

Praxisgerechte Anforderungen an Tausalze

FA 4.274

Forschungsstelle: UVR-FIA GmbH Verfahrensentwicklung
Umweltschutztechnik Recycling, Freiberg

Bearbeiter: Kamptner, A. / Thümmeler, S. /
Ohmann, W.

Auftraggeber: Bundesministerium für Verkehr und digitale
Infrastruktur, Bonn

Abschluss: Oktober 2015

1 Einleitung

Für das Ausbringen von Tausalzen zur Glättebekämpfung mit Streufahrzeugen ist die Rieselfähigkeit des Streuguts eine grundsätzliche Voraussetzung. Zur Beurteilung der Lagerfähigkeit und für die Justierung der Streumaschinen ist die Kenntnis über den Grad ihrer Ausprägung von Bedeutung.

Das zu mehr als 90 % aus Natriumchlorid bestehende Tausalz wird von unterschiedlichen Firmen in verschiedenen Ländern hergestellt und in Deutschland mitunter über mehrere Jahre bis zur nächsten Wintersaison gelagert. Einige dieser Salze verfestigen sich in dieser Zeit soweit, dass ein Austrag mit dem Streufahrzeug nicht mehr ohne zusätzlichen Aufwand möglich ist.

Die Qualitätsanforderungen an Streusalze sind bisher in den "Technischen Lieferbedingungen für Streustoffe des Straßenwinterdienstes" (TL-Streu) verzeichnet. Die DIN EN 16811-1 "Winterdienstsausrüstung – Enteisungsmittel – Teil 1: Natriumchlorid – Anforderungen und Prüfmethoden" liegt im Entwurf vor. Beide Dokumente enthalten bisher keine Prüfverfahren, die eine Beurteilung der Rieselfähigkeit zulassen.

Aufgabe der Arbeiten war es, verschiedene Methoden zur Bestimmung der Rieselfähigkeit unter Einbeziehung der Auslaufmethode nach Alfred Sonntag für die Prüfung von Streusalzen zu testen und davon eine für die tägliche Routine auszuwählen.

Darüber hinaus wurden verschiedene physikalische Parameter wie Korngrößenverteilung, Feuchtegehalt, Schüttdichte, Rütteldichte, spezifische Oberfläche, pH-Wert und der Gehalt an Antifrostmitteln an 46 Tausalzproben verschiedener Hersteller und aus verschiedenen Lagern untersucht und die Ergebnisse auf Korrelation zur Rieselfähigkeit überprüft (siehe Tabelle 3). Versuche zum Lagerverhalten der Salze ergänzen die Untersuchungen und wurden mit dem Ziel der Entwicklung einer Methode zum frühzeitigen Erkennen von Salzen mit starker Neigung zur Zeitverfestigung durchgeführt.

2 Erprobung und Auswahl von Verfahren zur Prüfung auf Rieselfähigkeit

Mit der Rieselfähigkeit wird der Grad der freien Beweglichkeit von Schüttgütern gemessen. Sie gibt Auskunft über deren Fließverhalten. Folgende Parameter können einen Einfluss auf diese Größe haben: Korngröße, Korngrößenverteilung, Packungsdichte, Oberflächenbeschaffenheit der Körner, Wassergehalt beziehungsweise Feuchte, Temperatur, chemische Zusammensetzung der Partikel, Beimengungen von Trennmitteln und Fremdstoffen, Ausbildung von Salzbrücken zwischen den Körnern während der Lagerung.

Aus den Messverfahren zur Bestimmung der Rieselfähigkeit mit dem Jenike-Schergerät, mit dem Ringschergerät, dem Großschergerät, dem einachsigen Drucktest, der Trichtermethode, der Kombibox nach Sonntag und dem IMSE-Test wurden einige schon während der Vorauswahl aufgrund zu hoher Kosten für die tägliche Anwendung im Salzlager als nicht geeignet eingestuft.

Mit den übrigen wurde eine Reihe von Untersuchungen mit Prüfsand und Tausalzen guter und schlechter Rieselfähigkeit zum Vergleich der Methoden untereinander durchgeführt. Das Ergebnis zeigt Tabelle 1.

