

Ausgabe: Mai 2007

Technische Regeln für Gefahrstoffe	Verwendungsbeschränkungen für wassermischbare bzw. wassergemischte Kühlschmierstoffe, bei deren Einsatz N-Nitrosamine auftreten können	TRGS 611
---	---	-----------------

Die Technischen Regeln für Gefahrstoffe (TRGS) geben den Stand der Technik, Arbeitsmedizin und Arbeitshygiene sowie sonstige gesicherte Erkenntnisse für Tätigkeiten mit Gefahrstoffen, einschließlich deren Einstufung und Kennzeichnung, wieder. Sie werden vom

Ausschuss für Gefahrstoffe (AGS)

aufgestellt und von ihm der Entwicklung entsprechend angepasst.

Die TRGS werden vom Bundesministerium für Arbeit und Soziales im Gemeinsamen Ministerialblatt (GMBI) bekannt gegeben.

Inhalt

- 1 Anwendungsbereich
- 2 Begriffsbestimmungen und Erläuterungen
- 3 Informationsermittlung und Gefährdungsbeurteilung
- 4 Anforderungen an wassermischbare Kühlschmierstoffe im Anlieferungszustand
- 5 Schutz- und Überwachungsmaßnahmen beim Einsatz wassergemischter Kühlschmierstoffe

Anlage

1 Anwendungsbereich

(1) Die TRGS 611 gilt für die Verwendung wassermischbarer Kühlschmierstoffe bzw. den Einsatz wassergemischter Kühlschmierstoffe im gewerblichen Bereich der Be- und Verarbeitung von Werkstücken, d.h. vor allem in der metallverarbeitenden Industrie. Im hier genannten gewerblichen Bereich werden N-Nitrosamine in der Regel weder hergestellt noch verwendet. Sie sind auch nicht oder allenfalls in äußerst geringer Menge (als Verunreinigung) in wassermischbaren Kühlschmierstoffen enthalten, sondern bilden sich erst unter bestimmten Umständen beim Einsatz bestimmter wassergemischter Kühlschmierstoffe durch Nitrosierung sekundärer Amine.

(2) Diese TRGS richtet sich an die Arbeitgeber derjenigen Betriebe, in denen wassermischbare Kühlschmierstoffe verwendet bzw. wassergemischte Kühlschmierstoffe eingesetzt werden.

(3) Darüber hinaus richtet sich diese TRGS an die Hersteller, Einführer und Inverkehrbringer von wassermischbaren Kühlschmierstoffen, als diese aufgefordert sind

- nur Produkte auf den Markt zu bringen, die den Anforderungen dieser TRGS entsprechen,
- die von dieser TRGS geforderten Informationen in ihre Sicherheitsdatenblätter aufzunehmen.

(4) Die TRGS 611 schließt sich an die TRGS 552 "N-Nitrosamine" [1] an und ergänzt diese für den hier beschriebenen speziellen Bereich.

(5) Die TRGS 611 liefert sicherheitstechnische Hinweise für die Zusammensetzung und die Anwendung von wassermischbaren bzw. wassergemischten Kühlschmierstoffen bei der spanenden Fertigung und der Umformung von Werkstücken, insbesondere in der metallbearbeitenden Industrie. Im Einklang mit dem in der Gefahrstoffverordnung (GefStoffV) [2] vorgeschriebenen Minimierungsgebot (siehe insbesondere § 8 Abs. 2 und § 11 GefStoffV) soll die Anwendung dieser TRGS das Risiko der N-Nitrosamin-Bildung beim Einsatz dieser Kühlschmierstoffe und damit die Exposition Beschäftigter in der metallverarbeitenden Industrie weitgehend ausschließen [3].

(6) N-Nitrosamine sind in wassermischbaren Kühlschmierstoffen, die keine nitrosierenden Agenzien (wie Nitrit) enthalten, nicht oder allenfalls in äußerst geringen Mengen (als Folge von Verunreinigungen) enthalten. Sie können sich unter bestimmten Bedingungen während des Einsatzes wassergemischter Kühlschmierstoffe bilden.

(7) Zur Reduzierung des Risikos der Bildung von N-Nitrosaminen werden eine Reihe von Verwendungsbeschränkungen ausgesprochen, die darauf basieren, nitrosierende Agenzien fernzuhalten und nitrosierbare sekundäre Amine durch geeignete Ersatzstoffe, z.B. primäre Amine, zu ersetzen.

(8) Hinsichtlich der allgemeinen Aspekte des Themenkomplexes N-Nitrosamine und den bereits existierenden allgemeinen, d.h. über den Bereich Kühlschmierstoffe hinausgehenden Regelungen und Vorschriften wird auf die TRGS 552 verwiesen.

2 Begriffsbestimmungen und Erläuterungen

(1) Kühlschmierstoffe im Sinne dieser TRGS sind die vom Hersteller, Einführer oder Inverkehrbringer gelieferten wassermischbaren Kühlschmierstoffe (Kühlschmierstoff-Konzentrate) und die vom Anwender bei der spanenden Fertigung und der Umformung von Werkstücken eingesetzten wassergemischten Kühlschmierstoffe (Kühlschmieremulsionen und -lösungen).

(2) N-Nitrosamine sind organische Stickstoffverbindungen, die unter bestimmten Reaktionsbedingungen aus nitrosierenden Agenzien und nitrosierbaren sekundären Aminen entstehen können [4-9].

(3) N-Nitrosamine im Sinne dieser TRGS sind die in Nummer 1 Abs. 1 der TRGS 552 genannten krebserzeugenden N-Nitrosamine der Kategorie 1 und 2 und andere derartige krebserzeugende N-Nitrosamine, die sich beim Einsatz wassergemischter Kühlschmierstoffe bilden können.

(4) Aufgrund der derzeit vorliegenden Erkenntnisse kann davon ausgegangen werden, dass im Wesentlichen die Bildung folgender in der TRGS 552 genannter krebserzeugender N-Nitrosamine der Kategorie 2 beim Einsatz bestimmter wassergemischter Kühlschmierstoffe unter bestimmten Umständen möglich ist :

- N-Nitroso-diethanolamin (2,2'-(Nitrosoimino)bisethanol) CAS-Nr. 1116-54-7,
- N-Nitroso-morpholin CAS-Nr. 59-89-2.

(5) Die vorliegenden Ergebnisse und Publikationen zeigen deutlich, dass N-Nitroso-diethanolamin (NDELA) mit Abstand das in diesem Zusammenhang am häufigsten auftretende N-Nitrosamin ist [5,6,10-13]. N-Nitroso-diethanolamin (NDELA) wird daher als Leitsubstanz im Sinne dieser TRGS angesehen.

