

**Handlungsempfehlung für die Gefährdungsbeurteilung  
Tätigkeiten mit luftgetragenen Gefahrstoffen bei der Verwertung bergbaufremder  
Abfälle unter Tage**

Stand: 31. März 2022

**Beteiligte Mitgliedsfirmen der Verbände:**

GSES, Sondershausen

GTS Grube Teutschenthal Sicherungs GmbH & Co. KG

K+S Aktiengesellschaft, 34131 Kassel

NDH Entsorgungsbetreibergesellschaft Zweigniederlassung der DEUSA International GmbH,  
Bleicherode

REKS GmbH & Co. KG, Kassel

UEV Umwelt, Entsorgung und Verwertung GmbH, Heilbronn

Wacker Chemie AG, Salzbergwerk Stetten, Haigerloch

## Inhaltsverzeichnis

<b>Abkürzungsverzeichnis</b> .....	3
<b>1. Anwendungsbereich</b> .....	4
<b>2. Begriffsbestimmungen</b> .....	5
<b>3. Verantwortung und Organisation</b> .....	6
<b>4. Tätigkeiten beim Versatz bergbaufremder Abfälle unter Tage</b> .....	6
<b>5. Gefährdungsbeurteilung - Inhalative Exposition</b> .....	7
<b>6. Ermittlung und Beurteilung von Gefahrstoffexpositionen</b> .....	10
<b>7. Schutzmaßnahmen</b> .....	11
<b>8. Überprüfung der Wirksamkeit von Schutzmaßnahmen</b> .....	14
<b>9. Dokumentation</b> .....	17
<b>Literaturverzeichnis</b> .....	18
<b>Anlage 1 Fördermethoden und Versatzverfahren</b> .....	20
<b>Anlage 2 IGF-Staubprognoseverfahren</b> .....	23
<b>Anlage 3 Muster des Berechnungsschemas (Bsp.: Versatzmischung als Schüttgut)</b> ..	34
<b>Anlage 4 Bearbeitungsablauf bei der Staubprognostik</b> .....	34

## Abkürzungsverzeichnis

ABAS	Ausschuss für Biologische Arbeitsstoffe
ABBergV	Allgemeine Bundesbergverordnung
ABS	Ausschuss für Betriebssicherheit
AGS	Ausschuss für Gefahrstoffe
AGW	Arbeitsplatzgrenzwert
AK	Akzeptanzkonzentration gemäß TRGS 910
AMR	Arbeitsmedizinische Regeln
A-Staub bzw. (A)	Alveolengängige Staubfraktion gemäß TRGS 900
ASG	Allgemeiner Staubgrenzwert gemäß TRGS 900
BBergG	Bundesberggesetz
BetrSichV	Betriebssicherheitsverordnung
BioStoffV	Biostoffverordnung
BLV	Binding Limit Value gemäß EU-Recht
BWI	Bewertungsindices gemäß TRGS 402
DGUV-R	Deutsche Gesetzliche Unfallversicherung-Richtlinie
EuGH	Europäischer Gerichtshof
E-Staub bzw. (E)	Einatembare Staubfraktion gemäß TRGS 900
FFP2 / FFP3 – Maske	Schutzklassen für partikelfiltrierende Halbmasken nach DGUV Regel 112-190
G 26	Arbeitsmedizinische Untersuchung (Atemschutzgeräte)
GefStoffV	Gefahrstoffverordnung
GesBergV	Gesundheitsschutzbergverordnung
GMBI	Gemeinsames Ministerialblatt
IGF	Institut für Gefahrstoff-Forschung der BG RCI
P 2 / P 3 - Maske	Schutzklassen von partikelfiltrierenden Filtern für Atemschutzgeräte nach DGUV Regel 112-190
PDS-Geräte	Staub-Probenahme-Geräte mit akkubetriebenen Pumpen („Personal Dust Sampler“)
PSA	Persönliche Schutzausrüstung
REACH	Registration, Evaluation, Authorisation and Restriction of Chemicals
SGK	Staubgrenzkonzentration
TH2P / TH3P	Klasseneinstufung von gebläseunterstützten Atemschutzgeräten mit Partikelfiltern und Helm/Haube nach DGUV Regel 112-190
TK	Toleranzkonzentration gemäß TRGS 910
TRGS	Technische Regeln für Gefahrstoffe

## 1. Anwendungsbereich

Mit Inkrafttreten der 2017 novellierten Gesundheitsschutzbergverordnung (Ges-BergV) finden für Tätigkeiten im Geltungsbereich des Bundesberggesetzes (BBergG) und der in den aufgrund dieses Gesetzes erlassenen Rechtsverordnungen (u.a. AB-BergV) die Bestimmungen der Gefahrstoff-Verordnung (GefStoffV) unmittelbar Anwendung. Dies gilt insbesondere auch für Tätigkeiten beim Versatz unter Tage. Beispielhaft für diese Bestimmungen seien hier die im Zusammenhang mit der Gefährdungsbeurteilung für Versatztätigkeiten erforderlichen Aktivitäten der Unternehmen genannt. Konkrete Regelungen zu Tätigkeiten mit Gefahrstoffen finden sich in den technischen Regeln für Gefahrstoffe (TRGS).

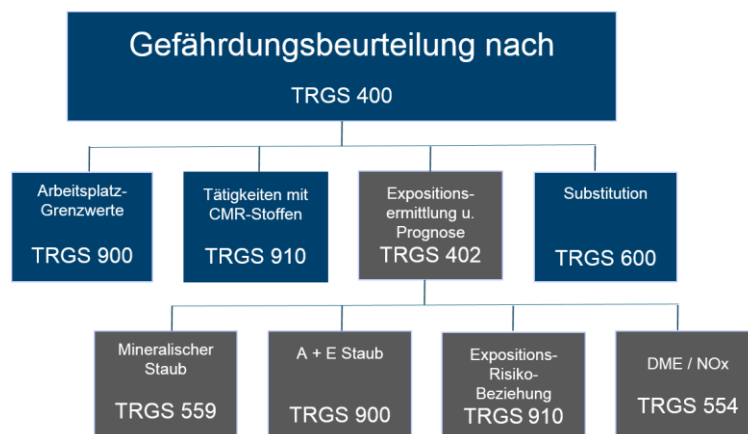


Abb. 1: Auswahl relevanter technischer Regelungen für Gefahrstoffe bei Versatztätigkeiten unter Tage

Die novellierte Gesundheitsschutzbergverordnung enthält eine klarstellende Regelung zur Art und Weise der Durchführung der Substitutionsprüfung. Darin wird klargestellt, dass im Versatzbergbau der Einsatz von weniger oder nicht gefährlichen Stoffen und Gemischen anstelle von Abfällen keine geeignete Substitutionsmöglichkeit darstellt, wenn die Abfälle in der Folge an einem anderen Ort mit einer vergleichbaren Gefährdung für Personen entsorgt werden müssten. Die Pflichten nach der GefStoffV zur Minimierung der Gefährdung sowie zur Einhaltung von Arbeitsplatzgrenzwerten und zur Berücksichtigung von Beurteilungsmaßstäben einschließlich der Prüfung von Konditionierungsmöglichkeiten von Versatzstoffen bzw. Abfällen bleiben unberührt.

Diese Handlungsempfehlung gilt für Tätigkeiten bei der Verwertung bergbaufremder Abfälle unter Tage gegenüber inhalativer Exposition luftgetragener Gefahrstoffe in untertägigen Arbeitsbereichen. Unbeschadet davon sind bei der Gefährdungsbeurteilung mögliche andere, spezifische Gefährdungen durch diese Stoffe, wie z.B. Brand- und Explosionsgefährdungen zu berücksichtigen. Die Handlungsempfehlung enthält keine umfassenden Regelungen / Hinweise zur Beurteilung von Gefährdungen durch gasförmige Gefahrstoffe in der Luft.

Um die Vorgehensweise bei der Gefährdungsbeurteilung Versatz zu vereinheitlichen und für die einzelnen Unternehmen zu erleichtern, wurde diese Handlungsempfehlung als branchenspezifische Hilfestellung gemeinsam mit dem Institut für Gefahrstoff-Forschung (IGF) der Berufsgenossenschaft Rohstoffe und chemische Industrie (BG RCI) und dem BDE Bundesverband der Deutschen Entsorgungs-, Wasser- und Rohstoffwirtschaft e.V. erarbeitet sowie mit dem Verband der Kali- und Salzindustrie e.V. (VKS) abgestimmt und den zuständigen Behörden vorgestellt. Sie orientiert sich im Hinblick auf die Gliederung und den Inhalt am Vorbild einschlägiger Technischer Regeln für Gefahrstoffe (TRGS), insbesondere an den Vorgaben der TRGS 400 (Gefährdungsbeurteilung für Tätigkeiten mit Gefahrstoffen).

## 2. Begriffsbestimmungen

In dieser Handlungsempfehlung sind die Begriffe so verwendet, wie sie im Begriffsglossar zu den Regelwerken der Betriebssicherheitsverordnung (BetrSichV), der Biostoffverordnung (BioStoffV) und der Gefahrstoffverordnung (GefStoffV) des ABAS, ABS und AGS bestimmt sind. Dies gilt insbesondere für die Begriffe: Arbeitsbedingungen, Arbeitsstoff, Branchen- oder tätigkeitsspezifische Hilfestellungen, chemische Arbeitsstoffe, Exposition, Fachkundige für die Durchführung der Gefährdungsbeurteilung, Gefährdung, Gefährdungsbeurteilung, Gefahrstoffverzeichnis, Hautkontakt, mitgelieferte Gefährdungsbeurteilung, physikalisch-chemische Einwirkung, Schutzmaßnahmen, Wirksamkeit von Schutzmaßnahmen.

Das **Staubprognoseverfahren** ist eine Bewertungs- und Selbstregelungsmethode zur Einhaltung von Luftgrenzwerten, bestehend aus Staubprognostik und regelmäßigen Expositionsmessungen zur Beurteilung der inhalativen Exposition bei Versatz Tätigkeiten unter Tage. (IGF-Prognoseverfahren)

Die **Staubgrenzkonzentration (SGK)** ist diejenige Massenkonzentration in  $\text{mg}/\text{m}^3$  der A- bzw. der E-Staubfraktion in der Luft am Arbeitsplatz, bei der die Luftgrenzwerte (AGW) bzw. die Beurteilungsmaßstäbe (TK und AK, BLV-EU, BM des BMAS) aller im Abfall bzw. Abfallgemisch auftretenden Parameter erreicht werden.

Die **Leitkomponente** eines Stoffgemisches in der Luft ist ein Stoff, der stellvertretend für alle Stoffe oder eine Gruppe von Stoffen erfasst und beurteilt wird. Die Festlegung der Leitkomponenten erfolgt im Rahmen der Ermittlung der inhalativen Exposition. (TRGS 402). Im Rahmen des Staubprognoseverfahrens werden die Begriffe Leitparameter und Leitelemente verwendet. Für die Routineüberwachung inhalativer Stäube im laufenden Versatzbetrieb werden die jeweils ermittelten relevanten A- und E-Staubgrenzkonzentrationen als **Leitparameter** verwendet. Stoffspezifische **Leitelemente** sind begrenzende Gefahrstoffparameter des Abfalls bzw. des Abfallgemisches, die aufgrund hoher Gehalte im Abfall und niedriger Luftgrenzwerte zusätzlich im Staubprognoseverfahren identifiziert und bewertet werden.

Der **ungünstige Fall („Worst-Case“)** bezeichnet eine Situation, in der die Randbedingungen in dem zu beurteilenden Arbeitsbereich bzw. bei den zu beurteilenden Tätigkeiten unter ungünstigen, aber realistischen Betriebsbedingungen eine Obergrenze für die Exposition ergeben. (TRGS 402)

### 3. Verantwortung und Organisation

Für die Durchführung der Gefährdungsbeurteilung durch fachkundige Personen ist der Arbeitgeber verantwortlich. Die Mitbestimmungsrechte sind zu berücksichtigen. (TRGS 400)

### 4. Tätigkeiten beim Versatz bergbaufremder Abfälle unter Tage

Der untertägige Versatz mit der einhergehenden Verwertung von mineralischen Abfallstoffen kann und muss mit unterschiedlichen Verfahren durchgeführt werden. Diese Verfahren sind geprägt durch die Bedingungen an den jeweiligen Standorten. Zu diesen Bedingungen gehören u. a. das betreffende Wirtsgestein, die logistischen Umstände und die bergbaulichen Gegebenheiten.

Grundsätzlich muss das aus bergfremden Abfällen hergestellte Versatzmaterial physikalische Eigenschaften besitzen, die eine Stützwirkung für das Gebirge gewährleisten, ohne dabei das betreffende Gestein zu schädigen, z. B. durch Anlösung (Feuchtigkeit in Kontakt mit Salz) oder durch mechanische Schädigung des Gebirges durch von diesem abweichende Festigkeit des Einbaukörpers. Jeder Abfall weist für sich charakteristische Eigenschaften wie z. B. Binde-, Förderfähigkeit oder Drucksetzungsvermögen auf, die für die Herstellung eines Versatzbaustoffes ausschlaggebend sind. Bringen die für den Versatz in Frage kommenden Abfälle einzelstofflich nicht bereits per se die erforderlichen physikalischen Eigenschaften als Versatz mit, ist eine chemisch-physikalische Behandlung und/oder Konditionierung des einzelnen Abfalles in einer dafür zugelassenen Anlage möglich. Zudem werden anhand von geprüften und behördlich genehmigten Rezepturen einzelne Abfälle gezielt kombiniert und somit eine optimale Nutzung ihrer jeweiligen Eigenschaften in einem Versatzbaustoff vereint.

In **Anlage 1** (Fördermethoden und Versatzverfahren) werden die grundsätzlichen Methoden der Abfallverbringung nach unter Tage sowie die aktuellen Versatzverfahren nach dem Stand der Technik beschrieben.

Eine Tätigkeit ist laut GefStoffV jede Arbeit mit Stoffen, Gemischen oder Erzeugnissen, einschließlich Herstellung, Mischung, Ge- und Verbrauch, Lagerung, Aufbewahrung, Be- und Verarbeitung, Ab- und Umfüllung, Entfernung, Entsorgung und Vernichtung. Zu den Tätigkeiten zählen auch das innerbetriebliche Befördern sowie Bedien- und Überwachungsarbeiten. Bei nachgelagerten, abwitterseitigen Arbeitsbereichen sind die relevanten Randbedingungen wie eine Vorbelastung in den Grubenwettern bei einer tätigkeitsbezogenen Gefährdungsbeurteilung zu berücksichtigen.