Die Auslaufbox als Teil der Kombibox nach Sonntag hat sich als am besten geeignet erwiesen.

Sie besitzt an der Stirnseite eine Klappe, die bei einer plötzlichen Öffnung den Boxinhalt bis zu einem bestimmten Grad auslaufen lässt (Bild 1).



Bild 1: Auslaufbox nach Sonntag

Tabelle 1: Übersicht über die Eignung der gewählten Methoden

Einachsige Drucktestmethode	
Bewertung	Unterscheidung in "fließfähig" und "nicht fließfähig" möglich, Fließfähigkeit bei fließfähigen Salzproben nicht quantifizierbar, Probenpräparation erfordert Erfahrung
Auswahl	ja, für vergleichende Betrachtungen
Auslaufbox nach Sonntag	
Bewertung	für die Bestimmung der Rieselfähigkeit als Zustandsgröße geeignet, sowohl "fließfähige" als auch "nicht fließfähige" Salze sind hinsichtlich der Fließfähigkeit quantifizierbar
Auswahl	ja
Trichterprüfmethode	
Bewertung	bei fließfähigen Proben geeignet, bei feuchten Proben besteht Gefahr der Brückenbildung → Anpassung der Trichteröffnungsweite, der Trichterneigung und somit der Trichtergröße erforderlich → große Probemengen (unpraktisch)
Auswahl	nein
Fließfähigkeit nach IMSE	
Bewertung	aufgrund der unterschiedlichen Körnungen ungeeignet
Auswahl	nein

Zur Verbesserung der Reproduzierbarkeit der Schüttung wird die Box über einen vorgegebenen Einfülltrichter befüllt (Bild 2).



Bild 2: Auslaufbox mit Einfülltrichter

Nach dem Befüllen, Glattziehen des überstehenden Korns mit einem Abstreifer und nachfolgendem plötzlichem Öffnen der seitlichen Klappe fällt ein Teil des Schüttguts in die darunter gestellte Schale (Bild 3).

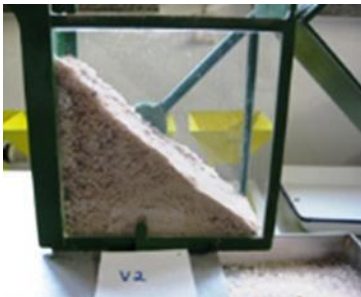


Bild 3: Auslaufbox mit Schüttgut nach Öffnen der seitlichen Klappe

Mit dem Verhältnis aus ausgelaufener Menge zu Einwaage wird die Auslaufrate bestimmt. Sie ist ein Maß für die Rieselfähigkeit des Schüttguts.

Aus dem Volumen der Auslaufbox und der eingefüllten Masse kann die Fülldichte berechnet werden.

Die Werte werden aus mindestens drei Messwerten gemittelt.

3 Untersuchung des Einflusses verschiedener Parameter auf die Rieselfähigkeit

Für die Methode zur Verwendung der Auslaufbox wurde eine Verfahrensvorschrift erstellt und für alle Salzproben und für weitere Tests angewendet.

Bezüglich der Art der Probenahme wurde kein signifikanter Einfluss auf das Prüfergebnis der Bestimmung der Auslaufrate mit der Auslaufbox gefunden. Die Probenahme mit Schaufel ist demzufolge möglich.

Zur Bestimmung der Feuchte der Salze wurde die Methode mit Feuchtwage mit der der Trocknung im Trockenschrank verglichen. Es wurde weitgehend Übereinstimmung gefunden. Bei einigen Proben wurde mit der Feuchtwage eine höhere Feuchte als mit der Trockenschrankmethode gemessen. Die Ursache wird auf den Verlust an Feuchtigkeit während der Probeteilung für die Trockenschrankproben zurückgeführt.

Mit der Untersuchung des Einflusses des Feuchtegehalts auf die Rieselfähigkeit wurde bei drei Proben bei sehr geringer Feuchtigkeit eine hohe Auslaufrate von 54 bis 60 % gefunden. Nach schrittweiser Zugabe von Wasser bis zu einem Gehalt von 3 % sank die Auslaufrate asymptotisch auf etwa 24 bis 30 % ab. Die Rieselfähigkeit verringerte sich je nach Salztyp mit zunehmender Feuchtigkeit unterschiedlich schnell. Die Auslaufrate des in der Praxis häufig eingesetzten, jedoch oft zu schneller Verbackung neigenden marokkanischen Salzes war schon bei einem Wassergehalt von 0,3 % fast auf den Endwert abgesunken, während das bei den beiden anderen Salzen erst bei 2 % Feuchte der Fall war.