(6) Diese TRGS gilt nicht für nicht krebserzeugende N-Nitrosamine. Als nicht krebserzeugende N-Nitrosamine im Sinne dieser TRGS sind die in Nummer 1 Abs. 2 der TRGS 552 aufgeführten N-Nitrosamine, u.a. N-Nitroso-dicyclohexylamin (Dicyclohexylnitrosamin, CAS-Nr. 947-92-2), sowie andere N-Nitrosamine, bei denen sich in Prüfungen ein Hinweis auf eine krebserzeugende Wirkung nicht ergeben hat, anzusehen.

(7) Erbgutverändernde N-Nitrosamine der Kategorie 3 sind keine N-Nitrosamine im Sinne der TRGS 611 (siehe auch Nummer 1 Abs. 3 der TRGS 552). Grundsätzlich sind krebserzeugende und erbgutverändernde Stoffe der Kategorie 3 aufgrund des EU-Gefahrstoffrechts [14] und der Gefahrstoffverordnung (siehe insbesondere §§ 7-11) anders zu bewerten als krebserzeugende und erbgutverändernde Stoffe der Kategorien 1 und 2. Sollte die Gefährdungsbeurteilung ein Risiko des Entstehens oder Freisetzens eines erbgutverändernden N-Nitrosamins der Kategorie 3 ergeben, sind in der Regel die Maßnahmen der Schutzstufe 2 gemäß § 9 GefStoffV zu befolgen. (Zur Zeit ist N-Nitroso-dicyclohexylamin (Dicyclohexylnitrosamin) als erbgutverändernd Kategorie 3 eingestuft [15]. Es sind zur Zeit keine N-Nitrosamine als krebserzeugend Kategorie 3 eingestuft.)

(8) Sekundäre Amine im Sinne dieser TRGS sind diejenigen sekundären Amine, die unter den üblichen Bedingungen des Einsatzes wassergemischter Kühlschmierstoffe krebserzeugende N-Nitrosamine der Kategorie 1 oder 2 bilden. Solche nitrosierbaren sekundären Amine sind insbesondere

- Diethanolamin (2,2'-Iminodiethanol) CAS-Nr. 111-42-2,
- Morpholin CAS-Nr. 110-91-8.

(9) Verkaptete sekundäre Amine im Sinne dieser TRGS sind bestimmte stickstoffhaltige Verbindungen, die nitrosierbare sekundäre Amine gemäß Abs. 8, z.B. durch Hydrolyse oder infolge thermischer Zersetzung oder infolge anderer chemischer Reaktionen, im Zuge ihrer Verwendung in wassermischbaren Kühlschmierstoffen bzw. ihres Einsatzes in wassergemischten Kühlschmierstoffen unter üblichen Verwendungs- bzw. Einsatzbedingungen in signifikantem Ausmaß freisetzen, z.B.

- bestimmte Fettsäurealkanamide (Korrosionsinhibitoren), die aus einer

Fettsäure und einem sekundären Alkanolamin hergestellt werden

- Bismorpholinomethan (4,4'-Methylen-bis-morpholin), CAS-Nr. 5625-90-1

Als signifikant ist die Freisetzung eines sekundärenamins dann anzusehen, wenn bei der resultierenden Bildung des entsprechenden krebserzeugenden N-Nitrosamins der Kategorie 1 oder 2 der Stand der Technik in der Luft in Arbeitsbereichen ($0,2 \mu\text{g}/\text{m}^3$ - siehe Nummer 5.4 Abs. 4 dieser TRGS und Nummer 4.3 der TRGS 552) nicht eingehalten oder die Konzentrationsgrenze in Zubereitungen (d.h. im wassermischbaren oder wassergemischten Kühlschmierstoff) gemäß TRGS 905 (1 bzw. 5 mg/kg) [15] überschritten wird. Derartige verkappte sekundäre Amine sind im Zuge dieser TRGS wie sekundäre Amine gemäß Absatz 8 zu behandeln.

(10) Sekundäre Amine, die nachweislich nicht oder nur sehr schwer nitrosierbar sind oder deren Nitrosierung nicht zu krebserzeugenden N-Nitrosaminen der Kategorie 1 oder 2 führt, z.B. Dicyclohexylamin (siehe Absätze 6 und 7, CAS-Nr. 101-83-7), sind keine sekundären Amine im Sinne dieser TRGS.

(11) Relevante nitrosierende Agenzien bzw. deren Vorstufen (aus denen leicht nitrosierende Agenzien entstehen) sind u.a. [4-7]:

- bestimmte Oxide des Stickstoffs (N_2O_3 und N_2O_4 als direkte nitrosierende Agenzien sowie NO und NO_2 als Vorstufen),
- Nitrosylhalogenide (z.B. NOCl, NOBr),
- organische Nitro- und Nitrosoverbindungen,
- salpetrige Säure (HNO_2) und deren Reaktionsformen,
- Nitrite, z.B. Natriumnitrit (NaNO_2 , CAS-Nr. 7632-00-0) und Kaliumnitrit (KNO_2 , CAS-Nr. 7758-09-0),
(Nitrit entsteht in wassergemischten Kühlschmierstoffen im Falle mikrobiellen Befalls häufig durch bakterielle Reduktion von Nitrat; darüber hinaus kann es z.B. aus Härtereien oder Korrosionsschutzmitteln eingeschleppt werden).

(12) Folgende Faktoren begünstigen die Bildung von N-Nitrosaminen [4-9]:

- hohe Konzentrationen der Reaktionspartner (nitrosierendes Agenz und nitrosierbares sekundäres Amin) in flüssigen und festen Systemen,
- hoher Dampfdruck flüchtiger Reaktionspartner bzw. hoher Partialdruck gasförmiger Reaktionspartner bei Gasphasenreaktionen,
- hohe Prozess- bzw. Anwendungstemperaturen,
- die Anwesenheit von Katalysatoren (z.B. Formaldehyd, Thioharnstoff und einzelne Thiole, Halogenid- und Pseudohalogenid-Ionen, einzelne Metallionen),
- Anwendungen mit Aerosolbildung.

(13) In wässrigen Systemen spielt der pH-Wert eine erhebliche Rolle. Niedrige pH-Werte begünstigen die Bildung von N-Nitrosaminen; der optimale pH-Wert-Bereich für die N-Nitrosamin-Bildung liegt meist zwischen 2 und 5 [4-7]. Gleichwohl können unter bestimmten Reaktionsbedingungen N-Nitrosamine auch beim Einsatz wassergemischter Kühlschmierstoffe im alkalischen Milieu bis zu einem pH-Wert von ca. 9,5 gebildet werden, wenn auch mit geringer Ausbeute.