Die Gefährdungsbeurteilung gemäß TRGS 400 wird in den Fällen inhalativer Belastung durch die Bestimmungen der TRGS 402 ergänzt. Eine inhalative Exposition liegt gemäß TRGS 402 vor, wenn gefährliche Stoffe in der Luft im Atembereich der Beschäftigten vorhanden sind. Ihr Ausmaß wird beschrieben durch ihre Konzentration und die Dauer ihres Auftretens (zeitlicher Bezug). Zum Vergleich der inhalativen Exposition mit Arbeitsplatzgrenzwerten nach TRGS 900 „Arbeitsplatzgrenzwerte“ ist sie auf einen Zeitraum von acht Stunden zu beziehen. Bei Expositionsspitzen gilt als zeitlicher Bezug die Dauer von Kurzzeitwertphasen gemäß TRGS 900.

Die beim Versatz durchzuführenden Tätigkeiten und deren Gefährdungspotential hängen von der technischen Ausgestaltung des jeweils gewählten Verfahrens ab. Die im Wesentlichen vorkommenden Tätigkeiten, bei denen Mitarbeiter gegenüber staubförmigen Gefahrstoffen exponiert sein können, müssen betrachtet werden, inklusive einer möglichen Havarie mit einer in der Regel begrenzten Freisetzung der Stoffe (z.B. aus einem defektem BigBag) und entsprechenden Reinigungsarbeiten. Zur Ermittlung der inhalativen Exposition und der daraus resultierenden Gefährdung werden die relevanten Randbedingungen der Tätigkeiten mit Versatzmaterialien sowie die Konzentrationen der Gefahrstoffe in der Luft am Arbeitsplatz mittels personenbezogener, in begründeten Ausnahmefällen, etwa wenn die Nachweisstärke der PDS-Geräte nicht ausreicht (siehe TRGS 402), mittels stationärer Expositionsmessungen bestimmt.

## **5. Gefährdungsbeurteilung - Inhalative Exposition**

Der Arbeitgeber hat vor Aufnahme der Tätigkeiten festzustellen, ob die Beschäftigten Tätigkeiten mit Gefahrstoffen durchführen oder ob Gefahrstoffe bei diesen Tätigkeiten entstehen oder freigesetzt werden. Der Arbeitgeber darf eine Tätigkeit erst aufnehmen lassen, nachdem die Gefährdungsbeurteilung durchgeführt wurde und die erforderlichen Schutzmaßnahmen getroffen wurden.

Im Sinne des Minimierungsgebots ist zu prüfen und zu dokumentieren, ob durch die Änderung von Arbeitsprozessen oder die Wahl des Versatzverfahrens eine Gefährdung der Beschäftigten verhindert oder vermindert werden kann. Dabei ist zu berücksichtigen, ob die im Versatzmaterial innewohnenden Gefahrstoffe z. B. als Staub freigesetzt und somit wirksam werden können und inwieweit eine Gefährdung für die Beschäftigten besteht.

Für die partikelförmigen Gefahrstoffe gilt zunächst Anhang I Nr. 2 GefStoffV. Bei der messtechnischen Ermittlung der Expositionshöhe sind insbesondere die Vorgaben der TRGS 402 „Ermitteln und Beurteilen der Gefährdungen bei Tätigkeiten mit Gefahrstoffen: Inhalative Exposition“ zu beachten.

Vorhandene Expositionsermittlungen (auch nicht-messtechnischer Art) gemäß Nr. 5 der TRGS 400 und der Nummer 4.4 der TRGS 402 können für die Ermittlung herangezogen werden.

Da es beim einzelnen konkreten Versatzvorgang weder möglich ist, eine Staubbelastung laufend zu messen noch die genommen Partikelproben laufend laboranalytisch auf die Menge ihrer Bestandteile zu untersuchen und anschließend zeitnah zu bewerten, wird zunächst eine Bewertung des Materials aufgrund dessen chemischer Zusammensetzung vorgenommen. Dabei ist es das Ziel, eine Datenreduktion so vorzunehmen, dass nicht mehr die einzelnen chemischen Komponenten und die inhalative Exposition der Beschäftigten gegenüber diesen Einzelkomponenten zu ermitteln sind, sondern bereits eine einfache Staubbemessung (E- und A-Staub) zur Bewertung der Exposition ausreicht.

Die grundlegende Annahme des IGF-Staubprognoseverfahrens ist, dass sich die chemische Gefahrstoffzusammensetzung der A- und E-Stäube aus bestimmten Parametern des Versatzmaterials mit hinreichender Sicherheit selbst ermitteln lässt und sich daraus sogenannte Staubgrenzkonzentrationen (SGK für A- bzw. E-Staub) errechnen lassen. Für die ermittelte

SGK gilt, dass bei ihrer Einhaltung in der Luft am Arbeitsplatz die jeweiligen relevanten Luftgrenzwerte der im Versatzmaterial enthaltenden Bestandteile eingehalten werden. Damit dieses bei inhomogenen Versatzstoffen unter Berücksichtigung der Bandbreite der Gehalte und unter unterschiedlichen Bewetterungsbedingungen dauerhaft, d. h. nicht nur für den Moment der Messung, gewährleistet ist, erfolgt grundsätzlich die Berechnung i. S. einer „Worst-Case“-Betrachtung. Die Bewertung der heranzuziehenden SGK (Leitparameter) und der relevanten Leitelemente mit den verfahrens- und stoffspezifischen Kennzahlen berücksichtigt auch das jeweilige Gefährdungspotenzial jeder UTV-Einbringtechnologie.

Nach der Ermittlung der SGK erfolgt eine Prognose darüber, ob die durch diese „Worst-Case“-Betrachtung ermittelten SGK bei dem geplanten Versatzvorgang im Grubenbetrieb unterschritten werden können.

Als Leitparameter sind jeweils, d. h. für jeden unter Tage zu verwertenden Versatzstoff die einatembare (E-Staub) und die alveolengängige Staubfraktion (A-Staub) zu ermitteln und anhand der Allgemeinen Staubgrenzwerte (TRGS 900) zu beurteilen. Sind in dem betrachteten Arbeitsbereich noch andere abfallstämmige Gefahrstoffe relevant, müssen diese zusätzlich erfasst und bewertet werden. Hierunter fallen luftgetragene Partikel, denen ein stoffspezifischer Arbeitsplatzgrenzwert (AGW; TRGS 900) oder vergleichbare Beurteilungsmaßstäbe (z. B. für Tätigkeiten mit Quarz-A-Staub) zugewiesen worden sind. Für Tätigkeiten mit krebserzeugenden Gefahrstoffen (TRGS 910) sind als Bewertungsmaßstab die stoffspezifischen Akzeptanz- (AK) und Toleranzkonzentrationen (TK) heranzuziehen.<sup>1</sup>

Toleranz- und Akzeptanzrisiko sind zwei stoffunabhängige Größen, mit denen die drei Risikobereiche – hohes, mittleres und niedriges Risiko für das Auftreten einer Krebserkrankung – voneinander abgegrenzt werden. Die Risiken beziehen sich auf eine Arbeitslebenszeit von 40 Jahren bei einer kontinuierlichen arbeitstäglichen Exposition. Ziel des Risikokonzeptes ist es, Expositionen unterhalb der Akzeptanzkonzentration zu erreichen. Der Arbeitgeber hat nach diesem Konzept eine Priorisierung der durchzuführenden Maßnahmen vorzunehmen. Je höher die Konzentration eines krebserzeugenden Stoffes am Arbeitsplatz und damit das Risiko, desto dringlicher ist die Notwendigkeit zusätzlicher betrieblicher Risikominderungsmaßnahmen. (s. TRGS 910)

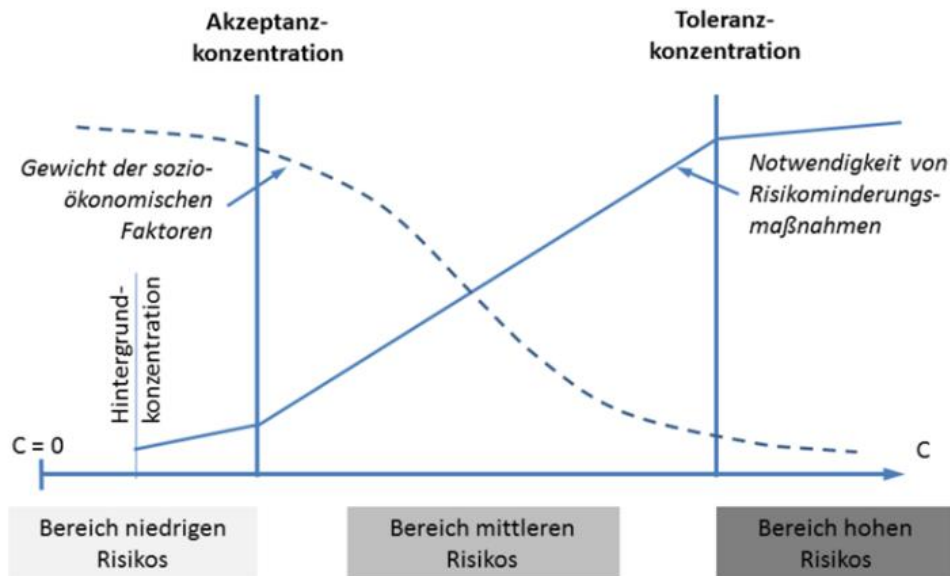
Die stoffspezifische Akzeptanz- und Toleranzkonzentration erlauben die Beurteilung der am Arbeitsplatz ermittelten Exposition. Mit ihrer Hilfe können die Risikobereiche identifiziert und die erforderlichen Maßnahmen zugeordnet werden. Liegt die für eine Tätigkeit die Exposition als Schichtmittelwert unterhalb der Akzeptanzkonzentration, ist von einem niedrigen Risiko auszugehen. Es sind keine weiteren zusätzlichen Schutzmaßnahmen erforderlich. Auch die Erstellung eines Maßnahmenplans ist nicht notwendig.

---

<sup>1</sup> Zur Anwendung der von AK und TK im Bereich krebserzeugender Metalle siehe auch TRGS 561 „Tätigkeiten mit krebserzeugenden Metallen und ihren Verbindungen“: Abs. 3.1 (7).



### Zusammenhang zwischen Risikobereichen und Maßnahmen



C: Konzentration in der Luft am Arbeitsplatz

Abb. 2: TRGS 910, Seite 8 von 165 (Fassung 29.03.2019) Zusammenhang zwischen Risikobereichen und Maßnahmen

Liegt für eine Tätigkeit die Exposition als Schichtmittelwert zwischen Toleranz- und Akzeptanzkonzentration, ist von einem mittleren Risiko auszugehen. Es sind weitere Maßnahmen zur Reduzierung der Exposition durchzuführen. Kann mittels der umgesetzten Maßnahmen die Akzeptanzkonzentration nicht unterschritten werden, so ist ein Maßnahmenplan zu erstellen. In ihm ist unter Angabe konkreter Einzelheiten niederzulegen, wie künftig eine weitere Expositionsminimierung erreicht werden soll. Der Maßnahmenplan sollte der Dokumentation der Gefährdungsbeurteilung beigelegt werden.

Liegt für eine Tätigkeit die Exposition als Schichtmittelwert oberhalb der Toleranzkonzentration, ist von einem hohen Risiko auszugehen. Zur Erfüllung des Minimierungsgebotes nach GefStoffV sind unverzüglich Maßnahmen gemäß der Stufe „Hohes Risiko“ entsprechend dem gestuften Maßnahmenkonzept zur Risikominderung umzusetzen, die die Exposition mindestens unter die Toleranzkonzentration absenken. (s. BekGS 911)

Als Ergebnis des in **Anlage 2** beschriebenen Staubprognoseverfahrens, welches abfallspezifisch alle relevanten, mit stoffspezifischen Luftgrenzwerten versehenen Parameter berücksichtigen soll, errechnen sich relevante Staubgrenzkonzentrationen (SGK) für die A- und E-Staubfraktion, die ggf. unterhalb der Allgemeinen Staubgrenzwerte liegen und als heranzuziehendes Kriterium im Versatzbetrieb zu unterschreiten sind, damit Mitarbeiter vor versatzstoffbedingten

inhalativ verursachten Gesundheitsschäden geschützt sind. Bei einigen Versatztätigkeiten wird es nach derzeitigem Kenntnisstand nicht möglich sein den heranzuziehenden Beurteilungsmaßstab bzw. das Ergebnis des Staubprognoseverfahrens am Arbeitsplatz zu unterschreiten. In diesen Fällen muss dennoch sichergestellt werden, dass die Luftgrenzwerte in der Atemluft des Beschäftigten unterschritten werden. Dieses kann, nur nach Ausschöpfung der technischen und organisatorischen Maßnahmen, nachrangig auch durch den Einsatz persönlicher Schutzausrüstung erreicht werden.

Der Arbeitgeber stellt in diesen Fällen nach Dokumentation des Sachverhaltes im Rahmen der Gefährdungsbeurteilung nach TRGS 400 einen Maßnahmenplan (gemäß GefStoffV, § 6 Abs. 8, Nr. 4b) auf, in dem er konkret beschreibt, aufgrund welcher Maßnahmen, in welchen Zeiträumen und in welchem Ausmaß eine weitere Expositionsminderung erreicht werden soll. Dieses Konzept sieht eine Priorisierung der durchzuführenden Maßnahmen vor.

Je höher die Konzentration an luftgetragenen, partikelförmigen Gefahrstoffen am Arbeitsplatz, desto dringlicher ist die Notwendigkeit zusätzlicher, betrieblicher Minimierungsmaßnahmen.

Unbeschadet davon sind bei der Gefährdungsbeurteilung mögliche andere, spezifische Gefährdungen durch diese Stoffe (z. B. sensibilisierende und dermale Wirkungen oder physikalisch-chemische Gefahren wie Explosionsgefahren) zu berücksichtigen.

Ein Biomonitoring im Rahmen der arbeitsmedizinischen Vorsorge kann unabhängig von der Konzentration in der Luft am Arbeitsplatz von entscheidender Bedeutung sein. Die Erfahrungen zeigen, dass die Konzentration in Blut oder Urin in hohem Maße von der betrieblichen und persönlichen Hygiene sowie von persönlichen Verhaltensweisen abhängt. Erkenntnisse aus dem Biomonitoring können daher ein wichtiges, ergänzendes Werkzeug zur Wirksamkeitskontrolle der Schutzmaßnahmen sein (vgl. Abschnitt 6 und Arbeitsmedizinische Regeln AMR 6.2).

## **6. Ermittlung und Beurteilung von Gefahrstoffexpositionen**

Die inhalative Exposition ist durch personenbezogene Arbeitsplatzmessungen oder durch geeignete Ermittlungsmethoden (Staubprognose) zu bestimmen. Messergebnisse vergleichbarer Arbeitsplätze und Tätigkeiten können, wenn die Messungen nach den Vorgaben der TRGS 402 durchgeführt und protokolliert wurden, zur Gefährdungsbeurteilung herangezogen werden.