Als weitere mögliche Einflussgröße wurde die Korngrößenverteilung nach Trocknung und Probeteilung mit einer Siebmachine für alle Tausalzproben bestimmt und mit der Einteilung in Kornklassen verglichen. Vier Proben entsprachen der Kornklasse EF (extrafeines Salz), vier Proben Kornklasse F (feines Salz) und 26 Proben Kornklasse M (mittelgrobes Salz). Den Kriterien der Kornklasse C (grobes Salz) entsprach keine Probe. Zwölf Proben konnten überwiegend aufgrund eines zu hohen Feinkornanteils keiner Kornklasse zugeordnet werden. Der Gehalt an Feinkorn < 0,125 mm schwankte zwischen den Proben im Bereich von 0,2 bis 11,9 %.

Bei der Beobachtung der Versuche zur Rieselfähigkeit erschien das Salz bei Auslaufraten < 30 % als schlecht rieselfähig (zum Beispiel mit Abbruchkanten, verschmieren an den Wänden wegen des Wassergehalts). Ab einer Auslaufrate von 45 % wirkte das Fließen "sehr fließend". Daraufhin wurde zur besseren Verständigung ein Vorschlag zur verbalen Einteilung der Rieselfähigkeit im Vergleich zur Auslaufrate unterbreitet. Ein Salz mit der Auslaufrate < 30 % sollte als "schlecht rieselfähig", mit 30-45 % als "rieselfähig" und > 45 % als "gut rieselfähig" bezeichnet werden.

Nach Anfeuchten von drei getrockneten Proben verringerte sich die Fülldichte von 1,18 bis 1,28 g/cm³ um mehr als 10 % auf etwa 1,05 g/cm³. Eine mögliche Erklärung ist, dass sich die innere Reibung erhöht und die optimale Packungsdichte nicht mehr erreicht wird.

Zum Vergleich des Rieselverhaltens verschiedener Salze unabhängig von der Korngrößenverteilung wurde von drei Proben durch Absieben des Über- und Unterkorns jeweils eine Fraktion 0,5 bis 4 mm hergestellt. Hiermit wurden die Auslaufraten in Abhängigkeit von der Feuchte bestimmt und mit dem ungesiebten Material verglichen. Erwartungsgemäß waren die Auslaufraten der gesiebten Proben aufgrund fehlenden Feinkorns etwas höher als die ungesiebten. Diese Differenz ist bei niedriger und hoher Feuchte ($\geq 2\%$) relativ klein und bei 0,6 % Feuchte am größten. Die Auslaufraten der gesiebten Proben waren untereinander ähnlich, aber nicht gleich. Die Ergebnisse wurden mit aus verschiedenen Kornfraktionen hergestellten feineren und gröberen Mischungen grundsätzlich bestätigt. Daraus kann geschlossen werden, dass es neben Korngrößenverteilung und Feuchte mindestens eine dritte Einflussgröße auf die Rieselfähigkeit gibt. Das könnte die Kornform beziehungsweise die Oberflächenbeschaffenheit der Körner sein. Hierzu sind weitere Untersuchungen erforderlich.

Zur statistischen Sicherung dieser Erkenntnisse sollten die Untersuchungen mit weiteren Salzproben durchgeführt und die

Abhängigkeit der Rieselfähigkeit von der Form und Oberflächenbeschaffenheit der Körner mit untersucht werden.

