

03
2024

KALI & STEINSALZ

Wertvolle Rohstoffe aus Deutschland

Winterdienst

ISSN 1614-1210

VKS 

Verband der Kali- und Salzindustrie e.V.

Die neue Bundesregierung muss liefern: Industrie- und Rohstoffpolitik aus einem Guss

Sehr geehrte Leserinnen und Leser,

die aktuelle geopolitische Lage und die damit verbundenen Herausforderungen für unsere Industrie machen deutlich: Deutschland braucht dringend eine kohärente Wirtschafts-, Industrie- und Rohstoffpolitik. Die neue Bundesregierung steht vor der wichtigen Aufgabe, die Weichen für eine zukunftsfähige und resiliente Rohstoffversorgung zu stellen. Beim BDI-Rohstoffkongress am 11. November fand BDI-Präsident Siegfried Russwurm deutliche Worte: „Deutschland muss wieder wettbewerbsfähiger werden und braucht eine entschlossene Wachstumsagenda. In diesen Kontext fügt sich unser diesjähriges Thema des Rohstoffkongresses nahtlos ein: „Mehr Rohstoffsouveränität wagen“. Ein Motto, das aktueller und dringlicher nicht sein könnte, denn unsere Versorgungssicherheit – so deutlich müssen wir es sagen – ist mehr gefährdet als je zuvor.“

Die heimische Kali- und Salzindustrie steht ebenso wie die anderen energieintensiven Branchen (z. B. Chemie, Stahl, Glas, Papier, Metall und Pharma) vor erheblichen Herausforderungen. Die sehr hohen nationalen Energiekosten belasten unsere Unternehmen erheblich und gefährden die internationale Wettbewerbsfähigkeit. Hier muss die Politik schnell und wirksam handeln, um unsere Branche deutlich zu entlasten. Ohne wettbewerbsfähige Energiepreise wird es kaum möglich sein, die heimische Rohstoffgewinnung aufrechtzuerhalten und die heimische Versorgung zu sichern. So sollte die CO₂-Kostensenkung sofort über die Strompreiskompensation erfolgen. Die Kali- und Salzindustrie hat seit 1990 ihre CO₂-Emissionen bereits um 80% gesenkt. Die weitere Transformation der Branche ist nur durch umfassende Förderungen und einen dauerhaft niedrigen Industriestrompreis umsetzbar.

Ein weiteres drängendes Problem der künftigen Bundesregierung ist die zunehmende Überregulierung. In den vergangenen Jahren wurden die gesetzlichen Vorgaben und behördlichen Auflagen innerhalb Europas immer weiter verschärft, während außereuropäische Wettbewerber deutlich niedrigeren Standards unterliegen. Diese Entwicklung muss gestoppt werden. Dort, wo die aktuellen Regelungen über das Ziel hinausschießen, gilt es gegenzusteuern. Wir brauchen schlankere und zügigere Genehmigungsverfahren, die die heimische Rohstoffgewinnung erleichtern – und nicht erschweren oder gar unmöglich machen. Mittlerweile führen die weiter steigenden (EU-)Auflagen und die Berichterstattungspflichten für die Betriebe zu immer höheren Anforderungen, massiv steigenden Kosten sowie langwierigen Prüf- und Genehmigungsverfahren – ohne dass dabei immer spürbare Verbesserungen für die Umwelt erkennbar wären.

In der nächsten Legislaturperiode muss die Stärkung der heimischen Rohstoffgewinnung zu einem zentralen Baustein der deutschen Industriepolitik werden. Jede hier geförderte Tonne macht uns unabhängiger von Importen und ist zugleich ein Beitrag zum Klima- und Umweltschutz, da die Gewinnung unter höchsten Standards erfolgt. Die Mineralien Kali und Salz sind unverzichtbare und systemrelevante Rohstoffe. Als Mineraldünger für die Landwirtschaft, als Basisrohstoffe für Arznei- und Impfstoffe, für die Lebensmittelherstellung, als Grundstoff für die chemische Industrie, in der



Christoph Wehner

Metall-, Glas- und Farbenindustrie oder als Auftausalz im Winterdienst. Die neue Bundesregierung sollte daher ein umfassendes Rohstoffsicherungskonzept entwickeln, das konkrete Maßnahmen zur Förderung aller heimischen Rohstoffgewinnungen enthält.