Die Allgemeinen Staubgrenzwerte werden als Schichtmittelwerte festgelegt und sind für schwerlösliche bzw. unlösliche Stäube anzuwenden, die nicht anderweitig reguliert sind. Die löslichen Anteile bei Staubmessungen, die gemäß TRGS 900 nicht unter deren Geltungsbereich fallen, können im Fall der Verwertung in Salzbergwerken und aufgrund der Abfallzusammensetzung häufig hoch sein; sie sind im Sinne der TRGS 900 für die Gefahrstoffexposition nicht relevant. Sind erbgutverändernde, krebserzeugende, fibrogene, toxische oder allergisierende Wirkungen zu erwarten, gilt der Allgemeine Staubgrenzwert als allgemeine Obergrenze für unlösliche Gefahrstoffe. Zusätzlich sind immer auch die stoffspezifischen Luftgrenzwerte einzuhalten. Die Staubgrenzwertkonzentrationsprognose (SGK-Prognose) ermittelt relevante A- und E-Staubgrenzwerte unter Berücksichtigung des Inhaltes an o.g. Gefahrstoffen sowie von stoffspezifischen Parametern mit Bezug auf das jeweilige Versatzverfahren. Dabei werden

für mit AGW versehene Gefahrstoffe Summenwirkungen berücksichtigt. Es werden maximal mögliche Gefahrstoffinhalte der einzelnen Gefahrstoffe (Bandbreite) in der jeweiligen Versatzstoffmischung bzw. dem Einzelversatzstoff ermittelt und ausgewiesen.

Somit resultiert aus der Staubprognose mit den maximalen Gefahrstoffgehalten („Worst-Case“) jedes Versatzstoffes die mit Hilfe von verfahrens- und stoffspezifischen Parametern errechnete maximale relevante A- und E-Staubkonzentration, die bei den Tätigkeiten mit diesem Stoff beim jeweiligen Versatzverfahren zu unterschreiten ist.

Eine Überwachung der jeweils für eine spezifische Versatzstoffmischung / Versatzstoff gemäß SGK-Prognose einzuhaltenen relevanten Staubkonzentration hinsichtlich einzelner Gefahrstoffe bzw. chemischer Komponenten bei Versatzstofftätigkeiten ist sehr aufwendig und kann nicht für alle in Frage kommenden Versatzstoffe fortlaufend durchgeführt werden. Daher werden für die Routineüberwachung inhalativer Stäube im laufenden Versatzbetrieb die jeweils ermittelten relevanten A- und E-Staubgrenzkonzentrationen als Leitparameter verwendet. Der Regelkreis bestehend aus Staubprognostik und regelmäßigen Expositionsmessungen wird in Anlage 2 detailliert beschrieben.

## **7. Schutzmaßnahmen**

### **Allgemeine Schutzmaßnahmen**

Die zu ergreifenden Schutzmaßnahmen richten sich nach dem Ergebnis der Gefährdungsermittlung gemäß Gefahrstoffverordnung und TRGS 400 (diese umfasst die Stoffbewertung und Arbeitsplatzmessungen nach TRGS 402). Die Akzeptanz- und Toleranzkonzentration erlauben die Beurteilung der am Arbeitsplatz ermittelten Exposition in Bezug auf krebserzeugende Stäube. Mit ihrer Hilfe können Risikobereiche identifiziert und die erforderlichen Maßnahmen zugeordnet werden. Ziel des risikobezogenen Maßnahmenkonzeptes ist es, eine Exposition unterhalb der Akzeptanzkonzentration zu erreichen. Der Arbeitgeber hat nach diesem Konzept eine Priorisierung der durchzuführenden Maßnahmen vorzunehmen. Je höher die Konzentration, desto dringlicher ist die Notwendigkeit zusätzlicher, betrieblicher Minimierungsmaßnahmen.

Sollte es im Rahmen der Messungen in einzelnen Arbeitsbereichen auch nach Ausschöpfung sämtlicher nach dem Stand der Technik verfügbaren Schutzmaßnahmen kurzfristig nicht möglich sein, die Akzeptanzkonzentration zu unterschreiten, muss ein geeignetes Maßnahmenkonzept gemäß TRGS 561 aus:

- technischen
- organisatorischen
- persönlichen Schutzmaßnahmen

für die Beschäftigten erstellt werden. Dieses Konzept muss auf die spezifischen örtlichen Gegebenheiten eines jeden Bergwerksstandorts zugeschnitten werden und kann nicht pauschalisiert dargestellt werden.

Hierbei ist zu berücksichtigen das persönliche Schutzmaßnahmen nachrangig zu anderen Schutzmaßnahmen anzuwenden sind. Belastende persönliche Schutzausrüstung ist dauerhaft nicht zulässig.

Im Einzelnen gelten folgende Grundsätze:

- Regelmäßige Ermittlung und Bewertung der gefährlichen Eigenschaften der eingesetzten Versatzstoffe nach GefStoffV
- Gefährdungsbeurteilungen: Gefährdungsermittlung / Erstellen von Betriebsanweisungen
- Regelmäßige staubmesstechnische Überwachung der Versatzbereiche
- Regelmäßige Prüfung des Minimierungsgebotes
- Angebot für die Beschäftigten: Arbeitsmedizinisches Monitoring auch bei Einhaltung der Grenzwerte
- Regelmäßige Maßnahmen beim offenen Umgang mit Versatzmaterial:
  - Überwachung der Rezepturen
  - Materialbefeuchtung und ggf. Nachbefeuchtung auf dem Transportweg (Abtrocknung vermeiden)
  - An den Betrieb angepasste Staubminderungsmaßnahmen vorsehen (z.B. Absaugungen, Luftschleier, Staubsauger, Reinigungs- bzw. Putzmaßnahmen, Befeuchtung der Fahrwege, Bedüsungen etc.)
  - direkten Hautkontakt mit den Versatzstoffen vermeiden (Schutzkleidung, Schutzhandschuhe, ggf. Schutzbrillen, sonstige PSA)
  - bei Bedarf FFP2/FFP3-Masken bzw. Masken mit P2/P3-Filtern bzw. gebläseunterstützte Helme/Hauben TH2P/TH3P bereithalten (Berücksichtigung der Tragedauer bzw. des Gebrauchs nach DGUV Regel 112-190, Pflichtvorsorge nach G 26 berücksichtigen)
  - Gegenmaßnahmen zur Verschleppung von Versatzstoffen durch den Betrieb (z. B. Fahrzeugkabinen)
  - Wirksamkeitskontrollen der getroffenen Maßnahmen
- Bei Störungen und potentieller Freisetzung von Versatzstoffen, bei denen mit erhöhten Schadstoffkonzentrationen zu rechnen ist, sind alle Schutzmaßnahmen anzuwenden, insbesondere Atemschutz und Vermeidung von Hautkontakt (z. B. Handschuhe).

### **Technische Schutzmaßnahmen**

Als mögliche technische Schutzmaßnahmen haben sich nachfolgende bewährt:

- Arbeitsverfahren auf Staubminderung ausrichten (z. B. geschlossene Systeme, Befeuchtung)
- Abtrennung von Arbeitsbereichen
- raumlüftungstechnische / Lüftungstechnische Maßnahmen
- mannlose Versatzbereiche
- räumliche Trennung (Schwarz-Weiß-Bereiche bei Überschreitung von TK)

- geschlossene klimatisierte Fahrzeugkabinen mit Filtersystemen bei nicht dauerhaft sicher eingehaltenen Grenzwerten
- regelmäßige Überprüfung der technischen Schutzmaßnahmen

### **Organisatorische Schutzmaßnahmen**

Als mögliche organisatorische Schutzmaßnahmen haben sich nachfolgende bewährt:

- räumliche Trennung (Schwarz-Weiß-Bereiche bei Überschreitung von TK)
- Kennzeichnung von Versatzbereichen
- Kennzeichnung von Bereichen, in denen erhöhte Expositionen über AK auftreten können
- Verbot von Rauchen und Essen im Arbeitsbereich; Sonderregelungen und Maßnahmen zum Trinken treffen (z. B. Trinkflaschen mit Trinkventil und Schutzkappe)
- Waschgelegenheiten zur Verfügung stellen
- besondere Unterweisung von Hygienemaßnahmen
- Pausenräume getrennt von Arbeitsbereichen
- Unterweisungen der Mitarbeiter anhand der Gefährdungsbeurteilungen und Betriebsanweisungen
- Information der Beschäftigten über Expositionshöhe und Expositionsrisiken; Informationen zu arbeitsmedizinischen Untersuchungen
- Wirksamkeitskontrollen der getroffenen Maßnahmen
- Reduzierung der Tätigkeitszeiten im Versatzbetrieb

### **Besondere Maßnahmen**

- Information der zuständigen Behörde, wenn TK bzw. AGW „regelmäßig über einen längeren Zeitraum (länger als drei Monate)“ nicht eingehalten werden kann (vgl. TRGS 910, Tabelle 1, Nr.5).
- Besonderes Augenmerk auf Instandhaltungs- und Reinigungsarbeiten in Arbeitsbereichen und an Maschinen richten: das Risiko des direkten Kontaktes mit Versatzstoffen kann unter Berücksichtigung der genannten Schutzmaßnahmen höher sein (Stoffaustritt); gesonderte Gefährdungsbeurteilungen; Reinigungsintervalle festlegen; etc. (Anhang I Nr. 2 GefStoffV)
  - Staubsauger, Kehrmaschinen, Nassreinigung mit geeigneten Filtereinrichtungen zur Vermeidung von Reinlufrückführungsproblemen
  - Keine Druckluft zum Abblasen und Reinigen von Staubablagerungen verwenden
  - Das Reinigen des Arbeitsbereichs durch Kehren ohne Staub bindende Maßnahmen ist unzulässig

## 8. Überprüfung der Wirksamkeit von Schutzmaßnahmen

Technische, organisatorische und persönliche Schutzmaßnahmen sind regelmäßig auf ihre Wirksamkeit zu prüfen. Die Wirksamkeit von technischen Schutzmaßnahmen ist regelmäßig (mindestens einmal jährlich) zu überprüfen. Dabei sind die geltenden Bedingungen der Tätigkeiten und Verfahrenstechnik an ständig belegten Arbeitsplätzen zu berücksichtigen.

Der Arbeitgeber hat die ermittelte Expositionshöhe gemäß TRGS 402 im Hinblick auf eine Gefährdung der Beschäftigten und die Wirksamkeit der vorhandenen Schutzmaßnahmen zu beurteilen und zu dokumentieren. Der Befund kann lauten:

- Schutzmaßnahmen ausreichend
- Schutzmaßnahmen nicht ausreichend

(z. B. bei Nichteinhaltung der Arbeitsplatzgrenzwerte von A- oder E-Staub oder Nichterfüllung der Kurzzeitwertanforderungen; analoger Befund bei krebserzeugenden Gefahrstoffen bzgl. Einhaltung/Überschreitung der Toleranzkonzentrationen).

Zur Verifizierung der Staubprognostik sind gem. Staubmessplan –ergänzend Expositionsmessungen auf relevante Metalle und organische Gefahrstoffe in den Stäuben des Versatzbetriebes durchzuführen. Die o. g. Beurteilungskriterien VK und BSK für die Verwertbarkeit eines Versatzmaterials erfordern jedoch auch die Schaffung eines Datenbestandes, aus dem die personenbezogenen Maximalkonzentrationen CMAX der mit Versattätigkeiten Beschäftigten ermittelt werden können. Auch diese ergänzenden Messergebnisse dienen der Wirksamkeitskontrolle zur regelmäßigen Überprüfung der Gefährdungsbeurteilung bzw. des Sicherheits- und Gesundheitsschutzdokumentes.

Das novellierte Konventionsverfahren mit detaillierter Staubprognostik (Regelkreis) erleichtert i.S. der Gefährdungsbeurteilung und des Sicherheits- und Gesundheitsschutzdokuments auch die Überwachung der Einhaltung der Arbeitsplatzgrenzwerte und Beurteilungsmaßstäbe bei naturgemäß unter Tage ständig wechselnden Rahmenbedingungen (Versatzbeschaffenheit, Bewitterungsverhältnisse, Betriebspunkte etc.). Denn zur Überprüfung der Expositionen der Mitarbeiter bei Versattätigkeiten genügt es, regelmäßig im Rahmen von geeigneten Staubmessplänen, die jeweils für die verwerteten Versatzmaterialien und Versattverfahren einer UTV ermittelten, relevanten SGK im A- und E-Staub und die SK ausgewählter begrenzender Parameter durch i.d.R. gravimetrische Staubmessungen gem. TRGS 402 zu kontrollieren und zu dokumentieren. Sollten höhere Gehalte im Versatzmaterial bzw. durch den Gesetzgeber herabgesetzte Grenzwerte ein neu zu beurteilendes Gefährdungspotential oder wesentlich veränderte Versatttätigkeiten (z.B. neue Einbringbereiche) höhere Expositionen der Mitarbeiter verursachen, ist die Staubprognostik zu wiederholen und an die Verhältnisse anzupassen. In diesem Zusammenhang können auch anlassbezogene Messungen erforderlich werden.

## Erstellen eines Staubmessplanes

Mittels der Staubgrenzwertkonzentrationsprognose werden relevante Staubgrenzkonzentrationen (SGK) festgelegt, die bei Tätigkeiten mit den betreffenden Abfällen nicht überschritten werden dürfen. Dabei werden folgende Überwachungsparameter festgelegt und limitiert:

- Allgemeiner Staubgrenzwert (ASG (A)), Alveolengängiger Staub, A-Staub (frühere Bezeichnung „Feinstaub“)
- Allgemeiner Staubgrenzwert (ASG (E)), Einatembarer Staub, E-Staub (frühere Bezeichnung „Gesamtstaub“)

Beide Parameter dürfen am Arbeitsplatz nicht überschritten werden, da sonst die Einhaltung der prognostizierten Grenzwerte (relevante SGK-Werte) für die einzelnen, relevanten luftgetragenen Gefahrstoffe des Versatzstoffes nicht sichergestellt ist.

Die relevanten SGK sind auch im Staubmessplan für jede Versatzart zu diversifizieren, da es bei verschiedenen Verbringungsverfahren in einem Betrieb verschiedene relevante SGK geben kann.

Eine Überwachung der Einhaltung der SGK erfolgt vorzugsweise mittels personenbezogener, in begründeten Ausnahmefällen (siehe TRGS 402) mittels stationärer Expositionsmessungen.

Im Sinne der Aufwandsminimierung genügt es, die jeweils niedrigste prognostizierte SGK eines Versatzverfahrens zu dokumentieren und regelmäßig durch gravimetrische Staubmessungen am Arbeitsplatz zu überprüfen. Ein Staubmessplan dient hierbei zur Planung der Expositionsmessungen, für deren Vergleichbarkeit und zur regelmäßigen Nachweisführung.

Einmal jährlich werden die Staubmessungen von akkreditierten Messinstituten gem. §7 Abs. 10 GefStoffV durchgeführt. Die entsprechende Vorgehensweise ist im Staubmessplan zu fixieren.