Zur Prüfung der Erstverfestigung des Salzes während der Lagerung wurden drei verschiedene Salzproben in der Auslaufbox nacheinander an drei verschiedenen Stellen im Haus für jeweils eine Woche gelagert. Parallel wurden die Luftfeuchtigkeit im Raum und das Gewicht der Proben zum Nachweis der Feuchtigkeitsaufnahme gemessen. Die Luftfeuchtigkeit schwankte zwischen min. 32 % und max. 64 % rel. Feuchte, lag also nie über der Deliqueszenzfeuchte. Dementsprechend wurden bei der Wägung zur Feuchtigkeitsbestimmung der Proben keine signifikanten Unterschiede während der Lagerung gefunden. Während bei zwei Proben die Auslaufrate sich während der Lagerung im Bereich von 50 bis 60 % nur relativ geringfügig änderte, verringerte sich bei der dritten Probe (Probe Nr. 35) die Auslaufrate in jedem Raum drastisch von 60 % auf Werte zwischen 9 und 23 %. Ein Zusammenhang mit den unterschiedlichen Lagerbedingungen in den verschiedenen Räumen konnte nicht nachgewiesen werden.

Die starke Verringerung der Auslaufrate der Probe 35 (BigBag-Probe aus Grevenbroich, Ursprungsland Marokko) ist ein Hinweis dafür, dass schon nach einer Woche Lagerung in der Auslaufbox eine konkrete Aussage über das Verhalten der Rieselfähigkeit eines bestimmten Salzes nach längerer Lagerung möglich ist.

Zur weiteren Prüfung des Einflusses der Lagerung auf die Rieselfähigkeit wurden drei verschiedene Salzproben in einer begehbaren Klimakammer über vier Wochen gelagert. In jeder Woche wurde eine Jahreszeit mit angepasster Temperatur (-5 °C bis 25 °C) und Luftfeuchte (70 bis 90 % rel. LF) simuliert. Die Proben wurden in offenen Petrischalen, in der Auslaufbox und in Drucktöpfen gelagert. Erwartungsgemäß nahmen aufgrund der deutlich überschrittenen Deliqueszenzfeuchtigkeit die Proben in den Petrischalen bis zu 26 % Wasser auf und verflüssigten sich dabei. Überraschend war, dass die Proben in den Petrischalen in der zweiten Woche, "Winter" mit 90 % rel. LF und -5 °C, wieder Wasser an die Umgebung abgaben. Bei den Auslaufboxen verringerten sich die Auslaufraten bei allen drei Proben von 53 bis 60 % auf weniger als 3 bis 10 %. Nach 24 Stunden Lagerzeit hatte sich nur Probe 35 soweit verfestigt, dass mit dem einachsigen Drucktest ein Wert von 0,7 kPa gemessen werden konnte. Das bestätigt die vorangegangenen Messergebnisse bei einwöchiger Lagerung. Nach vier Wochen Klimalagerung ergaben an zwei Proben Druckfestigkeiten von 1,2 und 1,9 kPa und bei Probe 35 wurden diese Werte mit 3,6 kPa deutlich überschritten.

Die Schüttdichten aller Proben wurden mit einmaligem normiertem Füllvorgang und in der Auslaufbox mit schaufelweisem Zuschütten gemessen. Die Messergebnisse lagen bei der normierten Befüllung zwischen 1,13 und 1,31 g/cm³ und mit der Bestimmung mit der Auslaufbox bei 0,99 bis 1,27 g/cm³ tendenziell etwas niedriger.

Mit der Bestimmung der Rütteldichte an zehn Proben wurde eine um etwa 13,5 % höhere Dichte als mit der normierten Schüttdichte gefunden. Der vermutete Zusammenhang zwischen Verdichtungsverhalten und Rieselfähigkeit hat sich nicht bestätigt

Der Gehalt des Antirückmittels Ferrocyanid wurde bei allen Proben bestimmt. Die Werte lagen im Bereich von 15,9 bis 173 mg Fe(CN)₆/kg. Doppelbestimmungen zeigten eine hohe Abhängigkeit von der Art der Probenahme. Das deutet auf Inhomogenitäten der Konzentration im Salz hin. Bezüglich der analytischen Gehaltsbestimmung tauchten Unklarheiten auf, die vor weiteren Untersuchungen zur Langzeitlagerung der Salze geklärt werden müssen.

Die Bestimmung des pH-Werts einer 10 %igen Salzlösung ergab Werte zwischen 6,0 und 9,5. Ein systematischer Zusammenhang zwischen pH-Wert und Rieselfähigkeit ließ sich nicht ableiten.

