

Alterung und Nutzungsdauer von Industrieschutzhelmen

Detlef Mewes und Nicola von der Bank, Sankt Augustin

Das Tragen von Industrieschutzhelmen ist in vielen Branchen erforderlich; in der Bauwirtschaft gehört ein Industrieschutzhelm zur Standard-Schutzausrüstung. Während des betrieblichen Gebrauchs kann ein Industrieschutzhelm mechanischen Beanspruchungen, Hitze, UV-Bestrahlung, Feuchtigkeit etc. ausgesetzt sein. Welche Veränderungen insbesondere die Witterungseinflüsse an der Helmschale bewirken, wurde im Berufsgenossenschaftlichen Institut für Arbeitsschutz – BIA mit dem Ziel untersucht, Empfehlungen für die Nutzungsdauer von Industrieschutzhelmen zu geben.

An den Helmschalen von Industrieschutzhelmen treten zuweilen sogar bei unbenutzten Helmen Risse und Brüche auf, deren Ursache weder durch eine starke Beanspruchung noch durch unsachgemäße Behandlung erklärt werden kann. Neben diesen sichtbaren Mängeln können im Laufe der Nutzung auch makroskopisch nicht sichtbare Schäden auftreten. Ursache hierfür können u. a. Umgebungseinflüsse sein. Vorwiegend im Freien getragene Helme sind einer Vielzahl von Umwelteinflüssen (**Bild 1**) ausgesetzt [1]. Der wichtigste Faktor für die Beurteilung des Alterungsverhaltens ist dabei der UV-Anteil der Sonnenstrahlung. Die Energie dieser Strahlung reicht aus, um Makro-

moleküle zu spalten oder zu vernetzen und hierdurch die mechanischen Eigenschaften von Kunststoffen zu verändern. Auch herstellerseitige Faktoren, z. B. die Art und Qualität des verwendeten Ausgangskunststoffs und der zugegebenen UV-Stabilisatoren, wie auch Druck, Temperatur und Spritzgeschwindigkeit bei der Formgebung der Helmschalen können das Alterungsverhalten und damit die Nutzungsdauer beeinflussen.

Mit dem Ziel, Empfehlungen für die Gebrauchsdauer von Industrieschutzhelmen den Anwendern zu nennen, wurden im BIA umfangreiche Untersuchungen an getragenen Industrieschutzhelmen sowie an freibewitterten Helmen durchgeführt.

Alterungsbedingungen

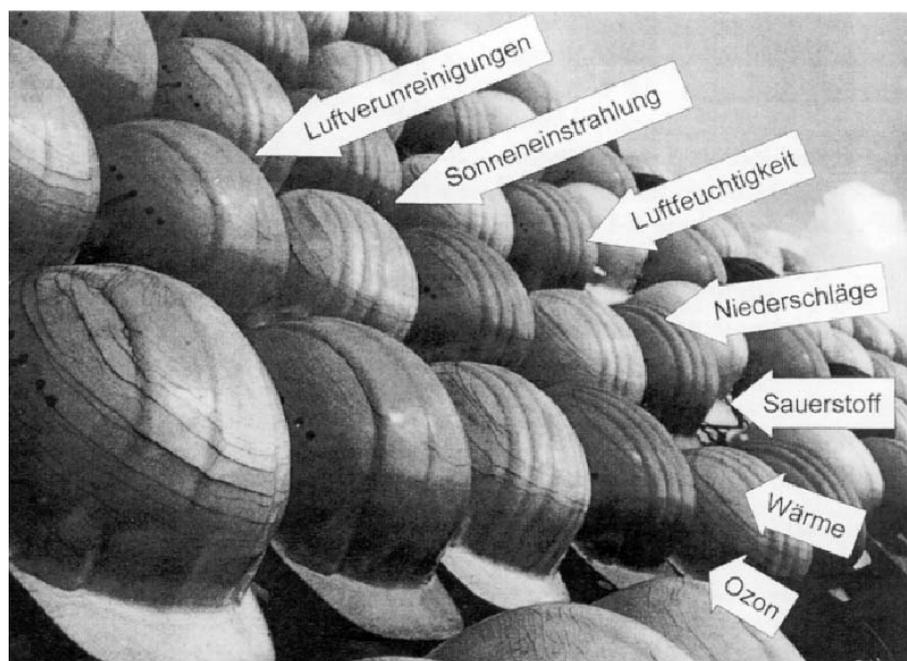
Freibewitterung von thermoplastischen Helmen