Der Staubmessplan ist fortlaufend zu führen und hat für zurückliegende Messungen sowie für die kommenden, durchzuführenden Messungen des nächsten Messzyklus folgende Angaben zu beinhalten:

- Messdatum, avisierte kommende Messung
- Eingebrauchte Versatzstoffkategorie (z. B. Mischung, Monostoff)
- Versatzart (BigBag-, Schüttgut-, Dickstoff-, Spülversatz etc.)
- Messort (Tätigkeiten der Mitarbeiter (Arbeitsbereich), Fahrzeuge etc.)
- Wetterrevier, zur Verfügung stehende Wettermenge (sofern zutreffend, übertage wenig sinnvoll)
- Verweis auf das zugrundeliegende Messprotokoll (mit dessen eindeutiger Kennzeichnung)
- Messergebnisse A- und E-Staub

Personenbezogenes Sammeln der luftgetragenen Gefahrstoffe ist mittels geeigneter Probenahmeverfahren (siehe TRGS 402) mit z. B. akkubetriebenen Pumpen (z. B. PDS-Geräte der Fa. GSA, Gilian etc.) durchzuführen. Deren Luftmengen-Durchsatz richtet sich nach der zu sammelnden Staubfraktion und der entsprechenden Vorabscheidung. Üblich sind 10 l/min, allerdings sind messortspezifische Anpassungen der Filter und Luftmengen erforderlich, um

analytisch verwertbare Staubmengen in einer angemessenen und repräsentativen Zeit zu sammeln.

Die Staubsammelgeräte werden am Mitarbeiter befestigt, die Probenahme erfolgt im Atembereich. Bei ausschließlichen Tätigkeiten in abgegrenzten Bereichen (z. B. Fahrerkabine) ist aus Gründen der Arbeitsergonomie eine Befestigung des Staubsammelgerätes in der Fahrerkabine möglich.

Es sollte immer eine zusätzliche Messung der nicht vorkontaminierten Wetter vor dem Arbeitsplatz („Vor-Revier“ oder Frischwetterschacht) und am ausziehenden Schacht erfolgen, um die Messwerte in einen Kontext setzen zu können.

Grundsätzlich sollte die Bestimmung der unlöslichen Staubanteile im A- und E-Staub auch in Anlehnung an einen Prüfplan erfolgen. Wenn eine korrekte Trennung der löslichen von den unlöslichen Partikeln auf den Filtern sichergestellt ist, verfälschen z. B. löslichen Salze aus dem Wirtsgestein, die mitgesammelt werden, das Analyseergebnis nicht.

### **Überwachung der Einhaltung der Leitparameter und weiterer Luftgrenzwerte im Rahmen der Messungen des Staubmessplanes**

Bei den Staubmessungen werden parallel zur Ermittlung von A- und E-Staub weitere geeignete Filter z. B. zur Bestimmung von Metallkonzentrationen bzw. von unlöslichen Anteilen eingesetzt. Der Staubmessplan ist dann zu ergänzen (gemessene oder zu messende Parameter, ermittelte Messergebnisse).

Im Labor werden von den gesammelten Stäuben auf den Filtern unter Berücksichtigung der Nachweisstärke der verwendeten Analysenverfahren (Mindestmasse erforderlich) die unlöslichen Bestandteile nach geeigneten Verfahren separat bestimmt. Zur Ermittlung unlöslicher Anteile wird auf TRGS 504 Abs. 3.1(2) verwiesen. Metallionen-Anteile werden von weiteren belegten Filtern analysiert.

Die repräsentativ für den Schichtverlauf ermittelten Messwerte müssen gemäß TRGS 402 unter Berücksichtigung der verfahrensbedingten Expositionsdauer auf die Schichtlänge bezogen werden. Damit wird ein Bezug zu den stoffspezifischen Grenzwerten (AGW bzw. TK bzw. BLVs) hergestellt. Da die Messdauer i. d. R. unter einer Schichtlänge liegt, sind die Messwerte mit Hilfe des **Schichtfaktors** in Messergebnisse umzurechnen (siehe TRGS 402). Hierfür kann die Messdauer zur Schichtdauer in ein Verhältnis (Schichtfaktor) gesetzt werden. Eine Rückrechnung auf die heranzuziehende SGK ist nicht erforderlich. Zum Beispiel führen im untertägigen Bergbau An- und Abreisezeiten zu den Arbeitsplätzen (hier Tätigkeiten mit Exposition gegenüber Versatzstoffen) zu einer durchschnittlich 6-stündigen Arbeitszeit. Wenn durch Fahrungszeiten keine Belastung bzgl. der zu untersuchenden Stäube erfolgt, verringert sich das Messergebnis zum Messwert in diesem Fall um den Schichtfaktor 0,75 („verfahrensbedingt verkürzte Exposition“). Betriebsbedingte Strukturen und organisatorische Maßnahmen können Veränderung dieses Schichtfaktors (Verkleinerung oder Vergrößerung) führen.

Abschließend werden nach TRGS 402 Bewertungsindices (BWI) als Quotienten aus Messergebnis zum jeweiligen Arbeitsplatzgrenzwert/Toleranzkonzentration ggf. BLV ermittelt. Dieses



erlaubt dann eine Wichtung des Messergebnisses hinsichtlich einer Überschreitung (Quotient  $>1$ , Schutzmaßnahmen nicht ausreichend) oder Unterschreitung (Quotient  $<1$ , Schutzmaßnahmen ausreichend).

## 9. Dokumentation

Versatzmaterialien können gefährliche Bestandteile beinhalten, die ggf. freigesetzt werden können und entsprechende Maßnahmen nach GefStoffV erfordern.

Unabhängig von der Zahl der Beschäftigten hat der Arbeitgeber erstmals vor Aufnahme der Tätigkeiten mit Gefahrstoffen die Gefährdungsbeurteilung gem. § 6 GefStoffV zu dokumentieren. Die Dokumentation sollte Folgendes beinhalten:

- Arbeitsbereiche und Tätigkeiten mit Gefahrstoffen, die in der Gefährdungsbeurteilung betrachtet werden
- Mögliche inhalative, dermale oder physikalisch-chemischen Gefährdungen am Arbeitsplatz
- Art der Tätigkeiten, die Häufigkeit der Tätigkeiten, die durchschnittliche Dauer der Exposition
- Technische, organisatorische und personenbezogenen Maßnahmen zur Vermeidung, Beseitigung oder Verringerung der Gefährdungen sowie deren Wirksamkeitsprüfung
- Zu ergreifende Maßnahmen, wenn eine Überschreitung der Überwachungsparameter gem. Staubmessplan festgestellt wird und geplante Maßnahmen, die zukünftig die Einhaltung der relevanten Staubgrenzkonzentrationen sicherstellen sollen
- Begründung von Abweichungen von den bekanntgegebenen Regeln
- Zeitpunkt der Erstellung und Angabe der Personen, die die Gefährdungsbeurteilung durchgeführt haben

Im Rahmen der Dokumentation der Gefährdungsbeurteilung können auch vorhandene Gefährdungsbeurteilungen, Dokumente oder andere gleichwertige Berichte verwendet werden, die auf Grund von Verpflichtungen nach anderen Rechtsvorschriften erstellt worden sind.

Die Dokumentation der Gefährdungsbeurteilung ist langfristig aufzubewahren. Werden Tätigkeiten mit krebserzeugenden oder keimzellmutagenen Gefahrstoffen der Kategorien 1A und 1B nach CLP-VO durchgeführt, ist die Dokumentation gem. § 14 Absatz 3 Nr. 4 GefStoffV über die Dauer und Häufigkeit der Exposition 40 Jahre aufzubewahren (siehe TRGS 400).

## Literaturverzeichnis

### EU-Verordnungen, -Richtlinien, Deutsche Gesetze und Verordnungen

Verordnung (EG) Nr. 1907/2006 des Europäischen Parlaments und des Rates vom 18. Dezember 2006 zur Registrierung, Bewertung, Zulassung und Beschränkung chemischer Stoffe (REACH-Verordnung) und Berichtigungen

Verordnung (EG) Nr. 1272/2008 des Europäischen Parlaments und des Rates vom 16. Dezember 2008 über die Einstufung, Kennzeichnung und Verpackung von Stoffen und Gemischen (CLP-Verordnung) und Anpassungsverordnungen

Gesetz über die Durchführung von Maßnahmen des Arbeitsschutzes zur Verbesserung der Sicherheit und des Gesundheitsschutzes der Beschäftigten bei der Arbeit (Arbeitsschutzgesetz – ArbSchG) vom 7. August 1996 (BGBl. I S. 1246)

Verordnung über Sicherheit und Gesundheitsschutz bei der Bereitstellung von Arbeitsmitteln und deren Benutzung bei der Arbeit, über Sicherheit beim Betrieb überwachungsbedürftiger Anlagen und über die Organisation des betrieblichen Arbeitsschutzes (Betriebssicherheitsverordnung – BetrSichV) vom 27. September 2002 (BGBl. I S. 3777)

Verordnung über Sicherheit und Gesundheitsschutz bei Tätigkeiten mit biologischen Arbeitsstoffen (Biostoffverordnung – BioStoffV) vom 27. Januar 1999 (BGBl. I S. 50)

Verordnung zum Schutz vor Gefahrstoffen (Gefahrstoffverordnung – GefStoffV) vom 26. November 2010 (BGBl. I S. 1643)

Verordnung zur arbeitsmedizinischen Vorsorge (ArbMedVV) vom 18. Dezember 2008 (BGBl. I S. 2768)

Bergverordnung für alle bergbaulichen Bereiche (Allgemeine Bundesbergverordnung - ABBe-rgV) vom 23.10.1995, Vollzitat: "Allgemeine Bundesbergverordnung vom 23. Oktober 1995 (BGBl. I S. 1466), die zuletzt durch Artikel 2 der Verordnung vom 4. August 2016 (BGBl. I S. 1957) geändert worden ist"

Gesetz zur Förderung der Kreislaufwirtschaft und Sicherung der umweltverträglichen Bewirtschaftung von Abfällen (Kreislaufwirtschaftsgesetz - KrWG) vom 24.02.2012, Vollzitat: "Kreislaufwirtschaftsgesetz vom 24. Februar 2012 (BGBl. I S. 212), das durch Artikel 1 des Gesetzes vom 27. März 2017 (BGBl. I S. 567) geändert worden ist"

Verordnung über die Nachweisführung bei der Entsorgung von Abfällen (Nachweisverordnung - NachwV) vom: 20.10.2006 Vollzitat: "Nachweisverordnung vom 20. Oktober 2006 (BGBl. I S. 2298), die zuletzt durch Artikel 7 der Verordnung vom 2. Dezember 2016 (BGBl. I S. 2770) geändert worden ist"

Verordnung über den Versatz von Abfällen unter Tage (Versatzverordnung - VersatzV) vom: 24.07.2002, Vollzitat: "Versatzverordnung vom 24. Juli 2002 (BGBl. I S. 2833), die zuletzt durch Artikel 5 Absatz 25 des Gesetzes vom 24. Februar 2012 (BGBl. I S. 212) geändert worden ist"

Bergverordnung zum gesundheitlichen Schutz der Beschäftigten (Gesundheitsschutz-Bergverordnung - GesBergV), vom 31. Juli 1991 (BGBl. I S. 1751), die zuletzt durch Artikel 2 der Verordnung vom 18. Oktober 2017 (BGBl. I S. 3584) geändert worden ist

### **Technische Regeln, Bekanntmachungen zu Gefahrstoffen**

soweit noch nicht genannt (siehe [http://www.baua.de/cln\\_137/de/Themen-von-A-Z/Gefahrstoffe/TRGS/TRGS.html](http://www.baua.de/cln_137/de/Themen-von-A-Z/Gefahrstoffe/TRGS/TRGS.html))

Technische Regel des LAB Einsatz von Abfällen als Versatz unter Tage – TR Versatz, Stand: 17.10.2006

TRGS 400, Gefährdungsbeurteilung für Tätigkeiten mit Gefahrstoffen

TRGS 402, Ermitteln und Beurteilen der Gefährdungen bei Tätigkeiten mit Gefahrstoffen: Inhalative Exposition

TRGS 420, Verfahrens- und stoffspezifische Kriterien (VSK) für die Ermittlung und Beurteilung der inhalativen Exposition

TRGS 504, Tätigkeiten mit Exposition gegenüber A- und E-Staub

TRGS 900, Arbeitsplatzgrenzwerte

TRGS 910, Risikobezogenes Maßnahmenkonzept für Tätigkeiten mit krebserzeugenden Gefahrstoffen

BekGS 408 „Anwendung der GefStoffV und TRGS mit dem Inkrafttreten der CLP-Verordnung“

BekGS 409 „Nutzung der REACH-Informationen für den Arbeitsschutz“

TRGS 710 „Biomonitoring“

DGUV Regel 112-190 „Benutzung von Atemschutzgeräten“

### **Weitergehende Literatur**

Waste Treatment BREF (*Revision bis 2018 abgeschlossen*)

EuGH, Urteil vom 27.02.2002 – C-6/00 (Versatz als Verwertung)

Zeitschrift „Gefahrstoffe – Reinhaltung der Luft“ 75 (2015) Nr. 11/12 – November /Dezember: „Die Bewertung von Versatzmaterial zu Arbeitsschutzzwecken im untertägigen Bergbau – eine Bestandsaufnahme“, M. Koob, D. Dahmann

Zeitschrift „Kompaß“ 105 (1995) Heft 2, S. 57-61 – „Bewertung von Baustoffen, Versatz- und Deponiematerialien hinsichtlich der Staubentwicklung beim Umgang“, W. Werner, H.-D. Bauer, D. Dahmann

## **Anlage 1 Fördermethoden und Versatzverfahren**

### **1. Förderung nach unter Tage**

Der lose, trocken angelieferte bergbaufremde Abfall wird, entweder nach übertägiger Behandlung in den nach BImSchG genehmigten Anlagen oder ohne Vorbehandlung bei entsprechender einzeleinstofflicher Eignung der Abfälle als Monostoff im Direktversatz, mittels hydraulischer, pneumatischer oder mechanischer Verfahren in die für den Versatz vorgesehenen untertägigen Hohlräume nach unter Tage gefördert. Dabei sind je nach den örtlichen Gegebenheiten mehrere Varianten kombiniert möglich.

#### **Hydraulisches Förderverfahren**

Die hydraulischen Verfahren der Abfallverbringung nach unter Tage sind davon abhängig, ob der Versatz als Spül- oder Pumpversatz durchgeführt wird. Beim Spülversatz stellt die Anmischflüssigkeit das Transportmedium für das Versatzgut dar. Der überschüssige Anteil drainiert aus dem Versatzmaterial aus, wird an geeigneter Stelle des jeweiligen Einspülbereiches gesammelt und zum Wiedereinsatz in die Mischanlage gepumpt.