Die spezifische Oberfläche nach BET wurde bei den verschiedenen Salzproben im Bereich von 0,02 bis 0,65 m²/g bestimmt. Ein Zusammenhang mit der Rieselfähigkeit konnte nicht nachgewiesen werden. Das kann jedoch an einer Überlagerung mit anderen Einflussgrößen gelegen haben. Die spezifische Oberfläche ist neben dem Gehalt an Feinkorn ein Maß für die Zerklüftung der Oberfläche der Kristalle. Dieser Parameter kann bei Langzeitlagerungen größeres Gewicht erlangen. Die Bestimmung der spezifischen Oberfläche sollte deshalb bei weiteren Versuchen beibehalten und präzisiert werden.

Die untersuchten Parameter und die Auswirkungen auf die Rieselfähigkeit wurden in Tabelle 2 zusammengefasst.

Für die spezifische Untersuchung der Zeitverfestigung in einer Salzschüttung wurde die Idee einer Methode vorgestellt, mit der die Verfestigung des Salzes in verschiedener Höhe der Schüttung nach unterschiedlichen Zeiten gemessen werden kann. Hierzu wird das Salz in einem perforierten Kasten gelagert und die Verfestigung des Salzes anhand der Messung der Kraft, die zum Eindringen einer Nadel in das Salz in verschiedenen Höhen erforderlich ist bestimmt (Nadeldruckmethode).

Tabelle 2: Untersuchte Parameter und ihre Auswirkungen auf die Rieselfähigkeit

Parameter	Auswirkung auf die Rieselfähigkeit
Korngrößenverteilung	Feinkornanteil verringert Rieselfähigkeit
Feuchtegehalt	Feuchte vermindert Rieselfähigkeit
spezifische Oberfläche nach der BET-Methode	nicht nachweisbar
Schüttdichte	nicht nachweisbar
Rütteldichte	nicht nachweisbar
pH-Wert	nicht nachweisbar
Antirückmittelgehalt	keine Auswertung möglich
Lagerbedingungen und -dauer	starke Auswirkungen durch Feuchtigkeitsaufnahme und Rekristallisation (Zeitverfestigung)

Mit einer Reihe von Langzeitversuchen unter definierten klimatischen Bedingungen wird es möglich sein, genau die Parameter zu ermitteln, die im Zusammenspiel mit den Lagerbedingungen die Verfestigung des Salzes nach längerer Lagerung herbeiführen. Erst nach deren genauer Kenntnis und Messbarkeit wird eine Analysenmethode zur Ermittlung der Langzeitlagerstabilität bei Anlieferung des Salzes entwickelt werden können.

In Hinblick auf die Erreichung dieses Langzeitziels wurde auf Basis der gewonnenen Erkenntnisse die Bearbeitung der folgenden Arbeitsschritte abgeleitet:

- Klärung des Einflusses von Fe^{3+} -Ionen auf die Wirksamkeit der $\text{Fe}(\text{CN})_6^{4-}$ -Ionen als Antibackmittel in Abhängigkeit vom pH-Wert.
- Klärung der gefundenen Unstimmigkeiten bei der Bestimmung des Gehalts an Ferrocyanid.
- Untersuchungen zum Einfluss der Struktur und Oberflächenbeschaffenheit der Einzelkristalle auf die Zeitverfestigung. Ermittlung einer Methode zur Quantifizierung dieses Parameters.
- Fortführung der Versuche zur Bestimmung der Veränderung der Rieselfähigkeit nach etwa einer Woche Lagerung in der Auslaufbox mit dem Ziel, daraus eine Messmethode zum Erkennen von Salzen mit der Neigung zu sehr schneller Verfestigung zu entwickeln.
- Entwicklung der Nadeldruckmethode von der Idee zum einsatzfähigen Messverfahren.