(14) Die Bildung von N-Nitrosaminen kann verhindert oder reduziert werden durch [4-9,16-19]

1. Abwesenheit oder sehr niedrige Konzentrationen der Reaktionspartner (nitrosierende Agenzien und nitrosierbare sekundäre Amine) einschließlich ihrer Vorstufen, vorzugsweise erreichbar durch Einsatz von Ersatzstoffen, die keine Reaktionspartner der N-Nitrosamin-Bildung sind (siehe auch Nummer 4.2 Abs. 3),
2. Reaktionsbedingungen, die für eine Bildung von N-Nitrosaminen ungünstig sind, z.B.
 - niedrige Temperaturen,
 - Vermeidung von Aerosolbildung,
 - hoher pH-Wert (in wässrigen Systemen),
 - Vermeidung der mikrobiellen Bildung von Nitrit (in wässrigen Systemen), z.B. durch präventive Konservierung von wassergemischten Kühlschmierstoffen,
3. Abwesenheit von Katalysatoren (siehe oben),
4. Anwesenheit von Inhibitoren (z.B. primäre Amine und primäre Alkanolamine, Ascorbinsäure und Ascorbinsäure-Derivate, Sulfamate, p-Aminobenzoessäure, Alkansulfonamide, α -Tocopherol und α -Tocopherol-Derivate, einzelne Phenole); als besonders geeignete Inhibitoren in wässrigen Systemen haben sich eine Reihe primärer Amine und primärer Alkanolamine erwiesen.
5. UV-Licht.

3 Informationsermittlung und Gefährdungsbeurteilung

(1) In Arbeitsbereichen, in denen wassermischbare Kühlschmierstoffe verwendet bzw. wassergemischte Kühlschmierstoffe eingesetzt werden, gelten die Bestimmungen zur Informationsermittlung und Gefährdungsbeurteilung gemäß § 7 GefStoffV.

(2) Auf die Auskunftsverpflichtungen des Herstellers, Einführers oder Inverkehrbringers des wassermischbaren Kühlschmierstoffs gegenüber dem Verwender gemäß § 5 und § 6 GefStoffV sowie auf die Bestimmungen hinsichtlich der Zusammenarbeit von Firmen gemäß § 17 GefStoffV wird verwiesen.

(3) Die im Hinblick auf die hier beschriebene Gefährdung (Risiko der Bildung krebserzeugender N-Nitrosamine - siehe Nummer 1 und 2) maßgeblichen Anforderungen der Gefahrstoffverordnung gelten in der Regel als erfüllt, wenn ausschließlich wassermischbare Kühlschmierstoffe gemäß Nummer 4 verwendet werden und wenn beim Einsatz wassergemischter Kühlschmierstoffe die in Nummer 5 vorgeschriebenen Schutz- und Überwachungsmaßnahmen befolgt werden.

(4) Der Arbeitgeber hat sich entsprechend zu vergewissern, dass der verwendete wassermischbare Kühlschmierstoff den Anforderungen nach Nummer 4 dieser TRGS genügt.

4 Anforderungen an wassermischbare Kühlschmierstoffe im Anlieferungszustand

4.1 Abwesenheit nitrosierender Agenzien

Gemäß § 18 Abs. 1 und Anhang IV Nr. 19 GefStoffV dürfen wassermischbare Kühlschmierstoffe keine nitrosierenden Agenzien oder deren Vorstufen (wie Nitrite oder nitritabspaltende Substanzen, z.B. bestimmte organische Nitroverbindungen wie 2-Methyl-2-nitro-1,3-propandiol, 2-Ethyl-2-nitro-1,3-propandiol, 2-Brom-2-nitro-1,3-propandiol, 2-Hydroxymethyl-2-nitro-1,3-propandiol, 4-(2-Nitrobutyl)morpholin, 4,4'-(2-Ethyl-2-nitro-trimethylen)dimorpholin und 5-Methyl-5-nitro-1,3-dioxan) enthalten.

4.2 Gehalt an sekundären Aminen

(1) Wassermischbare Kühlschmierstoffe (Kühlschmierstoff-Konzentrate) dürfen keine sekundären Amine gemäß Nummer 2 Abs. 8 oder 9 als Komponenten enthalten.

(2) Der Gehalt an solchen sekundären Aminen in wassermischbaren Kühlschmierstoffen, der aus Verunreinigungen bzw. Nebenbestandteilen resultiert, darf 0,2 Massen-% (bezogen auf das Kühlschmierstoff-Konzentrat) nicht überschreiten. Dieser Grenzwert gilt sinngemäß auch für verkappte sekundäre Amine (siehe Nummer 2 Abs. 9).

(3) Primäre Amine und primäre Alkanolamine werden als bevorzugte geeignete Ersatzstoffe für sekundäre Amine angesehen, da deren Nitrosierung nicht zu stabilen N-Nitrosaminen führt. Darüber hinaus kann nach dem Stand der derzeitigen wissenschaftlichen Erkenntnis davon ausgegangen werden, dass primäre Amine und primäre Alkanolamine die Bildung von N-Nitrosaminen aus sekundären Aminen aufgrund ihrer Inhibitorwirkung hemmen [4-7,9,16-19].

(4) Beim Einsatz von tertiären Aminen, die z.Zt. noch sekundäre Amine als Verunreinigungen enthalten, muss auf eine möglichst hohe Reinheit des technischen Produktes geachtet werden.

4.3 Aminfreie Kühlschmierstoffe

(1) Die sogenannten aminfreien Kühlschmierstoffe erfüllen ebenfalls die Anforderungen von Nummer 4 der TRGS 611. Als aminfreie Kühlschmierstoffe werden diejenigen wassermischbaren Kühlschmierstoffe bezeichnet, die im Anlieferungszustand weder freie noch verkappte Amine enthalten.

(2) Beim Einsatz wassergemischter aminfreier Kühlschmierstoffe ist insbesondere auf die Konstanz des pH-Wertes zu achten. Darüber hinaus wird für den Einsatz wassergemischter aminfreier Kühlschmierstoffe die Verwendung von geeigneten Inhibitoren zur Hemmung der N-Nitrosamin-Bildung besonders empfohlen, um im Falle von Einschleppungen, Verunreinigungen bzw. der Bildung bestimmter mikrobieller Reaktionsprodukte (siehe Nummer 5.6 und 5.7) ein erhöhtes Risiko der

N-Nitrosamin-Bildung zu vermeiden.