Dies umfasst neben den bereits genannten Punkten auch passgenaue Förderprogramme zur Dekarbonisierung sowie nachhaltige Finanzierungsmöglichkeiten für den Bergbau. Zudem sollte bei künftigen Gesetzgebungsverfahren durch einen "Rohstoffversorgungs-Check" sichergestellt werden, dass neue Regelungen die Bemühungen um eine bessere heimische Rohstoffversorgung nicht konterkarieren.

Die Zeit drängt. Die deutsche Kali- und Salzindustrie steht bereit, ihren Beitrag zu einer nachhaltigen und sicheren Rohstoffversorgung zu leisten. Anlässlich der Regierungserklärung von Bundeskanzler Scholz am 13. November stellte Arbeitgeberpräsident Rainer Dulger fest: „Das schon lange versprochene Deutschlandtempo sollte endlich in die Tat umgesetzt werden. Im Kampf gegen Bürokratie und bei den Reformen des Sozialstaats brauchen wir Schnelligkeit und keinen Dauerstreit. Wir brauchen eine Wachstumstreiberpolitik und keine Investitionshemmnis-Koalition,„. Jetzt müssen wir hierfür die richtigen politischen Weichenstellungen vornehmen.

Dazu muss eine neue Bundesregierung vor allem drei Dinge angehen:

1. Die Energiekosten müssen – insbesondere für die energieintensiven Branchen – dauerhaft gesenkt werden.
2. Es braucht einen Stopp für neue, verschärfende Regulierungen und den Mut, überzogene Festlegungen anzupassen
3. Die heimische Rohstoffgewinnung muss durch geeignete Rahmenbedingungen und politische Akzeptanz nachhaltig gestärkt werden.

Die neue Bundesregierung hat es in der Hand, die Zukunft des Rohstofflandes Deutschland zu sichern und weiterzuentwickeln.

Es grüßt Sie mit einem herzlichen Glückauf

Ihr

Christoph Wehner

INHALT

02 Editorial

04 Impressum

05 Abstracts

06 Götzfried

Speisesalz als Träger von Mikronährstoffen

16 Hildebrandt, Wald

Optimierung der Kieserit-Tellergranulierung
am Standort NE mittels optischer Partikelanalyse

24 Schulte

Sicherheit auf winterlichen Straßen
Auftausalz – ökologisch und wirtschaftlich
betrachtet

IMPRESSUM

Kali & Steinsalz

herausgegeben vom Verband
der Kali- und Salzindustrie e. V. (VKS e. V.)

VKS e. V.

Reinhardtstraße 18A, 10117 Berlin
Tel. +49 (0)30 8471069 0
info@vks-kalisalz.de
www.vks-kalisalz.de

Erscheinungsweise

dreimal jährlich in loser Folge
ISSN 1614-1210

Redaktionsleitung

Dieter Krüger, VKS e. V.
Tel. +49 (0)30 8471069 13

Redaktionsausschuss

Dr. Burkhard Dartsch,
REKS GmbH & Co. KG
Dr. René Randaxhe,
K+S Aktiengesellschaft
Prof. Dr. Silvio Zeibig,
K+S Aktiengesellschaft
Dr. Ludger Waldmann,
K+S Aktiengesellschaft
Christoph Wehner, VKSe.V.

Gestaltung

Alf Germanus Grafische Erzeugnisse
Bonner Str. 58, 53332 Bornheim

Hinweis zu Rechten an Bildern, Grafiken u. a.

Alle Bildrechte liegen bei den Autoren. Davon abweichende Ausnahmen werden mit einer Quellenangabe gekennzeichnet. Dieses Werk ist urheberrechtlich geschützt. Jede Verwertung außerhalb der Grenzen des Urheberrechts ist ohne schriftliche Genehmigung des VKSe.V. unzulässig. Dies gilt auch für herkömmliche Vervielfältigungen (darunter Fotokopien, Nachdruck), Übersetzungen, Aufnahme in Mikrofilmarchive, elektronische Datenbanken und Mailboxes sowie für Vervielfältigungen auf CD-ROM oder anderen digitalen Datenträgern. Jede im Bereich eines gewerblichen Unternehmens zulässig hergestellte oder benutzte Kopie dient gewerblichen Zwecken gem. § 54 (2) UrhG und verpflichtet zur Gebührenzahlung an die VG Wort, Abteilung Wissenschaft, Goethestr. 49, D-80336 München.