Beim Pumpversatz wird eine hydraulisch förderbare Suspension aus den hierfür vorgesehenen Abfällen, einer zur Anmischung geeigneten Flüssigkeit sowie ggfs. Zuschlagstoffen (z. B. Bindemittel) hergestellt. Dieser Prozess kann über- oder untertägig erfolgen. Die Anmischflüssigkeit wird i. d. R. vollständig durch die Abfälle und/oder durch das ggf. zusätzlich eingesetzte Bindemittel im Versatzkörper gebunden. Die chemische Zusammensetzung der Anmischflüssigkeit muss gewährleisten, dass ein Auflösen der tragenden Pfeiler im Versatzfeld ausgeschlossen ist. Die verwendete Flüssigkeit ist auf die örtlichen Gegebenheiten abgestimmt und kann demzufolge nicht zu Lösungserscheinungen im umgebenden Salinar führen.

#### **Pneumatisches Förderverfahren**

Bei diesem Verfahren werden die Abfälle pneumatisch, i. d. R. über ein geschlossenes Rohrleitungssystem nach unter Tage zur dortigen Konditionierungsanlage bzw. direkt in den zu versetzenden Hohlraum verbracht. Die Förderluft wird über eine Entstaubungsanlage geleitet und gereinigt.

#### **Mechanisches Förderverfahren**

Je nach dem vorgesehenen mechanischen Versatzverfahren werden die dazu bestimmten Materialien entweder in BigBags, Sackware, Fässer, Container oder über eine entsprechend dimensionierte Fallleitung bzw. über ein Fördergefäß als Schüttgut nach unter Tage verbracht. Der untertägige Transport und Einbau des Schüttgutes findet per Lkw, Muldenfahrzeuge, Förderbänder oder Radlader statt.

## **Versatz unter Tage**

Der Einbau des Versatzmaterials in die untertägigen Hohlräume erfolgt in Abhängigkeit der lokalen Gegebenheiten in unterschiedlichen Versatzverfahren, die nachfolgend beschrieben werden.

### **Schütt-, Kipp-, Sturz-, Schleuder- und Schiebeversatz**

Beim Sturzversatz wird der Versatz als lose Schüttung in die zu versetzenden Abbauhohlräume eingebaut. Für den Sturzversatz mit Abfällen kann unter gewissen Rahmenbedingungen, z. B. wenn nicht erhärtender Versatz ausreichende physikalische Parameter mit sich bringt, die Versatzwirkung ohne Vorbehandlung erreicht werden.

Sofern erhärtender Versatz erforderlich ist, werden zur Vorbereitung und Herstellung des Versatzmaterials die einzelnen Abfallkomponenten (Stäube/Aschen; Mineralische Abfälle wie Bodenaushub oder Fräsgut; Schlämme) nach vorgegebenen Mischungsverhältnissen chargenweise in einem Mischer aufgegeben und darin homogenisiert und ggfs. unter Zugabe von geeigneter Anmischflüssigkeit konditioniert. Die abbindenden Eigenschaften der Stäube/Aschen aus der Rauchgasreinigung werden in Kombination mit der Feuchtigkeit der Schlämme oder der zugegebenen Flüssigkeit aktiviert und führen zu einer Aushärtung und Stabilisierung des Ausgangsmaterials. Nach Bedarf werden noch mineralische Abfälle zugegeben, um eine zusätzliche Stabilisierungsmatrix in den Versatz einzubringen.

Die Herstellung des fertigen Versatzstoffes erfolgt entweder direkt am Standort oder in einer vorgelagerten Anlage. Abhängig von den lokalen Gegebenheiten wird der lose Versatz als Schüttung über Fördermittel (Korb, Skip), Fallrohr oder LKW nach unter Tage gefördert. Unter Tage erfolgt abhängig vom Standort der Transport und Umschlag des Versatzes bis in die zu versetzenden bergmännischen Hohlräume (Abbaukammern).

Bei den Verfahren des Schütt-, Kipp-, Sturz-, Schleuder- und Schiebeversatzes werden die dazu geeigneten Abfälle ohne Großpackmittel regelmäßig von Transportfahrzeugen abgeladen, z. T. mit Schiebeschilden verteilt und ggf. bis unter die Firste gedrückt. In einem Fall wird das trocken genutzte Versatzmaterial unmittelbar nach pneumatischem Transport unter Tage ohne Verwendung von Transportfahrzeugen über entsprechend dimensionierte Rohrleitungen in die zu versetzenden Abbauhohlräume verbracht.

Eine weitere Variante des Sturzversatzes stellt das Verstürzen der zuvor in geeignete Behälter bzw. Verpackungen (z. B. BigBags oder Gewebeventildeckelsäcke) trocken, lose abgefüllten bergbaufremden Abfälle über die Strossen- bzw. Böschungskante der zu versetzenden Abbaukammern dar. Die Abfüllung in die v. g. Behälter erfolgt je nach Eignung einzelstofflich (mono) oder in einem zur Herstellung der erforderlichen Versatzmaterialeigenschaften (z. B. zur Dichteregulierung) zugelassenen Gemisch. Die verstürzten Behälter bilden entweder, zusammen mit losem Salz zur Auffüllung von Zwickelhohlräumen, den Versatzkörper selber oder werden gezielt in ein aus Schüttgut bzw. Versatzstoffmischungen bestehendes Versatzmassiv als „Bausteine“ eingebracht. In denjenigen Fällen, in denen kein firstbündiger Versatz durchgeführt wird, erfolgt zur Vermeidung von oberflächigen Staubverwehungen mit

den Wettern sowie zur Über-/Befahrbarkeit die Abdeckung des Versatzkörpers mit einer Salzschiicht und einer abschließenden Befeuchtung der Oberfläche.

### **Stapelversatz**

Bei der Anwendung des Stapelversatzes werden die i. d. R. in BigBags verpackten trockenen, losen Versatzmaterialien mit LKW bzw. Containerfahrzeugen zum Versatzort transportiert und dort mit Stapelfahrzeugen in die untertägigen Hohlräume in mehreren Lagen eingestellt. Zwischenräume zwischen den BigBags und die unvermeidbar verbleibenden Zwickelhohlräume (zu den Pfeilern bzw. standortspezifisch bis zur Firste) werden unter Verwendung spezieller Schleudermaschinen mit körnigem Salzgestein verfüllt. Es werden auch Kombinationen der v. g. Versatzarten angewendet. So werden beispielsweise BigBag-Gebinde als oberste Versatzlage auf vorher eingebautem Sturzversatz aus offenem Schüttgut eingebaut.

### **Hydraulischer Versatz**

Bei dem hydraulischen Versatzverfahren wird das Versatzgut nach der über oder unter Tage stattfindenden Konditionierung über ein geschlossenes Rohrleitungssystem in die zu verfüllenden Hohlräume gefördert. Die fließ- bzw. pumpfähige Suspension härtet in der Versatzkammer nahezu vollständig aus. Mit diesem Verfahren ist eine vollständige (firstschlüssige) Verfüllung der Hohlräume möglich. Zu den hydraulischen Versatzverfahren zählen die nachfolgend beschriebenen Verfahren.

### **Spülversatz**

Beim Spülversatz stellt die Anmischflüssigkeit das Transportmedium für das Versatzgut dar. Der überschüssige Anteil drainiert aus dem Versatzmaterial aus, wird an geeigneter Stelle des Einspülbereichs gesammelt und zum Wiedereinsatz in die Mischanlage gepumpt. Der Spülversatz im Salzbergbau ermöglicht eine frei fließende, sich selbst nivellierende Versatzmasse.

### **Dickstoffversatz (Pumpversatz)**

Beim Dickstoffversatzverfahren werden die trockenen, zuvor pneumatisch nach unter Tage geförderten bergbaufremden Abfälle in einem entsprechend dimensionierten Mischer mit einer standortspezifischen Anmischflüssigkeit (i. d. R. Salzlösungen) in pumpfähige Suspensionen überführt. Anschließend wird die pumpfähige Suspension über geeignete Fördersysteme hydraulisch in die jeweiligen Versatzabbaue gefördert. Der Gesamtprozess aus pneumatischem und hydraulischem Transport der Abfälle erfolgt in Bezug auf Tätigkeiten mit luftgetragenen Gefahrstoffen in einem geschlossenen System.

## **Anlage 2 IGF-Staubprognoseverfahren**

### **Prognose und Überwachung zur Einhaltung von Grenzwerten in der Luft**

Diese Anlage beschreibt Prinzipien, Methodik und beispielhafte Umsetzung des Berechnungsverfahrens zur Bestimmung und Bewertung von relevanten, heranzuziehenden Staubgrenzkonzentrationen und begrenzenden Staubkonzentrationen, dass das Staubprognoseverfahren für Versatzstoffe beschreibt. Dieses Verfahren dient als Entscheidungshilfe für die Verwertbarkeit eines potenziellen Versatzmaterials (Monostoff oder Mischung) durch ein ausgewähltes Versatzverfahren unter den lokalen Voraussetzungen einer bestimmten UTV.

Gleichzeitig kann es als Hilfe zur regelmäßigen Überwachung der Grenzwerte in der Luft bei Versattätigkeiten eingesetzt werden. Empfohlen wird eine vierteljährliche Staubmessfrequenz (A- und E-Staub) durch fachkundiges Personal (siehe TRGS 402: Anlage 1).

Dabei ist es das Ziel, eine Datenreduktion so vorzunehmen, dass nicht bei jeder Staubmessung auch die einzelnen chemischen Komponenten und die inhalative Exposition der Beschäftigten gegenüber diesen Einzelkomponenten (Leitelemente) zu ermitteln sind, sondern eine einfache E- und A-Staubmessung zur Bewertung der Exposition ausreicht. Dies geschieht in der Annahme, dass die chemische Zusammensetzung der A- und E-Stäube sich aus bestimmten Parametern des Versatzmaterials selbst ermitteln lässt und sich daraus sogenannte Staubgrenzkonzentrationen als Leitparameter des Prognoseverfahrens errechnen lassen. Für diese heranzuziehenden Staubgrenzkonzentrationen gilt, dass bei ihrer Einhaltung in der Luft am Arbeitsplatz auch die jeweiligen relevanten Luftgrenzwerte eingehalten werden. Wesentliche Voraussetzungen für ein für UTV-Tätigkeiten geeignetes Überwachungsverfahren zur Einhaltung von Luftgrenzwerten mit Datenreduktion sind die versatzstoffbezogene Ermittlung der heranzuziehenden SGK als „worst-case“-Betrachtung sowie die regelmäßige Durchführung von Expositionsmessungen, die jeweils momentan (meist schichtbezogen) die inhalative Exposition der Mitarbeiter bei Tätigkeiten mit den i.d.R. inhomogenen Versatzstoffen abbilden sollen.

Einmal jährlich werden die Staubmessungen von akkreditierten Messinstituten durchgeführt, wobei auch die Expositionen gegenüber allen relevanten Gefahrstoffen, insbesondere die gegenüber den heranzuziehenden Leitelementen im Versatzstoff ermittelt und bewertet werden. Es ist zu berücksichtigen, dass für die Bewertung relevanter Leitelemente des Prognoseverfahrens durch Kennzahlen auch entsprechende aktuelle Expositionsdaten zur Verfügung stehen müssen.

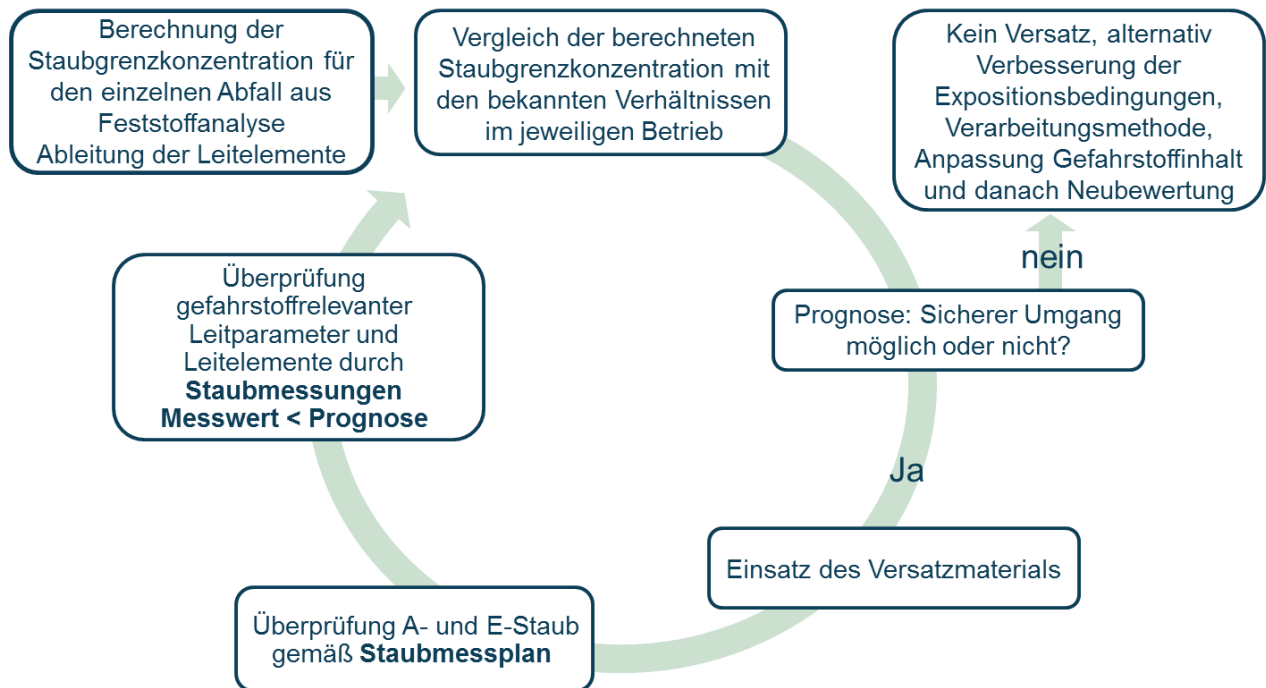


Abb. 3: Regelkreis

Die Ergebnisse ersetzen jedoch nicht die Gefährdungsbeurteilung bzw. das Sicherheits- und Gesundheitsschutzdokument, können jedoch dafür genutzt werden, sodass im Vorfeld sowie nachfolgend im Rahmen der Eigenüberwachung durch den Unternehmer ggf. geeignete Schutzmaßnahmen zum Gesundheitsschutz bei Tätigkeiten mit den entsprechenden Versatzmaterialien festgelegt bzw. angepasst werden können. Dazu zählen z.B. risikominimierende Schutzmaßnahmen zur Einhaltung stoffspezifischer Akzeptanzkonzentrationen (AK) nach Kapitel 5 der TRGS 910.

Die im Rahmen der Pflichten nach § 3 ABergV und § 7 GesBergV i. V. m. § 6ff GefStoffV, insbesondere gemäß der Vorgaben nach § 6 (6) Satz 2 GefStoffV, umzusetzende Gefährdungsbeurteilung (Sicherheits- und Gesundheitsschutzdokument) bei Tätigkeiten mit Gefahrstoffen wird mit Hilfe des nachfolgend beschriebenen Staubprognoseverfahrens auf Grundlage der TRGS 402 umgesetzt, hier ausschließlich für die inhalative Expositionen im Versatzbetrieb. Das branchenspezifische Prognoseverfahren liefert, zusammen mit regelmäßigen Expositionsmessungen, Aussagen zur möglichen Einhaltung der Grenzwerte relevanter Parameter eines Versatzmaterials bei Einbringtätigkeiten unter Tage.