4.4 Sekundäraminhaltige Kühlschmierstoffe / Inhibitoren der Bildung von N-Nitrosaminen

Kühlschmierstoff-Rezepturen, die Inhibitoren in einem Ausmaß enthalten, die nachweislich die Bildung von N-Nitrosaminen während des Einsatzes unterbinden, werden von den in Nummer 4.2 aufgeführten Beschränkungen für sekundäre Amine ausgenommen, wobei bei einem Gehalt an sekundären Aminen im Kühlschmierstoff-Konzentrat von mehr als 0,2 % der wassergemischte Kühlschmierstoff während seines Einsatzes gemäß dem erweiterten Untersuchungsumfang nach Nummer 5.5 und Tabelle 2 der Anlage zur TRGS 611 jeweils im Einzelfall geprüft werden muss.

5 Schutz- und Überwachungsmaßnahmen beim Einsatz wassergemischter Kühlschmierstoffe

5.1 Vermeidung von Hautkontakt

Bei Kühlschmierstoffen wird der Hautpassage der N-Nitrosamine eine wichtige Bedeutung beigemessen. Aus diesem Grunde ist der Hautkontakt mit dem wassergemischten Kühlschmierstoff auf das unvermeidliche Mindestmaß zu beschränken. In diesem Zusammenhang wird auf die Beachtung der TRGS 401 [20] verwiesen.

5.2 Nitratgehalt des Ansetzwassers

(1) Es ist sicherzustellen, dass das für die Bereitung von Kühlschmieremulsionen und -lösungen bzw. zum Nachfüllen benutzte Wasser einen Nitratgehalt von 50 mg/l (entsprechend dem Maximalwert für Nitrat in der Trinkwasser-Verordnung [21]) nicht überschreitet. Ein niedriger Nitratgehalt ist anzustreben. Der Nitratgehalt des Ansetz- bzw. Nachfüllwassers ist von Zeit zu Zeit zu überprüfen bzw. beim zuständigen Wasserwerk zu erfragen.

(2) Überschreitet der Nitratgehalt des Ansetzwassers 50 mg/l, muss ein Nitratgehalt des Ansetzwassers unter diesem Grenzwert durch Beimischung von demineralisiertem oder anderem nitratarmem Wasser erreicht werden.

5.3 Überwachung des Nitritgehalts

(1) Nitrit ist grundsätzlich wöchentlich im gebrauchten wassergemischten Kühlschmierstoff zu messen.

- (2) Ist eine regelmäßige Kontrolle der Gebrauchtemulsion bzw. -lösung und eine entsprechende Dokumentation der Messwerte gewährleistet, kann bei fortgesetzt niedrigen Nitritwerten (dreimal in Folge unter 10 mg Nitrit/l) ein längeres Messintervall (maximal vier Wochen) für die Nitritmessung festgelegt werden. Bei Werten über 10 mg Nitrit/l ist zum wöchentlichen Messintervall zurückzukehren. Auf die in der BG-Regel 143 [22] gegebenen Empfehlungen für Untersuchungen zur Prüfung gebrauchter wassergemischter Kühlschmierstoffe wird hingewiesen.
- (3) Bei Überschreitung eines Wertes von 20 mg Nitrit/l ist ein Wechsel oder Teilaustausch des wassergemischten Kühlschmierstoffs durchzuführen oder es ist in Absprache mit dem Kühlschmierstoff-Hersteller ein geeigneter Inhibitor (zur Hemmung der N-Nitrosamin-Bildung) zuzusetzen. Enthält der wassermischbare Kühlschmierstoff (d.h. das Kühlschmierstoff-Konzentrat) eine ausreichende Menge eines geeigneten Inhibitors, ist dies der Zugabe eines geeigneten Inhibitors zur Gebrauchtemulsion oder -lösung gleichwertig.
- (4) Das Kühlschmierstoffsystem ist bei vollständigem Emulsions- bzw. Lösungswechsel je nach dem Grad der Verschmutzung und des mikrobiellen Befalls effektiv zu reinigen. In diesem Zusammenhang wird auf die in der BG-Regel 143 beschriebenen Reinigungsmaßnahmen hingewiesen.

5.4 N-Nitrosamin-Gehalt im wassergemischten Kühlschmierstoff und in der Luft in Arbeitsbereichen

- (1) Soweit der in Nummer 5.3 genannte Austausch, Teilaustausch oder der Zusatz eines Inhibitors nicht erfolgt bzw. der wassermischbare Kühlschmierstoff (d.h. das Kühlschmierstoff-Konzentrat) nicht eine ausreichende Menge eines geeigneten Inhibitors enthält, ist der N-Nitroso-diethanolamin (NDELA)-Gehalt im gebrauchten wassergemischten Kühlschmierstoff und die NDELA-Konzentration in der Luft in Arbeitsbereichen zu bestimmen.
- (2) Der Gehalt an N-Nitroso-diethanolamin (NDELA) im gebrauchten wassergemischten Kühlschmierstoff darf die besondere Konzentrationsgrenze in Zubereitungen für „Krebserzeugend, Kategorie 1 oder 2“ gemäß Nummer 4 der TRGS 905 von 0,0005 % (5 mg/kg) [15] nicht übersteigen. Bei Beachtung von Nummer 3 Abs. 4 und Nummer 4 gilt der NDELA-Gehalt als eingehalten, wenn der gebrauchte wassergemischte Kühlschmierstoff nicht mehr als 20 mg/l an Nitrit enthält bzw. die Voraussetzungen gemäß Nummer 5.3 Abs. 3 erfüllt sind.
- (3) Der Gehalt an N-Nitroso-morpholin (NMOR) im gebrauchten wassergemischten Kühlschmierstoff darf die besondere Konzentrationsgrenze in Zubereitungen für „Krebserzeugend, Kategorie 1 oder 2“ gemäß Nummer 4 der TRGS 905 von 0,0001 % (1 mg/kg) [15] nicht übersteigen. Bei Beachtung von Nummer 3 Abs. 4 und Nummer 4 gilt der NMOR-Gehalt als eingehalten, wenn der gebrauchte wassergemischte Kühlschmierstoff nicht mehr als 20 mg/l an Nitrit enthält bzw. die Voraussetzungen gemäß Nummer 5.3 Abs. 3 erfüllt sind.
- (4) Beim Einsatz wassergemischter Kühlschmierstoffe ist als Stand der Technik ein Wert von 0,2 µg/m³ für die Konzentration krebserzeugender N-Nitrosamine der Kategorien 1 und 2 (wie NDELA und NMOR) in der Luft in Arbeitsbereichen

anzusehen (siehe TRGS 552 Nummer 4.3). Dieser Stand der Technik gilt als eingehalten, wenn der gebrauchte wassergemischte Kühlschmierstoff nicht mehr als 20 mg/l an Nitrit enthält bzw. die Voraussetzungen gemäß Nummer 5.3 Abs. 3 erfüllt sind.