Titelbild: AdobeStock@FOTOKERSCHI



06 Götzfried:**Edible salt as a carrier of micronutrients**

Salt enjoys unique advantages as a vehicle for micronutrient fortification in terms of universal access, uniformity of consumption, and low cost of fortification.

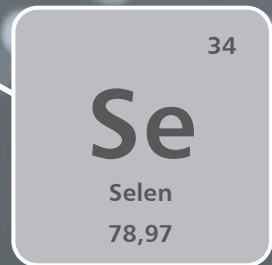
Switzerland is the pioneer country for the iodization and fluoridation of edible salt. In Germany, table salt is now enriched with iodine, fluorine, folic acid and selenium to prevent nutrient deficiency diseases. After China, Germany is the country with the largest variety of enriched edible salts. An adequate supply of iodine to the population is of great importance for public health and that is why the staple food, edible salt, is now fortified with iodine on a large scale worldwide. According to the WHO criteria, there is still an iodine deficiency in Germany. In order to improve the population's iodine supply, it is particularly necessary to increase the extent of the use of iodized edible salt in artisanal and industrial food production.

16 Hildebrandt, Wald: Optimizing the kieserite-agglomeration at the NE plant through optical particle analysis

Image processing systems are state of the art for a few years now in most industrial fields. While the first types were only barcode scanners for tracking of parts or products, the increasing performance together with decreasing prices of hardware led to applications in quality control and automated process management. Within the K+S group the analytics and research center handles this field. In the meantime, they support several self-engineered systems together with the production sites to increase efficiency of plants.

24 Schulte: Safety on wintry roads**De-icing salt – from an ecological and economic perspective**

Studies show that efficient winter maintenance impressively demonstrate, has a high benefit for the national economy. However, the choice of gritting and de-icing materials and the technical equipment of the winter maintenance organisations are crucial to this. In both areas, Germany has played a pioneering role in an international comparison over the past few decades.





Dr. Franz Götzfried
Salt Research +
Consulting, Bad Wimpfen

Speisesalz als Träger von Mikronährstoffen

Als Träger von Mikronährstoffen bietet Salz einzigartige Vorteile im Hinblick auf den universellen Zugang, den einheitlichen Verbrauch und die geringen Anreicherungskosten.

Die Schweiz ist das Pionierland für die Jodierung und Fluoridierung von Speisesalz. In Deutschland wird Speisesalz zur Prophylaxe gegen Nährstoffmangel-Krankheiten inzwischen mit Jod, Fluor, Folsäure und Selen angereichert. Deutschland ist nach China das Land mit der größten Vielfalt an angereicherten Speisesalzen.

Vor allem eine ausreichende Jodversorgung ist von hoher Bedeutung für die Gesundheit der Bevölkerung und deshalb wird das Grundnahrungsmittel Speisesalz heute in großem Maßstab weltweit mit Jod angereichert. In Deutschland besteht nach den WHO-Kriterien dennoch weiterhin ein Jodmangel. Zur Verbesserung der Jodversorgung der Bevölkerung ist es insbesondere erforderlich, dass der Umfang der Verwendung von jodiertem Speisesalz bei der handwerklichen und industriellen Lebensmittelherstellung gesteigert wird.

Edible salt as a carrier of micronutrients

Salt enjoys unique advantages as a vehicle for micronutrient fortification in terms of universal access, uniformity of consumption, and low cost of fortification.

Switzerland is the pioneer country for the iodization and fluoridation of edible salt. In Germany, table salt is now enriched with iodine, fluorine, folic acid and selenium to prevent nutrient deficiency diseases. After China, Germany is the country with the largest variety of enriched edible salts.