Für diese Untersuchung wurden hauptsächlich Helmschalen aus thermoplastischen Kunststoffen eingesetzt. Davon hat das Material Polyethylen (PE) den weitaus größten Marktanteil und wird insbesondere in der Baubranche eingesetzt. Helme aus PE sind relativ leicht und damit angenehm zu tragen, außerdem sind sie in der Fertigung preiswerter als andere Materialien. Ergänzende Untersuchungen wurden an Helmen aus Acrylnitril-Butadien-Styrol (ABS), unverstärktem und verstärktem Polycarbonat (PC) sowie an verstärktem Polypropylen (PP) durchgeführt.

Die Freibewitterung wird oft als die beste Alterungsmethode angesehen. Da Schutzhelme während ihrer Gebrauchsdauer nicht fortwährend der Sonneneinstrahlung und sonstigen Klimaeinflüssen ausgesetzt sind, stellt die Freibewitterung bereits ein zeitraffendes Prüfverfahren dar.

Die Freibewitterung wurde nach DIN 53386 [2] durchgeführt. Es wurden insgesamt 17 verschiedene Helmtypen ausgewählt und auf dem Dach des BIA bis zu zehn Jahren allen umweltbedingten Einflüssen ausgesetzt, davon waren elf Typen aus dem Material PE. Die Entnahme von Prüfexemplaren für weitere Untersuchungen erfolgte nach einem, zwei, drei, fünf, sieben und zehn Jahren. Die Global-Bestrahlungsstärke lag im Untersuchungszeitraum zwischen 112 W/m^2 und 129 W/m^2 , im Fünfjahresmittel bei 117 W/m^2 . Die auf das Jahr bezogene Bestrahlung lag zwischen 353 kJ/cm^2 und 407 kJ/cm^2 . Die UV-Bestrahlungsstärke lag im Jahresmittel bei $2,5 \text{ W/m}^2$.

Bild 1 Freibewitterung/Alterung durch Umwelteinflüsse.



Einsatzbereich	Gesamtanzahl der Helme
• im Freien, gesamt	33
– davon ohne Hitze	20
– davon im Heißbereich	13
• in geschl. Räumen, gesamt	40
– davon ohne Hitze	28
– davon im Heißbereich	12
• in Mischbereichen	15
– davon ohne Hitze	12
– davon im Heißbereich	3
• ohne Angabe	2

Tabelle 1 Einsatzbereiche der untersuchten Helme aus PF-SF.

Betriebliche Alterung von Industrieschutzhelmen aus Phenol-Formaldehyd-Harz

Industrieschutzhelme aus faserverstärkten duroplastischen Kunststoffen, zu denen auch solche aus textilverstärktem Phenol-Formaldehyd-Harz (PF-SF) gehören, haben besondere physikalische Eigenschaften. Ihre Formbeständigkeit bleibt auch bei hohen Temperaturen gewahrt, sie besitzen eine hohe Beständigkeit gegen Chemikalien und haben sehr gute anti-statische Eigenschaften. Industrieschutzhelme aus PF-SF werden daher bevorzugt im Berg- und Tagebau, in der chemischen Industrie sowie an Hitze Arbeitsplätzen eingesetzt. Sie gelten als außerordentlich langlebig.

Für die Untersuchungen wurden vom Fachausschuss Persönliche Schutzausrüstungen insgesamt 90 getragene Helme aus PF-SF, hergestellt in den Jahren 1969 bis 1998, in verschiedenen Industriezweigen gesammelt. Diese Helme hatten ganz unterschiedliche Einsatzgebiete. 33 Helme waren im Freien getragen, 40 Helme in geschlossenen Räumen und 15 Helme sowohl im Freien als auch in geschlossenen Räumen; bei zwei Helmen fehlten hierzu Angaben. 28 der 90 geprüften Helme wurden zudem an Arbeitsplätzen mit hohen Umgebungstemperaturen eingesetzt. In **Tabelle 1** ist die Verteilung der Einsatzbereiche aufgeschlüsselt.