5.5 Erweiterter Untersuchungsumfang für den Sonderfall sekundär-aminhaltiger Kühlschmierstoffe gemäß Nummer 4.4

(1) Bei wassergemischten Kühlschmierstoffen, die gemäß Nummer 4.4 mehr als 0,2 % sekundäre Amine gemäß Nummer 2 Abs. 8 oder 9 enthalten und die damit nicht die Anforderungen gemäß Nummer 4.2 erfüllen, sind regelmäßige N-Nitrosamin-Untersuchungen im gebrauchten wassergemischten Kühlschmierstoff und in der Luft in Arbeitsbereichen durchzuführen. Es ist dasjenige N-Nitrosamin zu messen, das durch Nitrosierung des eingesetzten sekundären Amins gebildet werden kann (z.B. N-Nitroso-diethanolamin im Falle der Anwesenheit von Diethanolamin oder Diethanolamin-Derivaten [23], N-Nitroso-morpholin im Falle der Anwesenheit von Morpholin oder Morpholin-Derivaten wie Bismorpholinomethan). Dabei ist bei flüchtigen N-Nitrosaminen (z.B. N-Nitroso-morpholin) der Schwerpunkt auf die Luftmessungen, bei nicht flüchtigen N-Nitrosaminen (z.B. N-Nitroso-diethanolamin) hingegen auf die Messungen im gebrauchten wassergemischten Kühlschmierstoff zu legen.

(2) Die besonderen Konzentrationsgrenzen für „Krebserzeugend, Kategorie 1 oder 2“ in Zubereitungen gemäß Nummer 4 der TRGS 905 betragen für

- N-Nitroso-diethanolamin (NDELA) 0,0005 % (5 mg/kg),
- N-Nitroso-morpholin (NMOR) 0,0001 % (1 mg/kg).

(3) Für die N-Nitrosamin-Messungen im sekundäraminhaltigen wassergemischten Kühlschmierstoff gilt zunächst (nach Neubefüllung des Kühlschmierstoffsystems) folgendes Untersuchungsintervall: mindestens alle zwei Wochen.

(4) Sollten die Ergebnisse von drei aufeinanderfolgenden N-Nitrosamin-Messungen unterhalb der Hälfte der besonderen Konzentrationsgrenze in Zubereitungen für „Krebserzeugend, Kategorie 1 oder 2“ gemäß Nummer 4 der TRGS 905 liegen und die N-Nitrosamin-Konzentration im wassergemischten Kühlschmierstoff keinen weiteren deutlichen Anstieg zeigen, kann das Untersuchungsintervall auf zwei Monate ausgedehnt werden.

(5) In der Luft in Arbeitsbereichen ist im Falle nicht flüchtiger N-Nitrosamine (z.B. N-Nitroso-diethanolamin) sechs Wochen nach Neubefüllung des Kühlschmierstoffsystems eine N-Nitrosamin-Messung durchzuführen.

(6) Für flüchtige N-Nitrosamine (z.B. N-Nitroso-morpholin) hat die Messung in der Luft in Arbeitsbereichen zunächst alle zwei Wochen nach Neubefüllung des Kühlschmierstoffsystems zu erfolgen.

(7) Weitere N-Nitrosamin-Messungen in der Luft in Arbeitsbereichen müssen durchgeführt werden, wenn die Einhaltung des Standes der Technik nicht dauerhaft gewährleistet ist oder ein deutlicher Anstieg der N-Nitrosamin-Werte im wassergemischten Kühlschmierstoff festgestellt wurde. Bei flüchtigen N-Nitrosaminen

hat parallel zu jeder Bestimmung der N-Nitrosamin-Konzentration im wassergemischten Kühlschmierstoff eine N-Nitrosamin-Messung in der Luft in Arbeitsbereichen zu erfolgen.

(8) Hinsichtlich der Konzentration krebserzeugender N-Nitrosamine der Kategorien 1 und 2 (wie NDELA und NMOR) in der Luft in Arbeitsbereichen gilt der Stand der Technik als eingehalten, wenn ein Wert von $0,2 \mu\text{g}/\text{m}^3$ für die Konzentration krebserzeugender N-Nitrosamine der Kategorien 1 und 2 nicht überschritten wird.

(9) Darüber hinaus sind die in Tabelle 2 der Anlage zur TRGS 611 aufgeführten regelmäßigen Untersuchungen (erweiterter Untersuchungsumfang) durchzuführen.

(10) Sollte es Hinweise auf eine N-Nitrosamin-Bildung geben (erheblicher mikrobieller Befall und/oder deutlicher Anstieg des Nitritgehalts und/oder beträchtlicher Abfall des pH-Wertes), sind unverzüglich N-Nitrosamin-Messungen im wassergemischten Kühlschmierstoff und in der Luft in Arbeitsbereichen durchzuführen.

(11) Sämtliche im Rahmen des Einsatzes eines solchen sekundäraminhaltigen wassergemischten Kühlschmierstoffs durchgeführten Messungen sind vom Arbeitgeber zu dokumentieren.

(12) Im Sicherheitsdatenblatt des Kühlschmierstoffs ist vom Hersteller folgender Hinweis aufzunehmen: „Dieser Kühlschmierstoff darf nur unter den Bedingungen der Nummern 4.4 und 5.5 der TRGS 611 eingesetzt werden. Vorliegende Erkenntnisse können beim Hersteller erfragt werden.“

5.6 Vermeidung der Einschleppung oder Bildung von nitrosierenden Agenzien

(1) Das Eindringen von nitrosierenden Agenzien in den wassergemischten Kühlschmierstoff und die Bildung von nitrosierenden Agenzien im wassergemischten Kühlschmierstoff erhöhen das Risiko der Bildung von N-Nitrosaminen und sollen daher soweit wie möglich vermieden werden.

(2) Äußere Quellen von nitrosierenden Agenzien, z.B. Stickoxide (infolge des Betriebs von Verbrennungsmotoren, gas- oder dieselbetriebenen Gabelstaplern, Schweißgeräten u.ä. sowie Zigaretten- und anderer Tabakrauch) sind fernzuhalten.