Das bisherige Konventionsverfahren zur Staubprognostik nach WERNER ET AL., dessen Algorithmus in „Bewertung von Baustoffen, Versatz- und Deponiematerialien hinsichtlich der Staubentwicklung beim Umgang“ (Kompaß 105 (1995) Heft 2, S. 57-61) grundlegend beschrieben ist, diente der Ermittlung von Staubgrenzkonzentrationen für den A- und E-Staub, die als Leitparameter für Tätigkeiten mit Versatzstoffen genutzt werden können. Dieses Konventionsverfahren wird im Folgenden an die aktuellen gesetzlichen Vorgaben angepasst. Es ist weiterhin in gleicher Weise auf Inputstoffe (Monostoffe) und Versatzmischungen anwendbar und bestimmt **Staubkon-**



**zentrationen zur betriebsbezogenen Vorabbeurteilung der Verwertbarkeit bei Einbring-  
tätigkeiten.** Damit wird das Präventionsziel verfolgt, eine inhalative Gesundheitsgefährdung der  
Mitarbeiter durch Überschreitung heranzuziehender Luftgrenzwerte bereits im Vorfeld ausschlie-  
ßen zu können.

Kennzeichen dieser Gefährdungsermittlung im Rahmen der Staubprognostik sind i.S. von Kapitel  
2 (8) und Kapitel 3 (4) der TRGS 402 die

- „Worst-Case“-Betrachtung anhand der maximal möglichen Gefahrstoffgehalte einzubringen-  
der Versatzmassen (Bandbreitenbetrachtung) als Ausgangspunkt,
- Berücksichtigung relevanter Luftgrenzwerte an Arbeitsplätzen für die analysierten bzw. dekla-  
rierten Gefahrstoffparameter des möglichen Versatzmaterials, mit denen eine Vorabentschei-  
dung über die Machbarkeit der Verwertung getroffen werden kann,
- Bestimmung von A- und E-Staubgrenzkonzentrationen (SGK) als schärfste bei der Verbrin-  
gung einzuhaltende Konzentrationen, d.h. unter ungünstigsten Bedingungen,
- Bestimmung von mit Bezug auf die Luftgrenzwerte begrenzenden Parametern des möglichen  
Versatzmaterials,
- Vorbeurteilung der relevanten berechneten Konzentrationen ( $SGK_{\text{relevant}}$ ) und der ausgewähl-  
ten Staubkonzentrationen (SK) begrenzender Parameter durch Vergleich mit den messtech-  
nisch ermittelten Maximalkonzentrationen des jeweiligen Versatzbetriebes als „Worst-Case“-  
Betrachtung des lokalen Einbringverfahrens,
- Berücksichtigung von lokalen realistischen Bedingungen der Verwertungsanlage (UTV) und  
des angewendeten Einbringverfahrens durch
  - die Bewertung relevanter A- und E-Staubgrenzkonzentrationen und Parametern mit be-  
grenzenden Staubkonzentrationen unter ungünstigen, aber realistischen Betriebsbedin-  
gungen durch betriebsspezifische Kennzahlen zur Abschätzung des relevanten Gefähr-  
dungspotenzials,
  - fortlaufende betriebsspezifische Auswertungen („Worst-Case“) langjährig gewonnener  
Expositionsdaten der Beschäftigten bei den jeweiligen Einbringtätigkeiten,

damit erforderliche regelmäßige Datengewinnung (Gefahrstoffgehalte des Versatzmaterials,  
Expositionen vor Ort) zur Wirksamkeitskontrolle im Rahmen der Gefährdungsbeurteilung bzw.  
des Sicherheits- und Gesundheitsschutzdokuments, zur Dokumentation bzw. ggf. zur Nach-  
besserung des Einbringverfahrens, z.B. durch spezifische Schutzmaßnahmen oder Gehalts-  
begrenzungen (Regelkreisprinzip).

### **Bestimmung der relevanten SGK und der SK mit Hilfe des Staubprognoseverfahrens**

Gemäß GesBergV ist auch für den laufenden Versatzbetrieb bereits vorab sicherzustellen, dass  
sowohl allgemeine als auch stoffspezifische Grenzwerte in der Luft am Arbeitsplatz eingehalten  
werden können. Zu diesem Zweck kann dieses Staubberechnungsverfahren eine Prognose mög-  
licher Expositionen bei Tätigkeiten mit Versatzmaterialien liefern. Dieses seit Anfang der 90er  
Jahre, insbesondere bei Versatz Tätigkeiten zur Vorabprüfung der Einhaltung der Luftgrenzwerte  
angewendete bewährte Prognoseverfahren gibt nunmehr grundsätzlich an, ob unter den im Be-  
trieb herrschenden Bedingungen und mit ggf. noch zu ergänzenden Maßnahmen die entspre-  
chenden Luftgrenzwerte inkl. Beurteilungsmaßstäben voraussichtlich eingehalten werden kön-  
nen.

Für dieses – in Hinsicht auf alle spezifischen Parameter (hier relevante Elemente bzw. chemische Verbindungen, die mit Luftgrenzwerten belegt sind) eines Abfalls oder Abfallgemisches – variable Berechnungsverfahren, siehe **Anlagen 3 und 4**, sind verschiedene, rechtlich verbindliche Luftgrenzwerte an Arbeitsplätzen, d.h.

- Luftgrenzwerte als Allgemeine Staubgrenzwerte für den A- und E-Staub gem. TRGS 900 (AGW),
- gesundheitsbasierte stoffspezifische Luftgrenzwerte nach TRGS 900 (AGW),
- risikobezogene Beurteilungsmaßstäbe gem. TRGS 910 (Toleranzkonzentrationen (TK) zur Abgrenzung von Bereichen hohen Risikos und Akzeptanzkonzentrationen (AK) zur Festlegung von zusätzlichen Schutzmaßnahmen),
- EU-Arbeitsplatzgrenzwerte als Beurteilungsmaßstäbe nach der Richtlinie 2017/2398/EU (BLV-EU) und
- Beurteilungsmaßstäbe aus Bekanntmachungen des Bundesministeriums für Arbeit und Soziales (BMAS) gemäß § 20 Absatz 4 der GefStoffV

heranzuziehen.

**Unter Berücksichtigung dieser Luftgrenzwerte sind aus den herangezogenen Maximalgehalten der Parameter eines Abfalls oder Abfallgemisches zur Verwertung jeweils mögliche Konzentrationen im A- bzw. im E-Staub zu errechnen. Grundsätzlich sind daraus für die Beurteilung der Verwertbarkeit eines Versatzmaterials sowohl Staubgrenzkonzentrationen relevanter Parameter als auch Staubkonzentrationen einzelner begrenzender Parameter im A- und E-Staub i.S. des „Worst-Case“ auszuwählen, deren Konzentrationswerte durch die entsprechenden höchsten Expositionsmessergebnisse bei Tätigkeiten mit dem jeweiligem Versatzmaterial im Betrieb unterschritten werden.**

Als **Leitparameter** werden die relevanten Staubgrenzkonzentrationen im A- und E-Staub ( $SGK_{\text{relevant}}$ ) bezeichnet, die bereits aus dem bisherigen Konventionsverfahren zur vereinfachten Überprüfung der Einhaltung der Luftgrenzwerte bei den Einbringtätigkeiten bekannt sind.

Als **Leitelemente** werden im Folgenden auszuwählende Parameter mit begrenzenden Staubkonzentrationen im A- und E-Staub (SK) bezeichnet, für die sich aufgrund hoher Gehalte und niedriger Luftgrenzwerte die niedrigsten möglichen Staubkonzentrationen für das zu bewertende Versatzmaterial errechnen. Auch für diese begrenzenden Parameter ist jeweils die Einhaltung der entsprechenden Luftgrenzwerte bei den Einbringtätigkeiten zu prüfen.

Neben diesen **Leitparametern**, die auch zur vereinfachten messtechnischen Überprüfung der Wirksamkeitskontrolle der Schutzmaßnahmen im Rahmen der Gefährdungsbeurteilung bzw. des Sicherheits- und Gesundheitsschutzdokuments dienen können, erlaubt das Prognoseverfahren somit, dominierende begrenzende Gehalte stoffspezifischer Parameter des Abfalls bzw. des Abfallgemisches zur Verwertung als stoffspezifische **Leitelemente** zu erkennen, die im laufenden Versatzbetrieb gleichfalls bei regelmäßigen Staubmessungen zur Verringerung des Mess- und Analyseaufwandes beitragen können.

Die **Staubgrenzkonzentration** (SGK) ist diejenige Massenkonzentration in  $mg/m^3$  der A- bzw. der E-Staubfraktion in der Luft am Arbeitsplatz, bei der die Luftgrenzwerte (AGW) bzw. die Beurtei-

lungsmaßstäbe (TK und AK, BLV-EU, BM des BMAS) aller im Abfall bzw. Abfallgemisch auftretenden Parameter erreicht werden. Bei mit AGW versehenen Parametern für die E-Staubfraktion, denen eine gesundheitliche Gesamtwirkung unterstellt wird, ist die SGK summarisch zu bestimmen. Bei Parametern mit risikobasierten Toleranz- und Akzeptanzkonzentrationen in der A- und E-Staubfraktion, vergleichbaren Beurteilungsmaßstäben sowie bei Parametern mit Luftgrenzwerten in der A-Staubfraktion ist aufgrund spezifisch unterschiedlicher gesundheitlicher Wirkungen grundsätzlich die Berechnung als Einzelbetrachtung erforderlich.

Als **relevante Staubgrenzkonzentration** ( $SGK_{\text{relevant}}$ ) wird jeweils der schärfste errechnete Wert für den A- und E-Staub ausgewählt, es sei denn, die Allgemeinen Staubgrenzwerte gem. TRGS 900 bilden das schärfste Kriterium.

In diesem Berechnungsverfahren wird auch die **Einhaltung risikobasierter Akzeptanzkonzentrationen** (AK, aktuell z.B. für Arsenverbindungen, Benzol, B(a)P, Cadmiumverbindungen, Cobaltverbindungen, Nickelverbindungen) in der A-Staubfraktion bzw. in der E-Staubfraktion im Rahmen der Gefährdungsbeurteilung bzw. des Sicherheits- und Gesundheitsschutzdokuments als Einzelbewertung geprüft. Bei möglicher Überschreitung der AK sind besondere risikominimierende Schutzmaßnahmen gem. Tabelle 1 der TRGS 910 zu veranlassen. Zur Unterstützung der Gefährdungsermittlung weist somit bereits diese betriebsbezogene Vorabbeurteilung der Verwertbarkeit bei Bedarf – hier errechnete mögliche Staubkonzentrationen, die ggf. bei der Verwertung zu Expositionen im mittleren Risikobereich führen könnten – auf die Notwendigkeit besonderer risikominimierender Schutzmaßnahmen hin.

### Schrittweiser Ablauf einer Staubprognose

Mit **Anlage 3 (Vorder- und Rückseite)** wird ein Berechnungsblatt zur Verfügung gestellt, das das Prognoseverfahren anhand eines Beispiels (Schüttgut) abbildet. Der schrittweise Ablauf kann auch der graphischen Darstellung des Bearbeitungsverfahrens, siehe **Anlage 4**, entnommen werden.

Voraussetzungen zu Umsetzung des Prognoseverfahrens sind neben geeigneten, insbesondere repräsentativen Analyseergebnissen des Versatzmaterials die detaillierte Kenntnis des möglichen Versatzverfahrens und der heranzuziehenden Grenzwerte in der Luft an Arbeitsplätzen sowie der verfahrensspezifischen Expositionsdaten aus dem ausgewählten Versatzbetrieb.

Die im Folgenden zu bestimmenden relevanten  $SGK_{\text{relevant}}$  als Leitparameter bzw. die  $SK_{\text{Element}}$  als begrenzende Leitelemente, jeweils für die A- bzw. die E-Staubfraktion, unterliegen der „**worst-case**“-Annahme, dass Partikel und ggf. gasförmige Bestandteile<sup>2</sup> des Versatzmaterials mit ihren jeweiligen maximalen Parametergehalten vollständig in die Wetter (Atemluft) freigesetzt werden, unabhängig von physikalischen und chemischen Effekten und Verfahren (z.B. Partikel-agglomeration, Konditionierung) sowie der für das Versatzmaterial bei den Einbringttätigkeiten vorgesehenen Verpackung.

---

<sup>2</sup> Das Verfahren ist trotz der Bezeichnung „Staubprognostik“ auch parallel auf gasförmige Gefahrstoffe im Versatzmaterial anwendbar, die mit Luftgrenzwerten belegt sind.

**Erstes Kriterium zur Prüfung der Verwertbarkeit:** Zunächst errechnen sich – ohne Berücksichtigung realistischer Betriebsbedingungen – aus den möglichen Staubkonzentrationen durch den Bezug auf die höchsten Expositionsdaten (Messergebnisse) des UTV-Verfahrens jeweils **Versatzkennzahlen** (VK) für die heranzuziehenden Leitparameter und die auszuwählenden Leitelemente.

**Zweites Kriterium zur Prüfung der Verwertbarkeit:** Die bislang zur Berücksichtigung realistischer Betriebsbedingungen angewendeten pauschalen Faktoren für das Freisetzungspotential und das gleichzeitige Auftreten aller Maximalparameter (Versatzmischungen) werden nunmehr durch die Berechnung **betriebspezifischer Sicherheitskennzahlen** (BSK) für jeden UTV-Standort und jedes Einbringverfahren präzisiert. Nach Berechnung der Versatzkennzahlen für ein Versatzmaterial werden aus den vorliegenden höchsten Expositionsdaten, bezogen auf die entsprechenden Luftgrenzwerte, die BSK eines UTV-Standortes für die heranzuziehenden Leitparameter und die ausgewählten Leitelemente dokumentiert. Die BSK dienen ergänzend der Beurteilung der Verwertbarkeit eines zu prüfenden Abfalls oder Abfallgemisches, um gem. TRGS 402 realistische Betriebsbedingungen zu berücksichtigen.

Zur **fortlaufenden Ermittlung von BSK eines UTV-Standortes** für die Beurteilung der Verwertbarkeit der Leitparameter und Leitelemente eines möglichen Versatzmaterials sind validierte Messergebnisse auf Grundlage eines qualitätsgesicherten Prozesses erforderlich, der ebenfalls dem „Worst-Case“-Ansatz genügt.