Untersuchungsmethoden

Freibewitterte thermoplastische Helme

Folgende Untersuchungen wurden an den bewitterten Helmen durchgeführt:

- Untersuchung auf sichtbare Schäden wie Versprödung, Risse, Knacken bei mechanischer Beanspruchung,
- Prüfung der Durchdringungsfestigkeit bei -10 °C und $+50\text{ °C}$ nach DIN 4840 [3],
- Prüfung der Stoßdämpfung bei -10 °C und $+50\text{ °C}$ nach DIN 4840 [3].

Die nicht mehr gültige DIN 4840 wurde

deshalb herangezogen, weil diese die Prüfgrundlage zu Beginn der Untersuchungsreihe war.

Durchdringungsfestigkeit nach DIN 4840

Bei der Prüfung der Durchdringungsfestigkeit wird der zu prüfende Helm auf einen Prüfkopf befestigt und durch einen 1,5 kg schweren Spitzkegel aus 1,5 m Höhe getroffen. Es wurden pro Helm insgesamt zwei Beaufschlagungen an verschiedenen Stellen des Schutzhelms durchgeführt. Bei keiner Beaufschlagung darf der Prüfkegel den Prüfkopf berühren. Die Helme wurden bei -10 °C und $+50\text{ °C}$ vorkonditioniert.

Stoßdämpfung nach DIN 4840

Bei der Prüfung der Stoßdämpfung (**Bild 2**) wird der zu prüfende Helm auf einem Prüfkopf befestigt und mit einer 3-kg-Kugel aus 1,5 m Höhe beaufschlagt (Aufprallenergie 44 J). Es wird die Kraft gemessen, die auf den Prüfkopf übertragen wird. Der Grenzwert liegt bei maximal 5 kN. In diesen Untersuchungen wurden die Helme ebenfalls bei -10 °C und $+50\text{ °C}$ vorkonditioniert.

Bild 2 Prüfung der Stoßdämpfung.



Betrieblich gealterte Industrieschutzhelme aus PF-SF

Da die Prüfung der Durchdringungsfestigkeit sich nach den Erfahrungen der vorangegangenen Untersuchungen der freibewitterten Helme als die kritischere erwies, wurde diese bei einem Großteil der zur Verfügung stehenden Helme nach DIN EN 397 [4] angewendet. Sie erfolgte bei -10 °C oder $+50\text{ °C}$, wobei das Prüfklima $+50\text{ °C}$ bevorzugt bei Helmen aus Hitzebetrieben angewendet wurde. Falls von einem Helmtyp eines Jahrgangs mehrere Exemplare vorhanden waren, wurde auch die Prüfung der Stoßdämpfung nach DIN EN 397 durchgeführt.

Da sich zwischenzeitlich die Prüfgrundlage geändert hatte und die DIN 4840 nicht mehr gültig war, wurde für diese Untersuchung die neue EN 397 herangezogen.

Durchdringungsfestigkeit nach DIN EN 397

Diese Prüfung ist vom Prinzip ähnlich der nach DIN 4840 beschriebenen. Es wird jedoch ein 3-kg-Spitzkegel verwendet, der aus 1 m Höhe auf den Helm fällt. Jeder Helm wird nur einmal im Scheitelbereich beaufschlagt. Der Prüfkegel darf den Prüfkopf nicht berühren. Die Helme wurden auf Grund der geringen Anzahl nur bei -10 °C oder $+50\text{ °C}$ vorkonditioniert.

Stoßdämpfung nach DIN EN 397

Bei dieser Prüfung wird der auf einen Prüfkopf befestigte Helm mit einer 5 kg schweren Kugel aus 1 m Höhe beaufschlagt (Aufprallenergie 49 J). Der Grenzwert der zu übertragenden Kraft liegt auch bei dieser Norm bei 5 kN. Die Helme wurden ebenfalls auf -10 °C oder $+50\text{ °C}$ vorkonditioniert.

Ergebnisse

Freibewitterte Industrieschutzhelme aus thermoplastischem Kunststoff

Bei einzelnen Helmen traten bereits nach einem Jahr Bewitterung Versprödungen oder Oberflächenrisse auf. Materialtrennende Risse oder Brüche (**Bild 3**) wurden an einem Helmtyp schon nach zwei Jahren festgestellt, an vier weiteren Helmtypen nach drei Jahren. Nach sieben Jahren Freibewitterung zeigten zehn Helmtypen dieses Schadensmerkmal.