(3) Die Einschleppung von nitrithaltigen Korrosionsschutzmitteln, Reinigungsmitteln, Härtesalzen u.ä. sowie von Nahrungs- und Genussmitteln und anderen derartigen organischen Stoffen in Kühlschmierstoffsysteme soll möglichst weitgehend unterbunden werden. Die Reinigungseinheiten (z.B. Spülbäder) sind regelmäßig auf etwaigen Restnitritgehalt zu prüfen.

(4) Komponenten, die wassergemischten Kühlschmierstoffen während des Einsatzes zugesetzt werden, dürfen ebenfalls keine nitrosierenden Agenzien enthalten.

(5) In bestimmten Fällen kann die mikrobielle Reduktion von Nitrat zu Nitrit eine erhebliche Rolle spielen. Sie sollte nach Möglichkeit vermieden werden, z.B. durch Einsatz mikrobiell möglichst resistenter Kühlschmierstoffe, durch eine regelmäßige Kontrolle und Pflege der Gebrauchtemulsionen bzw. -lösungen und durch

entsprechend konzipierte Umlaufsysteme für Emulsionen und Lösungen.

(6) Einbrüche von Fremdölen in Kühlschmierstoffsysteme sind ebenfalls soweit wie möglich zu vermeiden. Eingedrungene Fremdöle sollten durch geeignete Maßnahmen (z.B. Abskimmen, Absaugen oder Zentrifugieren) entfernt werden.

5.7 Unterbindung der Einschleppung von sekundären Amin

Die Einschleppung von Fremdstoffen und Verunreinigungen, die sekundäre Amine gemäß Nummer 2 Abs. 8 oder 9 enthalten oder in erheblicher Menge freisetzen (z.B. bestimmte Korrosionsschutzmittel und Dampfphasen-Korrosionsinhibitoren, Systemreiniger oder andere Reinigungsmittel sowie Hydraulikflüssigkeiten oder Schmierstoffe, die mit sekundären Aminen neutralisierte Phosphorsäureester enthalten), ist zu unterbinden. Dies gilt auch für Komponenten, die wassergemischten Kühlschmierstoffen während des Einsatzes zugesetzt werden.

5.8 Temperatur im Emulsions- bzw. Lösungssystem

Erhöhte Temperaturen begünstigen die Bildung von N-Nitrosaminen und sollten daher vermieden werden. Die Temperatur in Emulsions- und Lösungssystemen sollte bestimmte anwendungstechnisch bedingte Grenzwerte nicht übersteigen, z.B. 40°C bei vielen Zerspanungsoperationen und 60°C beim Warmwalzen von Aluminium.

5.9 pH-Wert

(1) Der pH-Wert des gebrauchten wassergemischten Kühlschmierstoffs ist wöchentlich zu kontrollieren, bei der Bearbeitung von Glas und Keramik (wegen des Übertritts alkalischer anorganischer Substanzen und der daraus resultierenden höheren pH-Werte) monatlich.

(2) Niedrige pH-Werte begünstigen die Bildung von N-Nitrosaminen. Ein erheblicher Abfall des pH-Wertes (d.h. ein andauernder Abfall von mehr als 0,5 pH-Punkten gegenüber dem pH-Wert der entsprechenden frisch angesetzten Emulsion oder Lösung) ist daher zu vermeiden.

(3) Bezüglich geeigneter Gegenmaßnahmen sollte in der Regel der Kühlschmierstoff-Hersteller konsultiert werden. Mögliche Maßnahmen zur Anhebung des pH-Wertes sind beispielsweise die Zugabe eines geeigneten alkalischen Biozids (im Falle erheblichen mikrobiellen Befalls), die Zugabe einer geeigneten organischen Base oder die Nachfüllung einer höherkonzentrierten Frischemulsion oder -lösung im Rahmen eines Teilaustauschs.

5.10 Stichprobenregelung für Einzelmaschinen

(1) Im Falle des Einsatzes einer größeren Zahl von Einzelmaschinen gelten die in Nummer 5.3, 5.4, 5.8 und 5.9 festgelegten Messverpflichtungen auch dann als erfüllt, wenn in sachgemäßer Weise Stichproben gebrauchter wassergemischter Kühlschmierstoffe aus jeweils einer oder einigen Einzelmaschinen gezogen und entsprechend untersucht werden. Bei diesem Vorgehen ist darauf zu achten, dass das Stichprobensystem jeweils auf Gruppen von Einzelmaschinen angewandt wird, in denen der gleiche Kühlschmierstoff eingesetzt wird und die unter etwa gleichen oder zumindest ähnlichen Bearbeitungs- und Einsatzbedingungen laufen.

(2) Es ist sicherzustellen, dass die unter den jeweils schwierigsten Bedingungen arbeitenden Einzelmaschinen bzw. die den relativ schwierigsten Bedingungen unterworfenen wassergemischten Kühlschmierstoffe bei der Stichprobenauswahl angemessen vertreten sind. Von Zeit zu Zeit ist zu überprüfen, ob das Stichprobensystem nach wie vor die obengenannten Anforderungen erfüllt.

(3) Eine Stichprobenregelung kann beispielsweise festgelegt werden, indem zunächst in einer Gefährdungsermittlung alle für die mögliche Bildung von N-Nitrosaminen relevanten Parameter, neben den bereits in Nummer 2, Nummer 4 und in Nummer 5.2, 5.3, 5.6, 5.7, 5.8 und 5.9 genannten z.B. Ausmaß und Art der eingeschleppten Stoffe (z.B. Fremdöle) und der gebildeten Reaktionsprodukte, Betriebszeiten der Anlage, Lebensdauer des Kühlschmierstoffs, Anwesenheit von Katalysatoren, untersucht werden.

(4) Anschließend werden dann drei Monate lang regelmäßig der Nitritgehalt und der pH-Wert wöchentlich gemessen. Danach wird entschieden, ob die Messergebnisse ausgewählter Anlagen auf andere Arbeitsplätze übertragen werden können.

(5) Wird nur eine von mehreren Anlagen überwacht, ist diejenige mit den ungünstigsten Messergebnissen (d.h. höchster Nitritwert bzw. niedrigster pH-Wert) auszuwählen. In der Gefährdungsermittlung ist sicherzustellen, dass eine ausreichende Korrelation zwischen der gemessenen und den weiteren Anlagen besteht. Messzeitpunkt und Messort sind so zu wählen, dass das höhere Risiko festgestellt wird (abgesehen von den obengenannten Messergebnissen für Nitrit und den pH-Wert z.B. die Anlage mit der höheren Temperatur oder der längeren Einsatzzeit des Kühlschmierstoffs).