An adequate supply of iodine to the population is of great importance for public health and that is why the staple food, edible salt, is now fortified with iodine on a large scale worldwide. According to the WHO criteria, there is still an iodine deficiency in Germany. In order to improve the population's iodine supply, it is particularly necessary to increase the extent of the use of iodized edible salt in artisanal and industrial food production.

Im Codex Alimentarius-Standard CXS 150 der FAO/WHO für Salz in Lebensmittelqualität wird für die Verwendung als Träger Folgendes festgelegt: „Salz in Lebensmittelqualität ist zu verwenden, wenn Salz als Träger für Lebensmittelzusatzstoffe oder Nährstoffe für die technische oder öffentliche Gesundheit verwendet wird. Beispiele für solche Zubereitungen sind Mischungen von Salz mit Nitrat und/oder Nitrit (Pökelsalz) und Salz gemischt mit geringen Mengen Fluorid, Jodid oder Jodat, Eisen, Vitaminen usw. sowie Zusätzen, die zum Tragen oder Stabilisieren solcher Zusätze dienen“ [1].

Für die Länder Europas gibt es keinen harmonisierten Qualitätsstandard für Speisesalz. Die Festlegung der Anforderungen an Speisesalz erfolgt in den einzelnen Ländern selbst. Allerdings übernehmen die Länder in der Regel Vorgaben aus dem Codex Alimentarius. Dies gilt insbesondere für den erforderlichen Salzgehalt, der im Codex Alimentarius-Standard mit mindestens 97 % definiert ist. Für Deutschland gibt es keine gesetzlichen Anforderungen an Speisesalz. Die Anforderungen an das in Deutschland hergestellte Speisesalz sind in den vom Verband der Kali- und Salzindustrie herausgegebenen Leitlinien für eine gute Hygienepraxis in der Salzindustrie beschrieben. Auch hier wurde der Grenzwert von mindestens 97 % Salzgehalt für das Speisesalz übernommen [2].

In Deutschland hat die Anreicherung von Speisesalz mit Mikronährstoffen eine große Bedeutung bei der Prophylaxe gegen Krankheiten, die durch Nährstoffmängel verursacht werden [3]. Heute wird Speisesalz in Deutschland mit den Spurenelementen Jod, Fluor und Selen sowie dem Vitamin Folsäure angereichert. Die Zugabe der Spurenelemente erfolgt dabei nicht in elementarer Form, sondern in Form geeigneter lebensmittelrechtlich zugelassener anorganischer Zusatzstoffe. In Deutschland ist die Anreicherung von Speisesalz mit Mikronährstoffen nicht zwingend vorgeschrieben. Dadurch ist für Verbraucher auch Speisesalz ohne zugesetzte Mikronährstoffe erhältlich. Während jodiertes Speisesalz auch für die Herstellung von Lebensmitteln verwendet wird, sind Speisesalze mit den anderen Mikronährstoffen nur in Kleinpackungen für die Haushalte erhältlich und werden nicht vom Lebensmittelhandwerk und der Lebensmittelindustrie eingesetzt.

Als Träger von Mikronährstoffen bietet Salz gegenüber anderen Lebensmitteln einzigartige Vorteile im Hinblick auf den universellen Zugang, den einheitlichen Verbrauch und die geringen Anreicherungskosten. Der Verzehr von Salz begrenzt sich aus Geschmacksgründen selbst und ist daher ein gutes Trägerlebensmittel für Mikronährstoffe, die in überschaubaren Mengen zusätzlich zugeführt werden sollen.

Mehrfach angereicherte Haushaltssalze sind wirtschaftlicher und praktikabler als die Verwendung von separat mit einzelnen Mikronährstoffen angereicherten Salzen. Damit wird die gleichzeitige Verbesserung von mehreren Defiziten an Mikronährstoffen ermöglicht.