Die Durchdringungsfestigkeit nahm in Abhängigkeit von der Bewitterungsdauer ab. Die Prüfung erfolgte nach DIN 4840 bei -10 °C und $+50\text{ °C}$ mit jeweils zwei Beaufschlagungen. Nach zehn Jahren Freibewit-

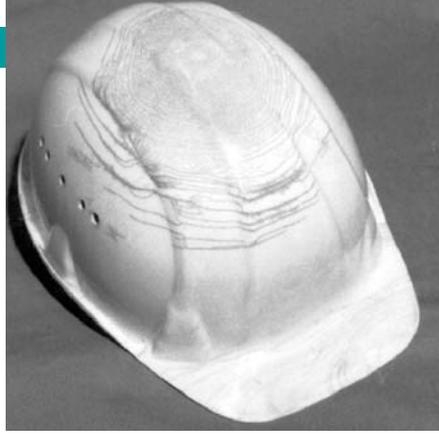


Bild 3 Sichtbare Schäden nach Freibewitterung an der Helmschale.

terung bestanden noch sechs von siebzehn Helmtypen die Prüfung.

Bei der Prüfung der Stoßdämpfung traten bereits nach einem Jahr Freibewitterung die ersten Ausfälle auf. Mit zunehmender Bewitterungsdauer stieg die Anzahl der Helmtypen, die den Schutzanforderungen nicht mehr genügten. Nach zehn Jahren Freibewitterung erfüllten noch sieben der siebzehn Helmtypen die Anforderung der DIN 4840 an die Stoßdämpfung. Die Ergebnisse sind in **Tabelle 2** detailliert dargestellt.

Betrieblich gealterte Industrieschutzhelme aus PF-SF

Von den untersuchten 90 Helmen genügten zehn Helme nicht den Anforderungen der EN 397 in der jeweils ausgeführten Prüfung. Der jüngste Helm, der die Anforderungen der Norm nicht erfüllte, war zum Zeitpunkt der Prüfung acht Jahre alt und stammte aus einem Prüfkollektiv von 13 Helmen des Jahrgangs 1991, gefolgt von einem Helm aus dem Herstellungsjahr 1988. Aus dem Jahrgang 1987 genügten zwei von drei Helmen nicht den Anforderungen der EN 397. Zwei von drei Industrieschutzhelmen aus dem Jahrgang 1986 erfüllten ebenso wenig die Anforderung der Norm wie zwei von vier Helmen aus dem

Jahre 1984. Der älteste negativ geprüfte Helm stammte aus dem Jahre 1971.

Drei der Helme, die nicht den Anforderungen der Norm genügten, wurden in Außenbereichen eingesetzt, vier in geschlossenen Räumen sowie zwei in Mischbereichen, bei einem Helm war das Einsatzgebiet sowie das Alter unbekannt.

Der Versagensschwerpunkt lag bei Helmen, die bei hohen Umgebungstemperaturen im Freien eingesetzt wurden. Sieben der durchgefallenen Helme wiesen starke mechanische Beanspruchungen auf, wie Beschädigung der Lackierung oder Aufzersetzung des Materials an den Helmrändern. Zu den stark vorgeschädigten Helmen zählte auch der acht Jahre alte Helm. Eine genaue Beschreibung der durchgeführten Prüfung, des früheren Einsatzbereiches und der Vorschäden sind in **Tabelle 3** aufgelistet.

Empfehlungen zur Nutzungsdauer von Industrieschutzhelmen

Industrieschutzhelme aus thermoplastischen Kunststoffen

Die Schutzfunktion freibewitterter Helme nimmt gemessen am Stoßdämpfungsvermögen und der Durchdringungsfestigkeit gegenüber Helmen im Neuzustand mit zunehmender Bewitterungsdauer ab. Um aus den Untersuchungsergebnissen die voraussichtliche Gebrauchsdauer ableiten zu können, muss der Zeitraffungsfaktor zwischen Alterung durch Freibewitterung und Alterung während der normalen Benutzung festgelegt werden. Ausgehend von einer täglich maximal zehnstündigen Nutzungsdauer, bei der durch Umwelteinflüsse, Abrieb, Stoßeinwirkungen, kurzzeitige Tempera-

turschwankungen und nicht zuletzt durch arbeitsplatzbedingte Verschmutzung der Alterungsprozess begünstigt wird, ergibt sich eine Zeitraffung im Verhältnis von 1:2 zwischen Bewitterungs- und Nutzungsdauer [5]. Die daraus resultierende Nutzungsdauer für die meisten Industrieschutzhelme aus thermoplastischen Kunststoffen beträgt maximal vier Jahre, gemessen ab Herstellungsdatum. Das Herstellungsdatum ist in der Helmschale eingepreßt.