(6) Andere angemessene Verfahren zur Einrichtung einer Stichprobenregelung sind zulässig, wenn mit diesen Verfahren die Einbeziehung der Anlagen mit der jeweils höchsten Risikostufe hinsichtlich der möglichen Bildung von N-Nitrosaminen ebenfalls gewährleistet ist.

5.11 Untersuchungsmethoden

Methoden für die obengenannten Untersuchungen sind in der Anlage zu dieser TRGS aufgeführt.

Literatur

- [1] Technische Regel für Gefahrstoffe TRGS 552 "N-Nitrosamine"
- [2] Verordnung zum Schutz vor gefährlichen Stoffen (Gefahrstoffverordnung - GefStoffV) vom 23.12.2004
- [3] D. Breuer, R. van Gelder, Gefahrstoffe-Reinhaltung der Luft, 61, S. 49-55 (2001)
- [4] M. L. Douglass, B. L. Kabacoff, G. A. Anderson, M. C. Cheng, J. Soc. Cosmet. Chem., 29, S. 581-606 (1978)
- [5] R. Preussmann (Herausgeber): Das Nitrosamin-Problem, DFG-Bericht, Verlag Chemie, Weinheim (1983)
- [6] M. J. Hill (Herausgeber), Nitrosamines, VCH Verlagsgesellschaft, Weinheim (1988)
- [7] R. N. Loepky, C. J. Michejda (Herausgeber), Nitrosamines and Related N-Nitroso Compounds - Chemistry and Biochemistry, ACS Symposium Series 553, Washington D.C. (1994)
- [8] E. O. Bennett, D. L. Bennett, Tribology International, 17, S. 341-346 (1984)
- [9] R. O. Sköld, L. C. Svensson, B. C. Challis, Tagungsband des 8. Internationalen Kolloquiums Tribologie, Technische Akademie Esslingen, S. 18.6-1 – 18.6-12, Ostfildern (1992)
- [10] Nitrosamine, Tagungsbericht (Tb 57), Schriftenreihe der Bundesanstalt für Arbeitsschutz, Dortmund (1992)
- [11] H. Blome, D. Breuer, W. Pfeiffer, D. Wolf, Staub/Reinhaltung der Luft, S. 3-6 (1990)
- [12] S. Fadlallah, S. F. Cooper, M. Fournier, D. Drolet, G. Perrault, J. Chromat. Science, 28, S. 517-523 (1990)
- [13] BIA-Report 6/95 "Kühlschmierstoffe", S. 51, St. Augustin (1995)
- [14] Richtlinie 67/548/EWG vom 27.6.1967 über die Einstufung, Verpackung und Kennzeichnung gefährlicher Stoffe, ABl. EG L 196 S. 1 vom 16.8.1967, einschließlich der Anpassungsrichtlinien
- [15] Technische Regel für Gefahrstoffe TRGS 905 „Verzeichnis krebserzeugender, erbgutverändernder oder fortpflanzungsgefährdender Stoffe“
- [16] J. Hübner, Tagungsband des 9. Internationalen Kolloquiums Tribologie, Technische Akademie Esslingen, S. 4.8-1 – 4.8-18, Ostfildern (1994)
- [17] M. Blankart, N-Nitrosoverbindungen in kosmetischen Mitteln, Dissertation, Kaiserslautern (1989)
- [18] G. Eisenbrand, Vermeidung der Nitrosaminbildung in kosmetischen Mitteln, Untersuchung für IKW/TEGEWA, Kaiserslautern (1994)
- [19] H. Sommer, Entstehung und Vorkommen von N-Nitrosodialkanolaminen in kosmetischen Mitteln sowie Präventionsmaßnahmen, Dissertation, Kaiserslautern (1988)

- [20] Technische Regel für Gefahrstoffe TRGS 401: „Gefährdung durch Hautkontakt - Ermittlung, Beurteilung, Maßnahmen“
- [21] Trinkwasserverordnung vom 21.5.2001, BGBl. I S. 959, zuletzt geändert am 25.11.2003, BGBl. I S. 2304
- [22] BG-Regel (BGR) 143, „Tätigkeiten mit Kühlschmierstoffen“, Hauptverband der gewerblichen Berufsgenossenschaften, St. Augustin (2006)
- [23] H. Hobelsberger, W. Illi, A. Kiechle, H. Kreilinger, I. Sadorf, W. Angerer, C. Eckert, R. Freitag, M. Rocker, D. Breuer, Gefahrstoffe-Reinhaltung der Luft, 60, S. 159-166 (2000)
- [24] D. Breuer, C. Lützenkirchen, M. Böckler, T. Rabente, Gefahrstoffe-Reinhaltung der Luft , 64, S. 473-479 (2004)
- [25] BIA-Report 7/96, „Kühlschmierstoffe“, S. 80-83, St. Augustin (1996)
- [26] CD-ROM „Sicherer Umgang mit Kühlschmierstoffen“, Berufsgenossenschaftliches Institut für Arbeitssicherheit, St. Augustin (2007)

Anlage

Anlage: Untersuchungsmethoden für die Überwachung des Einsatzes wassergemischter Kühlschmierstoffe

Anlage zu TRGS 611

Untersuchungsmethoden für die Überwachung des Einsatzes wassergemischter Kühlschmierstoffe

(1) Nitrat (im Ansetz- bzw. Nachfüllwasser)

DIN 38405, Teil 9 : Anionen (Gruppe D), Bestimmung des Nitrat-Ions (D 9)

oder

Teststäbchen zum Nachweis und zur halbquantitativen Bestimmung von Nitrat-Ionen

(2) Nitrit

DIN EN 26777:1993-04 : Wasserbeschaffenheit, Bestimmung von Nitrit; Spektrometrisches Verfahren/Photometrie (ISO 6777:1984), Beuth-Verlag, Berlin (1993)

oder

Teststäbchen zum Nachweis und zur halbquantitativen Bestimmung von Nitrit-Ionen

(3) N-Nitroso-diethanolamin (NDELA)

NDELA in der Luft in Arbeitsbereichen:

Verfahren zur Bestimmung von N-Nitrosodiethanolamin. In BGI 505: Von den Berufsgenossenschaften anerkannte Analyseverfahren zur Feststellung der Konzentration krebserzeugender Arbeitsstoffe in der Luft in Arbeitsbereichen, Verfahren Nr. 36 (Sept. 1992). Carl Heymanns Verlag KG, Luxemburger Straße 449, 50939 Köln

