und 6 weisen bei Minusgraden wesentlich schlechtere Wirkungen auf als bei Temperaturen über 0° C. Mittel 5 verhält sich genau gegenteilig. Es weist im Minusbereich wesentlich bessere Wirkungen auf. Die besten hydrophilen Eigenschaften weisen Mittel 1 und 3 auf.

Bei den Ergebnissen der Untersuchung der hydrophoben Antibeschlagmittel kann ein klares Ranking unter diesen festgelegt werden. So weist Mittel 8 in allen Temperaturbereichen die größten Kontaktwinkel auf (bis max. 88,5°), gefolgt von Mittel 7

mit Kontaktwinkeln bis $85,6^\circ$. Mittel 10 und 11 zeigen sehr schlechte Ergebnisse, denn die Kontaktwinkel liegen teilweise unter denen einer unbehandelten Oberfläche und würden demnach keinen deutlichen Effekt für den Abtransport der Niederschläge von der Visieroberfläche bringen.

Komplex II: Windkanal

Bei den Untersuchungen der hydrophoben beschlagsreduzierenden Mittel im Windkanal bestätigte sich das Ranking aus Komplex I. So zeigte ein mit Mittel 7 präpariertes Visier gegenüber der unbehandelten Visieroberfläche eine prozentuale Steigerung des Abtransports der Wassertropfen von fast 230 %. Tab. 3 zeigt eine Übersicht über die Ergebnisse der Auszählung.

Tab. 3: *Übersicht Komplex II: Anzahl abtransportierte Wassertropfen von der Visieroberfläche der sechs hydrophoben Mittel für die drei Geschwindigkeitsbereiche im Windkanal*

Geschwindigkeit Mittel	10 m/s	20 m/s	30 m/s
7	26	52	115
8	10	61	105
9	8	47	102
10	3	32	89
11	3	32	91
0	2	24	27

Komplex III: Feldtest

Die Ergebnisse des Feldtestes zeigten ebenfalls eine Verbesserung der Sichtverhältnisse durch den Einsatz von beschlagsreduzierenden Mitteln. Dabei ergaben sich bei der subjektiven Bewertung durch die Rodler folgende Ergebnisse (siehe Tab. 4).

Tab. 4: *Übersicht Komplex III: Ergebnisse subjektive Bewertung durch die Rodler im Feldtest*

Mittel	0 (ohne)	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
Mittelwert	9,05	11,4	12,75	9,6	4,9	1,5	4,0	11,5	11,0	8,7	8,85	10,1

Die subjektiven Einschätzungen der Athleten bestätigen in beiden Fällen die Ergebnisse aus den vorangegangenen Untersuchungskomplexen. So zeigten sich auch in diesem Komplex ganz klar die Vorteile des Einsatzes derartiger Mittel (vor allem Mittel 1 und 2, sowie 7 und 8). Wie auch bei der Kontaktwinkelmessung und im Windkanal zeigen diese vier Mittel eine wesentliche Verbesserung der Sichtverhältnisse für den Rodler gegenüber der Nichtbehandlung. Allerdings wurde das Nano-Mittel 4 als schlecht bewertet.

Um die Ergebnisse der einzelnen Komplexe miteinander vergleichen und nachzuvollziehen zu können, ob beispielsweise ein möglichst gering gebildeter Kontaktwinkel mit daraus folgender starker Benetzung der Oberfläche besonders günstig für die Beschlagsreduzierung der Innenseite ist, oder ob analog dazu ein möglichst großer Kontaktwinkel auch besonders guten Abtransport der Niederschläge von der Oberfläche bedeutet, wurden zwischen den einzelnen Untersuchungskomplexen die Korrelationen nach PEARSON gebildet und auf Signifikanz (5 %-Niveau) geprüft.

Dabei ist festzustellen, dass die Signifikanz nur im Vergleich zwischen Komplex I und II (bei 20 m/s) gegeben ist. Die fehlende Signifikanz lässt sich auf die relativ geringe Stichprobenanzahl während der Untersuchungsreihen zurückführen. Weiterhin ist sehr gut ersichtlich, dass die einzelnen Komplexe relativ hohe Korrelationen miteinander aufweisen, d. h. dass ein hoher Zusammenhang zwischen den hydrophilen/hydrophoben Eigenschaften eines Mittels und seiner Wirkweise vorliegt. Es kann also vermutet werden, dass ein besonders hydrophiles Mittel eben auch eine sehr gute beschlagsreduzierende Wirkung aufweist. Analog dazu kann man davon ausgehen, je besser die hydrophoben Eigenschaften eines Mittels sind, desto besseren Abtransport der Niederschläge gewährleistet das jeweilige Mittel.

Diskussion und Zusammenfassung

Die Ergebnisse der einzelnen Untersuchungskomplexe zeigten eine klare Verbesserung der Sichtverhältnisse gegenüber der Nichtbehandlung der Visieroberfläche. Ausgehend von den Ergebnissen aus Komplex III zeigen bei den hydrophilen Innenmitteln Mittel 1 und 2, sowie bei den hydrophoben Außenmitteln Mittel 7 und 8 eine sehr gute beschlagsreduzierende Wirkung. Mittel 1 weist im K I einen Kontaktwinkel von $4,3^\circ$ und Mittel 2 von $3,6^\circ$ auf. Beide zeigen auch im Feldtest über die subjektive Bewertung einen hohen Effekt.

Mittel 7 (K I: 83° ; K II: 115 Tropfen bei 30 m/s) und Mittel 8 (K I: $85,8^\circ$; K II: 105 Tropfen bei 30 m/s) weisen neben den sehr guten Ergebnissen in den Komplexen I und II auch im Feldtest die besten Ergebnisse auf.

Demnach sind die beschlagsreduzierenden Mittel 1, 2, 7 und 8 für den Einsatz im Trainings- und Wettkampfbetrieb geeignet. Das auf Nanotechnologie basierende Mittel 4 wurde als ungeeignet eingestuft. Demzufolge sollten diesbezügliche Angaben vom Hersteller kritisch bewertet werden. Nanotechnologie bedeutet eben nicht optimale Hydrophilität.