Zur Groborientierung über die Versprödung von Helmschalen aus unverstärkten thermoplastischen Kunststoffen wird der sog. „Knacktest“ empfohlen. Dabei wird die Helmschale mit den Händen seitlich leicht eingedrückt bzw. der Schirm leicht verbogen. Nimmt man Knister- oder Knackgeräusche wahr, sollte der Helm der weiteren Benutzung entzogen werden (**Bild 4**) [6].

Ein weiterer Hinweis auf die beginnende Alterung ist die Entfärbung der Helmschale, wobei dies besonders für mangelhaft UV-stabilisierte Materialien zutrifft. Feine Haarrisse oder Brüche verlaufen häu-



Bild 4 Knacktest.

Helmtyp Nr.	Freibewitterung in Jahren												Helmschalen Material		
	0 ST	0 DD	1 ST	1 DD	2 ST	2 DD	3 ST	3 DD	5 ST	5 DD	7 ST	7 DD		10 ST	10 DD
01	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	PP-GF
02	-	+	+	+	+	-	+	-	+	-	-	-	-	-	PE
03	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	ABS
04	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	PC
06	+	+	+	+	-	+	-	+	-	+	-	-	-	-	PE
07	+	+	+	+	+	+	+	+	+	-	+	+	+	+	PC-GF
10	+	+	-	-	-	+	-	+	-	-	-	-	-	-	PE
11	+	+	+	+	+	+	+	+	+	-	-	-	-	-	PE
12	+	+	-	+	-	-	+	-	-	-	-	-	-	-	PE
13	+	+	+	+	+	-	+	+	+	-	+	+	+	+	PE
14	+	+	+	-	+	+	+	+	-	+	-	+	-	+	PE
15	+	+	+	+	+	-	+	+	-	-	+	-	--	--	ABS
17	+	+	+	-	-	+	-	-	-	-	-	-	-	-	PE
18	+	+	+	-	-	+	-	-	-	-	-	-	-	-	PE
19	+	+	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	PE
20	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	-	PE
21	+	-	+	+	+	+	+	+	-	+	-	+	-	-	PC-GF

+ Prüfung der Stoßdämpfung bzw. Durchdringung bestanden
 - Prüfung der Stoßdämpfung bzw. Durchdringung nicht bestanden
 -- nicht geprüft

Tabelle 2 Stoßdämpfungsvermögen (ST) und Durchdringungsfestigkeit (DD) freibewitterter Helme aus thermoplastischen Kunststoffen.

Tabelle 3 Getragene Helme aus PF-SF – Zusammenstellung der negativ geprüften Helme und Beschreibung ihrer Vorschäden.

Lfd. Nr.	Baujahr	Anmerkung	Prüfung	Einsatzbereich		Hitzebereich	Oberfläche	Vorschäden
				Außen	Innen			
98	71	Halle, Kaltbereich	DD		x	nein	roh	seitl. Material an Luftlöchern eingerissen, mechanische Schäden (Delle) im oberen Bereich
78	84	Tagebau	DD	x		nein	weiß	Oberfläche stark beschädigt, angegriffen, Innenausstattung bei Prüfung zerstört
2	84		DD	x	x	nein	lackiert	keine gravierenden Beschädigungen sichtbar, lediglich einige Kratzer
58	86	Kokerei	DD	x		ja	lackiert	stark vorbeschädigt, Lackierung teilweise abgekratzt
101	86		ST	?	?	?	lackiert	keine gravierenden Beschädigungen sichtbar, lediglich einige Kratzer
80	87	Untertage	DD		x	nein	weiß	wie lfd. Nr. 78
82	87	Untertage	ST		x	nein	weiß	wie lfd. Nr. 78
66	88	Instandhaltung	DD	x	x	nein	lackiert	leichte mechanische Schäden sichtbar
88	?		DD		x	ja	roh	mechanische Beschädigungen, stark beansprucht
52	91	Kokerei	DD	x		ja	lackiert	stark vorbeschädigt, Lackierung in der Krone stark abgekratzt

DD: Durchdringungsfestigkeit
ST: Stoßdämpfung

fig parallel zueinander um die Helmschale und werden durch Schmutzeinlagerungen als symmetrisches Muster sichtbar. Wird dies beobachtet, ist der Helm ebenfalls auszutauschen (Bild 3).