N-Nitrosodiethanolamin, In: BGIA-Arbeitsmappe, Messung von Gefahrstoffen, Blatt Nr. 8183, (24. Lfg., 2000), Erich Schmidt Verlag, Bielefeld

NDELA in Kühlschmieremulsionen:

Anhang BGI 505: Bestimmung von N-Nitrosodiethanolamin in Kühlschmierstoffemulsionen, (Sept. 1992), Carl Heymanns Verlag KG, Luxemburger Straße 449, 50939 Köln

Analyse von wassergemischten Kühlschmierstoffen, Teil 2: N-Nitroso-diethanolamin. In: BGIA-Arbeitsmappe, Messung von Gefahrstoffen, Blatt Nr. 7748/2, (30. Lfg., 2003), Erich Schmidt Verlag, Bielefeld

(4) N-Nitroso-morpholin (NMOR)

NMOR in der Luft in Arbeitsbereichen:

Verfahren zur Bestimmung von N-Nitrosaminen. In BGI 505: Von den Berufsgenossenschaften anerkannte Analyseverfahren zur Feststellung der Konzentration krebserzeugender Arbeitsstoffe in der Luft in Arbeitsbereichen, Verfahren Nr. 23 (Sept. 1992). Carl Heymanns Verlag KG, Luxemburger Straße 449, 50939 Köln

N-Nitrosamine, In: BGIA-Arbeitsmappe,, Messung von Gefahrstoffen, Blatt Nr. 8172, (35. Lfg., 2005), Erich Schmidt Verlag, Bielefeld

NMOR in Kühlschmieremulsionen:

Analyse von wassergemischten Kühlschmierstoffen, Teil 3: Flüchtige Nitrosamine in Kühlschmierstoffen (NMOR). In: BGIA-Arbeitsmappe, Messung von Gefahrstoffen, Blatt Nr. 7748/3, (30. Lfg., 2003), Erich Schmidt Verlag, Bielefeld

(5) pH-Wert

DIN 51369 : Bestimmung des pH-Wertes von wassergemischten Kühlschmierstoffen.

Analyse von wassergemischten Kühlschmierstoffen, Teil 7: pH-Wert. In: BGIA-Arbeitsmappe, Messung von Gefahrstoffen, Blatt Nr. 7748/3, (31. Lfg., 2003), Erich Schmidt Verlag, Bielefeld

Die Benutzung von pH-Spezialindikator-Papier bzw. pH-Spezialindikator-Stäbchen ist zulässig, wenn damit eine vergleichbare Präzision erreicht wird.

(6) Alkanolamine [24]

Analyse von wassergemischten Kühlschmierstoffen, Teil 4: Alkanolamine. In: BGIA-Arbeitsmappe, Messung von Gefahrstoffen, Blatt Nr. 7748/3, (30. Lfg., 2003), Erich Schmidt Verlag, Bielefeld

Ein Verzeichnis der gemäß § 9 Abs. 6 GefStoffV akkreditierten Messstellen ist im Internet unter www.bua-verband.de/gefahrstoffmessstellen.html veröffentlicht.

Übersicht über die genannten Untersuchungsmethoden

Tabelle 1 Standard-Untersuchungsprogramm für Kühlschmierstoffe, die die Anforderungen gemäß Nummer 4.2 erfüllen

Prüfung	Methode	Häufigkeit	Grenzwert	Bemerkungen
Nitratgehalt des Ansetz- bzw. Nachfüllwassers	DIN 38405, Teil 9, oder Teststäbchen	von Zeit zu Zeit, siehe Nummer 5.2	max. 50 mg/l	
Nitritgehalt des wassergemischten KSS	DIN EN 26777 oder Teststäbchen	grundsätzlich wöchentlich, siehe Nummer 5.3	max. 20 mg/l	
N-Nitroso-diethanolamin (NDELA) im wassergemischten KSS	BGI 505, Verfahren Nr. 36, Anhang	bei Bedarf, siehe Nummer 5.4	max. 0,0005 % (5 mg/kg) [15]	
N-Nitroso-diethanolamin (NDELA) in der Luft in Arbeitsbereichen	BGI 505, Verfahren Nr. 36	bei Bedarf, siehe Nummer 5.4	Stand der Technik siehe Nummer 5.4	
Temperatur im System des wassergemischten KSS	Temperaturanzeige	regelmäßig	-	Vermeidung erhöhter Temperatur
pH-Wert des wassergemischten KSS	DIN 51369 pH-Spezialindikator-Papier/Stäbchen sind zulässig, wenn damit die Präzision der DIN 51369 erreicht wird.	wöchentlich (Glas- und Keramikbearbeitung: monatlich)	-	Vermeidung eines erheblichen pH-Wert-Abfalls

Tabelle 2 Erweiterter Untersuchungsumfang für den Sonderfall sekundär-aminhaltiger Kühlschmierstoffe (gemäß Nummer 4.4 und 5.5)

Prüfung	Methode	Häufigkeit	Grenzwert	Bemerkungen
N-Nitrosamine im wassergemischten KSS	BGI 505, Nr. 36, Anhang (NDELA)	siehe Nummer 5.5	siehe TRGS 905, Nummer 4 [15]	
N-Nitrosamine in der Luft in Arbeitsbereichen	BGI 505, Nr. 36 (NDELA), Nr. 23 (NMOR)	siehe Nummer 5.5	Stand der Technik siehe Nummer 5.5	
Nitratgehalt des Ansetz- bzw. Nachfüllwassers	DIN 38405, Teil 9, oder Teststäbchen	von Zeit zu Zeit, siehe Nummer 5.2	max. 50 mg/l	
Nitritgehalt des wassergemischten KSS	DIN EN 26777 oder Teststäbchen	wöchentlich	max. 20 mg/l	
pH-Wert des wassergemischten KSS	DIN 51369	wöchentlich		
Abfall des pH-Wertes (gegenüber pH-Wert des frisch angesetzten wassergemischten KSS)	pH-Spezialindikator Papier/Stäbchen sind zulässig, wenn damit die Präzision der DIN 51369 erreicht wird.			max. 0,5 pH-Punkte
Mikroorganismen	Geeignete Labormethoden [25,26] oder Einmal-Eintauch-Objektträger („Dip Slides“)	wöchentlich	-	Vermeidung von erheblichem mikrobiellem Befall
Konzentration des wassergemischten KSS	z.B. Titration auf alkalische KSS-Inhaltsstoffe	wöchentlich	-	Vermeidung eines erheblichen Konzentrationsabfalls
Temperatur im System des wassergemischten KSS	Temperaturanzeige	regelmäßig	-	Vermeidung erhöhter Temperatur