Tabelle 3: Proben- und Ergebnisübersicht

Herkunft	Probe	Probenbezeichnung	Feuchte	Siebfraktion	BET	Schüttdichte		Rütteldichte	Trichter	pH-Wert	Antibackmittelgehalt	Auslauf-rate
						Standard	Kombibox					
(Lieferant)	Nr.		Trockenschrank	< 0,125 mm							Fe(CN) ₆	
			[%]	[%]	[m ² /g]	[kg/l]	[kg/l]	[kg/l]	[g/s]		[mg/kg OS]	[%]
UVRFIA	Quarzsand	Quarzsand	0,14			1,52		1,74	877,0			64,1
BASt	4	AM Kaarst – DSD Borth mit kleiner Schaufel gesammelt	0,31	2,8	0,04	1,20	1,11	0,0	461,9	9,4	173,0	36,3
	5	AM Kaarst – DSD Borth mit Probesteher	0,19	3,0	0,21	1,22	1,14	0,0	492,8	9,2	130,0	39,8
	13	Grevenbroich – DSD-Salz oberer Bereich, 1 m-Schicht mit großer Schaufel gesammelt	0,01	2,3	0,03	1,29	1,22		589,7	8,9	105,0	54,7
	12	Grevenbroich – DSD-Salz oberer Bereich, 1 m-Schicht mit Probesteher gesammelt	0,03	2,5	0,04	1,31	1,24		614,2	9,0	106,0	59,2
	7	Grevenbroich – Marokkosalz aus sehr harter Wand	0,26	4,0	0,09	1,27	1,15		459,6	8,7	41,3	27,2
	11	Grevenbroich aus weniger harter aber fester Wand (Salz aus Marokko)	0,11	5,3	0,07	1,27	1,16		456,2	8,5	45,6	27,9
	6	Salzhalle Holzheim AM. Kaarst – Marokkosalz mit großer Schaufel	1,12	3,0	0,21	1,19	1,06		0,0	8,1	41,3	29,4
	16	Salzhalle Holzheim AM. Kaarst – Marokkosalz mit kleiner Schaufel gesammelt	0,96	3,2	0,20	1,19	1,06		0,0	6,9	48,8	29,6
	10	Salzhalle Gerlingen – AM Freudenberg – Marokkosalz mit kleiner Schaufel gesammelt	1,07	3,2	0,24	1,17	1,05		0,0	8,7	65,7	27,5
	15	SM Wilnsdorf DSD-Lieferung 2013/14 – große Schaufel	1,44	1,6	0,08	1,14	0,99		0,0	9,2	88,6	26,5
	9	Tunnel Gerlingen Marokkosalz mit großer Schaufel	1,61	3,8	0,33	1,16	1,03		0,0	8,0	32,9	25,2
	17	Tunnel Gerlingen Marokkosalz mit Probesteher	1,62	3,5	0,38	1,16	1,04		0,0	7,7	36,0	25,8
	8	Salzhalle Vettelhoven – AM Mendig – 2011? Hinterste Lage mit großer Schaufel gesammelt	1,76	4,9	0,18	1,14	1,04		0,0	7,4	64,0	30,3
	14	Salzhalle Vettelhoven – AM Mendig – Marokkosalz mit kleiner Schaufel gesammelt	0,66	4,6	0,22	1,19	1,08		0,0	8,9	55,1	29,7
	3	Vettelhoven – 2. älteste Lage	1,33	3,8	0,35	1,17	1,06		0,0	8,6	31,8	32,0
	1	Vettelhoven – 3. älteste Lage	0,97	6,6	0,18	1,19	1,10		0,0	8,9	92,0	28,3
2	Vettelhoven – vordere 2. Lage	0,59	7,5	0,13	1,24	1,16		463,3	8,9	117,0	31,3	
Südsalz	21	0,16-2 mm mit Trennmittel (SÜDSALZ GmbH)	0,08	2,3	0,14	1,21	1,15	1,42	659,0	8,5	71,4	47,2
	22	0,16-2 mm ohne Trennmittel (SÜDSALZ GmbH)	0,14	11,9	0,12	1,30	1,24	1,52	592,7	8,2	42,4	20,3
	23	0,16-3 mm mit Trennmittel (SÜDSALZ GmbH)	0,23	1,9	0,17	1,21	1,19	1,39	587,0	8,6	58,8	46,1
	24	0,16-3 mm ohne Trennmittel (SÜDSALZ GmbH)	0,06	1,4	0,12	1,29	1,27	1,47	6,75	8,2	46,6	61,3
	25	0,16-5 mm mit Trennmittel (SÜDSALZ GmbH)	0,16	0,7	0,17	1,15	1,16	1,32	550,0	6,9	71,4	56,5
	26	0,16-5 mm ohne Trennmittel (SÜDSALZ GmbH)	0,09	0,6	0,17	1,13	1,16	1,27	542,0	7,3	15,9	61,5
	20	Tempotau (SÜDSALZ GmbH)	0,04	0,2	0,02	1,29	1,28	1,44	867,0	7,1	64,7	68,0
Salzlager Stollberg	27	Salzlager Stollberg Probenname UVRFIA (Probesteher senkrecht)	0,29	4,2	0,06	1,24	1,16		472,8	6,6	101,0	35,1
	28	Salzlager Stollberg Probenname BASt (Probesteher waagrecht)	0,19	3,2	0,04	1,25	1,16		510,7	6,6	103,0	43,6
	29	Salzlager Stollberg Probenname UVRFIA (Schaufel)	0,43	7,4	0,09	1,26	1,16		441,2	6,5	65,6	31,0
	32	Salzlager Stollberg Probenname UVRFIA (Schaufel)	0,07	3,2	0,06	1,23	1,13		490,2	6,0	72,1	40,5
	33	Salzlager Stollberg Salzlager "alt" (DSD-Material vom Vorjahr), Probenahme UVRFIA (Schaufel)	0,01	2,3	0,06	1,20	1,13		495,5	6,1	53,0	45,9