*Die **höchsten Messergebnisse personenbezogen ermittelter Expositionen** (Konzentrationswerte  $C_{MAX_A}$  bzw.  $C_{MAX_E}$  bzw.  $C_{MAX_{Element}}$ ) im A- und im E-Staub sind für die ermittelten Leitparameter bzw. ausgewählten Leitelemente und das jeweilige Versatzverfahren im Einlagerungsbereich der UTV durch den Unternehmer zu ermitteln. Heranzuziehen sind die maximalen Expositionsdaten aus den letzten fünf Betriebsjahren ohne wesentliche verfahrenstechnische Veränderungen. Sollte es Änderungen relevanter Randbedingungen gegeben haben, sind die Messwerte ab diesem Zeitpunkt heranzuziehen und deren Ursachen nachvollziehbar in den Bemerkungen zu dokumentieren (siehe Kap. 6 TRGS 402). Die UTV-Betriebe müssen ihre schlechtesten Jahresexpositionen zur Verfügung stellen, wenn dieses Prognoseverfahren extern durchgeführt wird. Die aus dem Regelbetrieb für jedes Versatzverfahren separat zu ermittelten maximalen Jahresexpositionen sind als Messergebnisse [ $mg/m^3$ ] gem. TRGS 402 jeweils mit Quellenangaben entsprechend **Anlage 3 (Rückseite)** zu versehen. Der schlechteste Expositionswert aus dem Einbringverfahren der letzten fünf Jahre entspricht dann  $C_{MAX_A}$  bzw.  $C_{MAX_E}$  für die Leitparameter bzw.  $C_{MAX_{Element}}$  für die ausgewählten Leitelemente zur Berechnung der BSK.*

Unter diesen Voraussetzungen kann der **schrittweise Ablauf des Prognoseverfahrens mit Hilfe des Berechnungsblattes (siehe Anlage 3 – Vorder- und Rückseite)** erfolgen:

1. **Zusammenstellung der Parametergehalte und deren Grenzwerte in der Luft an Arbeitsplätzen**

Die maximalen Massengehalte („Worst-Case“) aller mit Luftgrenzwerten bzw. mit Beurteilungsmaßstäben versehenen Parameter eines möglichen Versatzmaterials für die A- bzw. die E-Staubfraktion sind zunächst zu ermitteln, wobei die Bandbreite dieser Parameter abzudecken ist. Hierfür sind die **analysierten oder deklarierten maximalen Gehalte jedes relevanten Pa-**

**rameters** heranzuziehen – diese Analysenergebnisse (auch bei Deklarationen) sind zu dokumentieren. Im Fall nicht ausreichend vorliegender Analysedaten können auch aus belegbaren Erfahrungswerten (z.B. Daten vergleichbarer Abfälle aus Referenzanlagen) oder entsprechenden, bereits erfolgten Staubprognosen aus fünf Vorjahren mögliche Maximalwerte deklariert werden, sofern sich die Zusammensetzung des Abfalls nicht verändert hat oder vergleichbar ist.

Die vor dem Hintergrund der Zusammensetzung des spezifischen Abfalls und des gewählten Versatzverfahrens auszuwählenden Parametergehalte (i.d.R. Metallsalze (A, E), Halogene, Kohlenwasserstoffe wie z.B. B(a)P,  $\Sigma$  PCB, Cyanide<sub>ges.</sub> und Dioxine/Furane (I-TE nach NATO), ggf. kristalline Kieselsäuren (A), bei trockener Verwertung zzgl. Freikalk, etc.) bedürfen regelmäßiger Überprüfung hinsichtlich der Aktualität – grundsätzlich wären bei beurteilungsrelevanten Änderungen der Maximalgehalte, aber auch der Zusammensetzung des Abfalls bzw. der heranzuziehenden Luftgrenzwerte bzw. des Versatzverfahrens bzw. der Expositionsdaten aus dem Versatzbetrieb die Staubprognostik erneut durchzuführen. Für einige Parameter sind aufgrund medizinischer Relevanz nur wasserlösliche Gehalte heranzuziehen, z.B. bei Bor, Fluoriden und Barium, sofern derart analysiert (d.h. alternativ ist i.S. des „Worst-Case“ mit den Gesamtgehalten zu rechnen).

Bei konkurrierenden, verbindlichen Grenzwerten (z.B. AGW und gleichzeitig BLV-EU für einen Parameter) eines Parameters ist i.S. des „Worst-Case“, somit i.S. der Prävention, jeweils der schärfere Grenzwert für das Berechnungsverfahren heranzuziehen.<sup>3</sup>

## 2. Datenübertragung in das Berechnungsblatt (siehe Anlage 3) mit Berechnung der möglichen Staubkonzentrationen

Die Maximalwerte aller Parametergehalte und die heranzuziehenden Luftgrenzwerte werden i.S. einer „Worst-Case“-Betrachtung in das Berechnungsblatt (Vorderseite) übernommen.

Damit kann für jeden Parameter – auf dessen Grenzwert bzw. Beurteilungsmaßstab bezogen – die **mögliche Staubkonzentration bis zum Erreichen des Grenzwertes** berechnet werden, indem jeweils der Quotient aus Grenzwert bzw. Beurteilungsmaßstab und dem maximalem Gefahrstoffgehalt gebildet wird.

Für die mit AGW (zzgl. ggf. MAK-Werten) im E-Staub vorgesehenen Parameter sind – zur *Bestimmung der möglichen SGK – die errechneten möglichen Einzelkonzentrationen als **Summenbewertung** analog Kapitel 5.2.1 (2) der TRGS 402 mathematisch zu normieren, d.h. es wird ein Gesamtbewertungsindex der möglichen E-Staubkonzentrationen für diese Gruppe von Parametern gebildet, der 1 beträgt.* Der prozentuale Anteil des Bewertungsindex am Gesamtbewertungsindex eines mit AGW im E-Staub belegten Parameters kann dem Berechnungsblatt direkt entnommen werden.

Für alle weiteren Parameter mit Beurteilungsmaßstäben im A- und E-Staub bzw. AGW (zzgl. ggf. MAK-Werten) im A-Staub werden **Einzelbetrachtungen** durchgeführt.

<sup>3</sup> Auch i.S. des Verschlechterungsverbot, d.h. zur Kontinuität des langjährig angewandten Verfahrens, ist immer der schärfere Grenzwert für die Staubprognostik auszuwählen. Falls keine rechtlich verbindlichen Luftgrenzwerte bzw. Beurteilungsmaßstäbe zur Verfügung stehen, können nachrangig orientierende Grenzwerte, z.B. MAK-Werte der DFG (Dt. Forschungsgemeinschaft) oder Grenzwerte aus GESTIS (hier Liste internationaler Grenzwerte für chemische Substanzen der DGUV) herangezogen werden.

### 3. Auswahl relevanter Leitparameter zur Bewertung

**E-Staub:** Im Vergleich der summarisch berechneten SGK der AGW-Parameter im E-Staub mit den berechneten Einzelstoffkonzentrationen-SGK im E-Staub der Parameter mit Beurteilungsmaßstäben wird die niedrigste Konzentration als schärfstes Kriterium als **berechnete SGK (E)** gewählt.

**A-Staub:** Im Vergleich aller Einzelstoffkonzentrationen-SGK der mit A-Staubgrenzwerten versehenen Parameter wird die niedrigste Konzentration als schärfstes Kriterium für die **berechnete SGK (A)** gewählt.

**Grundsätzlich dient die niedrigste Konzentration einer Staubfraktion jeweils als schärfstes Kriterium für die Auswahl der relevanten SGK<sub>relevant</sub> im E- bzw. im A-Staub und somit als Leitparameter für den E- bzw. A-Staub.** Daher wird jeweils im Vergleich mit den zuvor berechneten SGK für den E- bzw. für den A-Staub und den **Allgemeinen Staubgrenzwerten** gem. TRGS 900 für den E- bzw. A-Staub der niedrigere Staubgrenzwert als relevanter Leitparameter ausgewählt und im Rahmen der Prüfung der Verwertbarkeit untersucht.

### 4. Auswahl relevanter Leitelemente zur Bewertung

Dem Berechnungsblatt können auch die niedrigsten möglichen Staubkonzentrationen (SK) im A- bzw. E-Staub entnommen werden, die aufgrund der herangezogenen Grenzwerte den dominierenden Gehalten im Versatzmaterial entsprechen. Die niedrigsten SK werden als **Leitelemente** markiert und im Rahmen der Prüfung der Verwertbarkeit untersucht.<sup>4</sup>

### 5. Bewertung relevanter Leitparameter durch Versatzkennzahlen

Für die Beurteilung der Verwertbarkeit eines Versatzmaterials stehen die SGK<sub>relevant</sub> für den A- und E-Staub und die personenbezogen aus dem höchsten Messergebnis ermittelten Konzentrationen C<sub>MAX</sub> – jeweils für den A- bzw. E-Staub – der Expositionsmessungen des Versatzbetriebes als **erstes Kriterium** zur Verfügung.

Die Versatzkennzahlen VK<sub>A</sub> bzw. VK<sub>E</sub> für den A- bzw. für den E-Staub, die die Verwertbarkeit des Versatzmaterials bezüglich der im Betrieb auftretenden Konzentrationen C<sub>MAX,A,E</sub> für den A- bzw. für den E-Staub ausdrücken, lassen sich wie folgt bestimmen:

$$VK_{A,E} = \frac{C_{MAX_{A,E}}}{SGK_{relevant\ A,E}}$$

Die prognostisch errechnete Verwertbarkeit wäre dann gegeben, wenn der **Quotient VK < 1** ist.

**Mit Hilfe der Versatzkennzahlen wird somit beurteilt, wieviel die langjährig ermittelten ungünstigsten betrieblichen Expositionsverhältnisse C<sub>MAX</sub> besser oder schlechter als**

<sup>4</sup> In der Summenbewertung der mit AGW im E-Staub belegten Parameter dient die summarisch berechnete SGK im E-Staub auch als Leitelement und schärfste mögliche Konzentration SK dieser Parametergruppe. Die weitere Untersuchung der Verwertbarkeit dieses Leitelementes erübrigt sich jedoch, weil bereits die schärfste SGK im E-Staub entsprechend Schritt 3 (SGK<sub>relevant</sub>) als Leitparameter der Prüfung der Verwertbarkeit unterliegt.

die ermittelten  $SGK_{\text{relevant}}$  des zu bewertenden Versatzmaterials sind. Dieses Prinzip, bezogen auf die möglichen Staubkonzentrationen  $SK$  einzelner Parameter, ist auch für die Leitelemente anwendbar.

#### 6. Bewertung relevanter Leitelemente durch Versatzkennzahlen

Auch für einzelne Parameter des Versatzmaterials, die begrenzende Gehalte aufweisen, d.h. für die Leitelemente, kann die Verwertbarkeit analog Schritt 5 geprüft werden. Für eine **Versatzkennzahl**  $VK_{\text{Element}}$  wie folgt:

$$VK_{\text{Element}} = \frac{CMAX_{\text{Element}}}{SK_{\text{Element}}}$$

Eine prognostisch errechnete Verwertbarkeit läge wiederum dann vor, wenn der **Quotient**  $VK < 1$  ist.

Sowohl Schritt 5 als auch Schritt 6 werden tabellarisch auf der Rückseite der **Anlage 3** dargestellt.

#### 7. Bewertung mit betrieblichen Sicherheitskennzahlen

Die betriebliche Sicherheitskennzahl BSK stellt als **zweites Kriterium** zur Beurteilung der Verwertbarkeit **ein Maß für den standortspezifischen Status der Staubexpositionen und damit ein Maß für das verbleibende Expositionsrisiko bzw. für das Sicherheitspotential bei entsprechenden Versattätigkeiten** dar.

Die jeweilige betriebliche Sicherheitskennzahl für die Leitparameter  $BSK_A$  bzw.  $BSK_E$  im A- bzw. im E-Staub sowie für die ausgewählten Leitelemente  $BSK_{\text{Element}}$  errechnet sich wie folgt:

$$BSK_{A,E} = \frac{CMAX_{A,E}}{GW_{A,E}}$$

bzw.

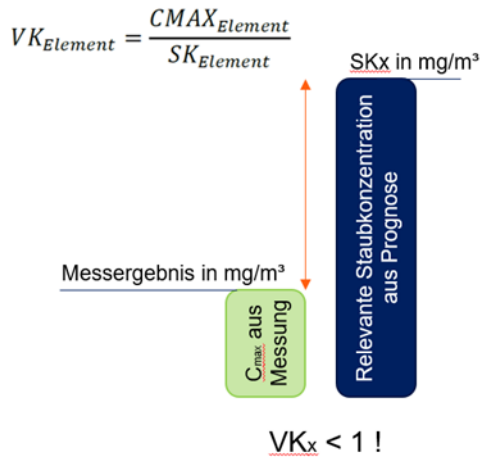
$$BSK_{\text{Element}} = \frac{CMAX_{\text{Element}}}{GW_{\text{Element}}}$$

Für die Berechnung des BSK als Quotient aus dem höchstem personenbezogen ermittelten Messergebnis  $CMAX$  bei den entsprechenden Versattätigkeiten im Verhältnis zum entsprechenden Luftgrenzwert  $GW$  steht eine Tabelle auf der Rückseite der **Anlage 3** zur Verfügung.

## Auswertung Messung vs. Prognose

### Versatzkennzahlen $VK_x$

Zur Bewertung der Staubprognose und Entscheidung, ob die Versatzmischung (weiter) verwendet werden kann



### Betriebliche Sicherheitskennzahlen $BSK_x$

Standortbestimmung des Messbetriebes, dient der Einzelbewertung, ob die Grenzwerte des Gesetzgebers eingehalten sind

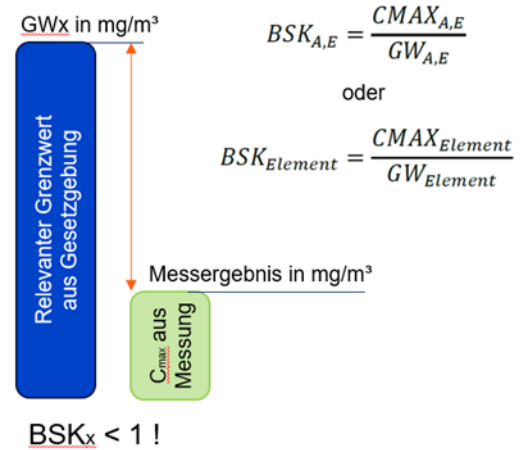


Abb. 4: Schematische Darstellung der Versatzkennzahl und der betrieblichen Sicherheitskennzahl

Die prognostisch errechnete Verwertbarkeit läge wiederum dann vor, wenn der **Quotient  $BSK < 1$**  ist. Mit der betrieblichen Sicherheitskennzahl  $BSK$  wird somit ausgedrückt, wieviel die langjährig ermittelten ungünstigsten betrieblichen Expositionsverhältnisse  $CMAX$  besser oder schlechter als die heranzuziehenden Grenzwerte  $GW$  sind und ob eine Verwertbarkeit unter den gegebenen Betriebsbedingungen durch Einhaltung der herangezogenen Luftgrenzwerte im Versatzbetrieb erwartet werden kann.