Industrieschutzhelme aus PF-SF

Industrieschutzhelme aus duroplastischen Kunststoffen weisen i. d. R. eine längere Nutzungsdauer auf als Industrieschutzhelme aus thermoplastischen Kunststoffen. Ihre Nutzungsdauer kann aber ebenfalls durch mechanische Beschädigungen und Fertigungsfehler beeinflusst werden. Auch Witterungseinflüsse können für die Nutzungsdauer eine Rolle spielen.

Das Kollektiv der geprüften getragenen Helme spiegelt die Praxis wieder und kann daher zur Beurteilung der Nutzungsdauer herangezogen werden. Der jüngste negativ geprüfte Helm stammte aus dem Jahre 1991 im Außeneinsatz mit hohen Umgebungstemperaturen. Daraus resultierend wird für Helme aus PF-SF, normalen Gebrauch und Beanspruchung vorausgesetzt, eine Nutzungsdauer von maximal acht Jahren empfohlen.

Bei einer mechanischen Beschädigung oder einem Unfallereignis sollten die

Literaturverzeichnis

- [1] Dolezel, B.: Die Beständigkeit von Kunststoffen und Gummi. München: Carl Hanser Verlag 1978.
- [2] DIN 53386: Prüfung von Kunststoffen und Elastomeren – Bewitterung im Freien. Berlin: Beuth Verlag 1982.
- [3] DIN 4840: Arbeitsschutzhelme; Sicherheitstechnische Anforderungen, Prüfung. Berlin: Beuth Verlag 1989.
- [4] DIN EN 397: Industrieschutzhelme. Berlin: Beuth Verlag 2000.
- [5] Jarczyk, F. G.: Untersuchungen an freibewitterten Industrieschutzhelmen. Plastverarbeiter 31 (1980) Nr. 6, S. 318-320.
- [6] Götte, Th.; v. d. Bank, N.: Industrieschutzhelme – Alterung und Gebrauchsdauer. Die BG (1999) Nr. 7, S. 384-390.
- [7] Berufsgenossenschaftliche Regeln für Sicherheit und Gesundheit bei der Arbeit: Benutzung von Kopfschutz (BGR 193). Hrsg.: Berufsgenossenschaftliche Zentrale für Sicherheit und Gesundheitsschutz – BGZ. Köln: Carl Heymanns Verlag 2000.

Helme jedoch unbedingt auch vor Ablauf der empfohlenen Nutzungsdauer ausgetauscht werden. Viele der getragenen Helme wiesen sichtbare Beschädigungen an der Oberfläche auf (Bild 5).

Problematisch bleibt bei diesen Helmen weiterhin die manuelle Herstellung der Helmschale, die zu Qualitätsschwankungen führen kann.

Zusammenfassung

Die Ergebnisse der beschriebenen Untersuchungen machen deutlich, dass Industrieschutzhelme während des Gebrauchs umweltbedingten Materialalterungen unterliegen. Dies hat zur Folge, dass die mechanische Festigkeit und damit auch die Schutzfunktion mit den Jahren nachlässt. Die Nutzungsdauer der Industrieschutzhelme hängt vom Material der Helmschale ab. Für thermoplastische Kunststoffe wird eine Nutzungsdauer von vier Jahren empfohlen, für duroplastische Kunststoffe eine solche von acht Jahren. Bei Beschädigungen oder nach Beaufschlagung sollte ein Industrieschutzhelme sofort ausgetauscht werden. In der BGR 193 [7] sind die Empfehlungen für die Nutzungsdauer aufgenommen worden.

TÜ 423

Bild 5 Sichtbare mechanische Beschädigungen an der Helmoberfläche.



TÜ Bd.44 (2003) Nr. 10 - Ok

Dr.-Ing. **Detlef Mewes** leitet das Referat „Arbeitsmittel, Bauprodukte, Werkstoffe“ des Berufsgenossenschaftlichen Instituts für Arbeitsschutz – BIA in Sankt Augustin.

Dipl.-Ing. **Nicola von der Bank** ist Sachgebietsleiterin für Persönliche Schutzausrüstungen gegen physikalische Einwirkungen beim Berufsgenossenschaftlichen Institut für Arbeitsschutz – BIA, Sankt Augustin.