Tabelle 3 (Fortsetzung)

AM Siebenlehn	30	AM Siebenlehn Probenahme UVRFIA (Probesteher senkrecht)	0,17	2,2	0,04	1,22	1,17		504,8	6,8	58,3	47,5
	31	AM Siebenlehn Probenahme UVRFIA (Schaufel)	0,10	2,3	0,03	1,23	1,15		526,8	6,2	53,0	51,0
	34	AM Siebenlehn Probenahme BAST (Schaufel)	0,02	2,1	0,02	1,21	1,15		519,1	6,1	63,6	48,1
BigBag-Proben	18	Heilbronner Auftausalz 0-3 mm (BigBag)	0,09	1,1	0,16	1,22	1,17	1,38	549,8	7,7	78,5	54,6
	19	französisches Meersalz (aus BigBag)	2,54	3,4	0,05	1,17	1,03	1,31	-	9,3	30,7	30,3
	35	BigBag Grevenbroich (Marokkosalz)	0,33	3,9	0,09	1,27	1,17	1,37	488,3	6,3	21,2	26,9
AM Mendig	36	AM Mendig (Silo)	0,11	2,2	0,05	1,21	1,14			6,2	97,5	43,6
	37	AM Mendig (Halle)	0,38	3,0	0,05	1,22	1,12			6,2	82,7	35,9
AM Schüttdorf	38	Probe 1 – AM Lathen Salzhalle	0,73	3,3	0,19	1,21	1,10			9,2	27,6	21,2
	39	Probe 2 – AM Schüttdorf Salzhalle	0,13	2,0	0,10	1,16	1,09			9,2	53,0	45,6
	40	Probe 3 – AM Schüttdorf Salzhalle, braun gefärbt	0,18	5,3	0,10	1,28	1,18			9,1	29,7	32,4
Schottland/Irland	41	White Salt, Supplier – Peacocks, Marine Salt von BEAR	0,25	1,6	0,05	1,17	1,15			9,5	27,6	54,4
	42	Ireland von BEAR	0,32	5,8	0,65	1,32	1,27			9,1	48,8	51,3
	43	Brown Salt, Cleveland Potash England von BEAR	0,14	5,0	0,07	1,28	1,22			8,8	42,4	58,1
	44	Depot Amey (Salt Union)	2,56	2,5	0,34	1,22	1,06			8,4	31,8	26,0
	45	Depot Amey (Salz für Soleherstellung)	0,07	3,3	0,15	1,29	-			8,6	23,3	-
	46	Peacock Salzhalle BEAR	0,32	5,7	0,06	1,29	1,18			8,7	44,5	35,5

Die grau unterlegten Probennummern weisen auf das Ursprungsland Marokko hin.