Die Fragestellung wird insbesondere dann relevant, wenn mit Hilfe der **Versatzkennzahlen  $VK_A$  bzw.  $VK_E$  bzw.  $VK_{Element}$**  Werte  $\geq 1$  berechnet werden, die als erstes Kriterium der zu prüfenden Verwertbarkeit entgegenstehen würden. Für diesen Fall sind die bestehenden **Schutzmaßnahmen** zu überprüfen und ggf. zusätzliche Maßnahmen zu ergreifen, die in der Gefährdungsbeurteilung bzw. dem Sicherheits- und Gesundheitsschutzdokument zu dokumentieren sind. Somit wird auch für einzelne Parameter, die mit Akzeptanzkonzentrationen  $AK$  belegt sind, bei möglicher Überschreitung aufgrund der ausgewiesenen Gehalte des Versatzmaterials auf die Gefährdungsbeurteilung bzw. das Sicherheits- und Gesundheitsschutzdokument verwiesen, um ggf. **besondere risikominimierende Schutzmaßnahmen** gem. Tabelle 1 der TRGS 910 auszulösen.



## Ergebnis der Staubprognostik

Als Entscheidungskriterium zur Verwertbarkeit dienen somit **primär** die Versatzkennzahlen  $VK_A$  bzw.  $VK_E$  bzw.  $VK_{\text{Element}}$ . Dabei muss der relevante Konzentrationswert SGK für die A- und für die E-Staubfraktion und die Konzentrationswerte SK begrenzender Parameter jeweils größer als der entsprechend kritischste Konzentrationswert CMAX aus den personenbezogenen A- und E-Staubmessergebnissen bei gleichartigen Versatztätigkeiten der letzten fünf Jahre sein, um ohne zusätzliche spezifische technische bzw. organisatorische Schutzmaßnahmen die Verwertung durchführen zu können. *Sollte es Änderungen relevanter Randbedingungen gegeben haben, sind die Messwerte ab diesem Zeitpunkt heranzuziehen und deren Ursachen nachvollziehbar in den Bemerkungen zu dokumentieren (siehe Kap. 6 TRGS 402).*

**Sekundär** müssen die entsprechenden betriebsspezifischen Sicherheitskennzahlen  $BSK_A$  bzw.  $BSK_E$  sowie  $BSK_{\text{Element}}$  die Einhaltung der Grenzwerte in der Luft am Arbeitsplatz der UTV nachweisen. Unter dieser Voraussetzung können geeignete zusätzliche spezifische technische bzw. organisatorische Schutzmaßnahmen die Verwertung auch dann ermöglichen, wenn das primäre Kriterium zur Verwertbarkeit nicht erfüllt ist.

### **Anlage 3 Muster des Berechnungsschemas (Bsp.: Versatzmischung als Schüttgut)**

(Vorder- und Rückseite)

#### **Berechnungsblatt zur Staubprognostik (Beispiel Schüttgut)**

Eine Verwertung dieses Schüttgutes als Mischung von heterogenen Inputstoffen ungleicher Genese erscheint unter den betrieblichen Voraussetzungen der Sicherheitskennzahlen BSK für die UTV Musterstadt möglich, weil sich relevante Staubgrenzkonzentrationen  $SGK_{\text{relevant}}$  im A- bzw. E-Staub und Grenzkonzentrationen für begrenzende Parameter SK errechnen, bei denen die Versatzkennzahlen  $VK_{A,E}$  und die Betriebssicherheitskennzahlen  $BSK_{A,E}$  des Grubenbetriebes jeweils  $< 1$  sind.

Falls  $VK_{\text{Element}} \geq 1$  auftreten, sind ergänzende Schutzmaßnahmen für dieses Schüttgut zu prüfen. Daher sind in diesem Beispiel bzgl.  $VK_{\text{Arsen (E)}} > 1$  ergänzende Maßnahmen nach TRGS 910 festzulegen, da rechnerisch eine Überschreitung der AK für Arsen im Grubenbetrieb (und bei Tätigkeiten über Tage) auftreten könnte. Darüber hinaus fällt im Vergleich mit den Betriebsdaten (C<sub>MAX</sub> für den Tagesbetrieb und den Grubenbetrieb der UTV) auf, dass auch die AK für Cadmium im Tagesbetrieb überschritten werden könnte.



**BDE**

Bundesverband der Deutschen Entsorgungs-, Wasser- und Kreislaufwirtschaft e.V.  
Wirtschafts- und Arbeitgeberverband



Verband der Kali- und Salzindustrie e.V.



**IGF** | RUHR UNIVERSITÄT BOCHUM **RUB**  
Institut für Gefahrstoff-Forschung der Berufsgenossenschaft Rohstoffe und chemische Industrie  
Institut an der Ruhr-Universität Bochum

### Muster des Berechnungsblattes (hier Versatzmischung als Schüttgut) – Vorderseite

Institut für Gefahrstoff-Forschung der BG RCI  
Arbeits- und Gesundheitsschutz bei Verwertung als Versatzstoff

ANLAGE X zu Bericht 1234		Musterinstitut, 24.12.2019					
FRAKTION E-Staub < 125 µm		VERSATZMATERIAL	BERECHNETE S(G)K	SUMMENBEWERTUNG (9) - (25) analog TRGS 402 Abs. 5.2.1 Bewertungsindex	AKZEPTANZKONZENTRATIONEN		
relevante Grenzwerte bzw. Bewertungsmaßstäbe (BM) in mg/m³	Beurteilungsmaßstab bzw. Toleranzkonzentration (TK)	SCHÜTTGUTVERWERTUNG ANALYSENWERTE Versatzmischung XYZ (befeuchtet) UTV Bergbau AG, Musterstadt in mg/kg	mögl. E-Staubkonzentration in mg/m³ bis zum Erreichen des GW	EINZELSTOFFBEWERTUNG (1) - (8) bzw. (27) - (34)	EINZELSTOFFBEWERTUNG für Parameter mit AK analog TRGS 910 in mg/m³		
Gefahrstoff	AGW (inkl. MAK)				mögl. E-Staubkonzentration in mg/m³ bis zum Erreichen der AK	Beurteilungsmaßstab hier Akzeptanzkonzentration (AK)	mögliche Überschreitung im Grubenbetrieb
1 Arsen (E, TK bzw. AK)	0,0083	< 400	20,8		2,08	0,00083	ja
2 B(a)P (E, TK bzw. AK)	0,0007	< 20,0	35,0		3,50	0,00007	nein
3 Blei (E, BM 2004)	0,100	< 3.000	33,3				
4 Benzol (E, TK bzw. AK)	1,900	0	k.A.		k.A.	0,200	nein
5 Cadmium (E, TK)	0,001	260	3,85				
6 Chrom-VI (E, TK)	0,001	< 10,0	100				
7 Dioxine/Furane (I-TE nach NATO, BM 2004)	0,000000050	< 0,000900	55,6				
8 Cyanide ges. (E, EU-BM 2020)	1,000	< 20,0	50.000				
<b>Summe 9 - 25</b>		<b>7.640</b>	<b>4,58</b>	<b>1,0000</b>			
FRAKTION A-Staub		mögl. A-Staubkonzentration in mg/m³ bis zum Erreichen des GW		BETRIEBSDATEN CMAX	mögl. A-Staubkonzentration in mg/m³ bis zum Erreichen der AK		
26 fr. krist. SiO₂ (im Material)		k.A.		Verwertung UTV Musterstadt: relevante aktuelle Messergebnisse Schüttgut	Beurteilungsmaßstab hier Akzeptanzkonzentration (AK)		
27 fr. krist. SiO₂ (A, BM des BMAS 2016)	0,050	< 3.000	16,7		mögliche Überschreitung im Grubenbetrieb		
28 Antimon (A, AGW)	0,006	< 500	12,0	Tagesbetrieb   Grubenbetrieb	relevante Berechnungsergebnisse		
29 Beryllium (A, AGW)	0,00006	< 20,0	3,00		3,10 (E)   0,80 (A)	2,70 (E)   0,61 (A)	SGK relevant (E) = 3,85 (> ASGW) SGK relevant (A) = 1,25 (= ASGW)
30 Cadmium (A, AK)	kein Grenzwert (TK)	260	kein Grenzwert (TK)	relevante Messergebnisse Schüttgut			
31 Cobalt (A, TK bzw. AK)	0,005	< 400	12,5	0,62   0,00016 1,25   0,0005			
32 Kupfer (A, MAK)	0,010	< 5.000	2,00	analog TK   0,006			
33 Mangan (A, AGW)	0,020	< 1.900	10,5				
34 Nickel (Metall/Oxide, A, AGW, TK bzw. AK)	0,006	< 500	12,0				
35 Vanadium (anorg. Verbindg., A, AGW V₂O₅)	0,005	< 300	16,7				
BM - Beurteilungsmaßstab TK bzw. AK - Toleranz-/Akzeptanzkonzentration Allgemeiner Staubgrenzwert ASGW (A): 1,25 mg/m³ ab 02.04.2014 Allgemeiner Staubgrenzwert ASGW (E): 10,0 mg/m³ ab 01.04.2004		siehe Anlage 1 und ... ASN gem. AVV xx yy zz		SGK (A, E): berechnete Staubgrenzkonzentrationen der Staubfraktionen (Leitparameter)		relevante Berechnungsergebnisse	
SK - begrenzende Gehalte (Leitelemente)		Platzhalter für weitere Parameter					



**BDE**

Bundesverband der Deutschen Entsorgungs-,  
Wasser- und Kreislaufwirtschaft e.V.  
Wirtschafts- und Arbeitgeberverband



Verband der Kali- und Salzindustrie e.V.



**IGF** | RUHR  
UNIVERSITÄT  
BOCHUM **RUB**  
Institut für Gefahrstoff-Forschung  
der Berufsgenossenschaft  
Rohstoffe und chemische Industrie  
Institut an der Ruhr-Universität Bochum

### Muster des Berechnungsblattes (hier Versatzmischung als Schüttgut) – Rückseite

ANLAGE X zu Bericht 1234 Musterinstitut, XX.YY.2020

**KRITERIUM 2** Ermittlung der BSK<sub>A,E,Elemente</sub> (Schritt 7) als Standortbestimmung des Versatzbetriebes UTV Musterstadt u.T. – Versatzverfahren Schüttgut Stand der Daten: XX.YY.2020

Ermittlung der BSK <sub>A,E,Elemente</sub>			relevante Grenzwerte (GW) gem. Anlage X - Vorderseite in mg/m <sup>3</sup>	max. Messergebnis u.T. C <sub>MAX</sub> in mg/m <sup>3</sup>	BSK in % BSK = C <sub>MAX</sub> + GW	Bewertung der Versatzfähigkeiten u.T.	
1	relevante Leitparameter	E-Staub	\$GK_{relevant}(E)\$ Allgemeiner Staubgrenzwert	10,0	2,70	0,27	allg. E-Staubgrenzwert unterschritten
2		A-Staub	\$GK_{relevant}(A)\$ Allgemeiner Staubgrenzwert	1,25	0,61	0,49	allg. A-Staubgrenzwert unterschritten
3	relevante Leitelemente	Arsen (E)	Akzeptanzkonzentration	0,00083	< NWG		AK unterschritten
4		Cadmium (E)	Toleranzkonzentration	0,00100	0,0000143	0,01	TK unterschritten
5		Beryllium (A)	Arbeitsplatzgrenzwert	0,00006	0,0000007	0,01	AGW eingehalten
6		Kupfer (A)	MAK-Wert	0,01000	< NWG		MAK eingehalten
7		Cadmium (A)	Akzeptanzkonzentration	0,00016	0,00000446	0,03	AK unterschritten
8		N.N.					
9		N.N.					

Für Parameter auf der Vorderseite, hier Spalten 9 - 25, greift anstelle möglicher Leitelemente der Leitparameter Summenwert AGW (inkl. MAK) im E-Staub, somit \$GK\_{relevant}(E)\$

**Quellenangaben zu den Ergebnissen der Messungen unter Tage (höchste personengetragen ermittelte Exposition)**

Jahr	Messergebnis C <sub>MAX</sub> in mg/m <sup>3</sup>	PARAMETER	mit / ohne unlöslichen Anteilen	Dokument/Messbericht Nr.	Bemerkungen zur Höchstexposition (Probenahme etc.)
2015	0,61	A-Staub	mit	IGF, 03.03.2015: A 9137/15	Fahrzeugführer FSL GHH Schüttgutumschlag
	0,0000007	Beryllium (A)	./.	Intern, 24.10.2015: CLU 34356	Muldenkipperfahrer GHH 25 Schüttgutförderung
2016	...	...	...		
2017					
2018					
2019					
2020					

**KRITERIUM 1** Ermittlung der VK<sub>A,E,Elemente</sub> (Schritte 5 bzw. 6) zur Bewertung der Staubprognose zur Verwertung u.T. – Versatzverfahren Schüttgut Stand der Daten: XX.YY.2020

Ermittlung der VK <sub>A,E,Elemente</sub>			relevante Staubgrenzkonzentrationen (\$GK)\$ gem. Anlage X - Vorderseite, in mg/m <sup>3</sup>	max. Messergebnis u.T. C <sub>MAX</sub> in mg/m <sup>3</sup>	VK in % VK = C <sub>MAX</sub> + \$GK\$	Bewertung der Staubprognose u.T.	
1	relevante Leitparameter	E-Staub	\$GK_{relevant}(E)\$ rel. Staubgrenzkonzentration	3,85	2,70	0,70	Staubkonzentration (E) u.T. unterschritten
2		A-Staub	\$GK_{relevant}(A)\$ rel. Staubgrenzkonzentration	1,25	0,61	0,49	Staubkonzentration (A) u.T. unterschritten
3	relevante Leitelemente	Arsen (E)	Akzeptanzkonzentration	2,08	< NWG		
4		Cadmium (E)	Toleranzkonzentration	3,85	0,0000143	<<< 0,01	Messergebnis u.T. <<< errechnete SGK
5		Beryllium (A)	Arbeitsplatzgrenzwert	3,00	0,0000007	<<< 0,01	Messergebnis u.T. <<< errechnete SGK
6		Kupfer (A)	MAK-Wert	2,00	< NWG		
7		Cadmium (A)	Akzeptanzkonzentration	0,62	0,00000446	<<< 0,01	Messergebnis u.T. <<< errechnete SGK
8		N.N.					
9		N.N.					

Falls VK<sub>A,E,Elemente</sub> > 1 sind die Ergebnisse der BSK-Ermittlung (Kriterium 2) zur Beurteilung der Verwertbarkeit des Versatzmaterials hinzuzuziehen!

< NWG. = unter Nachweisgrenze

1 und 2 = die prognostizierten Staubgrenzwerte aus der Prognose (Leitparameter)

3 bis 7 = die relevantesten Leitelemente aus der Prognose, die den stärksten Einfluß auf die Staubgrenzwerte haben inkl. der Elemente, bei denen in der Prognose eine rechnerische Überschreitung der AK vorlag

## Anlage 4 Bearbeitungsablauf bei der Staubprognostik

### Schema zum Bearbeitungsablauf bei der Staubprognostik