Speisesalz mit Jod

Jodmangel ist einer der weltweit bedeutendsten Nährstoffmängel und führt zu einer Reihe von gesundheitlichen Störungen - Beeinträchtigung der kognitiven Entwicklung und Funktion, Hypothyreose, angeborene Anomalien, Kretinismus und endemischer Struma – bekannt als Jodmangelkrankheiten („Iodine Deficiency Disorders (IDD)“. Diese Erkrankungen sind in vielen Ländern der Welt endemisch. Jodmangel betrifft ein Drittel der Weltbevölkerung, darunter 260 Millionen Kinder im schulpflichtigen Alter. Jodmangel ist die Folge einer unzureichenden Jodaufnahme über die Nahrung. Die Vorbeugung von IDD ist durch die Zugabe von Jod zur Ernährung möglich. Von den verschiedenen Methoden zum Hinzufügen von Jod zur Ernährung wurde die Anreicherung von Salz mit Jod für den menschlichen und tierischen Verzehr empfohlen und wird weltweit eingesetzt [4, 5, 6]. Die Salzjodierung hat sich als eine wichtige und äußerst kostengünstige Maßnahme zur Bekämpfung von Jodmangelerscheinungen herausgestellt, mit der große Verbesserungen, einschließlich der Verbesserungen der IQ-Werte, in vielen Ländern bereits erreicht wurden.

Die Schweiz (1922) und die Vereinigten Staaten von Amerika (1924) waren die ersten Länder in denen Jodsalz in Verbrauchergeschäften angeboten wurde. In Deutschland begannen die süddeutschen Salinen erst im Jahr 1960 mit der Salzjodierung. Möglich wurde dies durch die Diät-Fremdstoff-Verordnung von 1959, mit der eine Jodierung mit Natrium-, Kalium- und Calciumjodid auf freiwilliger Basis zu-

gelassen wurde. Der Gehalt an diesen Jodiden, berechnet als Kaliumjodid, durfte nicht mehr als 5 mg je kg Salz betragen. Später breitete sich die Salzjodierung in den alten Bundesländern bundesweit aus. Im Jahr 1981 wurden im Zuge der Neufassung der Diätverordnung der vorgeschriebene Warnhinweis „nur bei ärztlich festgestelltem Jodmangel“ gestrichen und die Jodide durch Natriumjodat und Kaliumjodat ersetzt; die Dosierung wurde mit 15–25 mg Jod/kg Salz festgelegt und die Verwendung weiterhin auf Haushalte beschränkt. In den neuen Bundesländern (frühere DDR) begann im Jahr 1983 eine "allgemeine" Jodsalzprophylaxe (20 mg Kaliumjodid/kg Haushaltssalz). Im Jahr 1989 wird das jodierte Speisesalz aus der Diätverordnung in die Zusatzstoff-Zulassungsverordnung und in die Zusatzstoff-Verkehrsverordnung überführt und die Verwendung in Großküchen und zur Lebensmittelherstellung wurde ermöglicht. Nach der Wiedervereinigung 1989/90 galten auch für die neuen Bundesländer die gleichen Gesetze wie in den alten Bundesländern, somit auch das Freiwilligkeitsprinzip bei der Jodprophylaxe. Im Jahr 1993 kam es zum Wegfall der sogenannten Doppeldeklaration für jodiertes Speisesalz und die Verwendung von jodiertem Speisesalz bei der Käseherstellung wurde mit der Käseverordnung zugelassen.

Anfang der 1990er Jahre hat die Saline Bad Friedrichshall mit der Bundesanstalt für Fleischforschung ein jodiertes Nitritpökelsalz entwickelt und dieses 1993, nachdem die Fleischverordnung entsprechend geändert worden war, erstmals in den Verkehr gebracht. Damit wurde auf unkomplizierte Weise auch die Herstellung von mit Jod angereicherten Wurst- und Fleischwaren möglich.

Seit dem 01. Juli 2007 regelt die Verordnung (EG) Nr. 1925/2006 (Anreicherungs-Verordnung) den Zusatz von Vitaminen und Mineralstoffen sowie bestimmten anderen Stoffen zu Lebensmitteln. Auf Grund von in der Verordnung festgelegten Übergangsmaßnahmen sind aber derzeit auch noch nationale Vorschriften, wie das deutsche Lebensmittel- und Futtermittelgesetzbuch (LFGB), zu beachten.

Auch nach dem Außerkrafttreten der deutschen Zusatzstoffverordnungen im Jahr 2021 gelten die darin enthaltenen Festlegungen für jodiertes Speisesalz weiter. Die Regelungen für jodiertes Nitritpökelsalz in der ebenfalls außer Kraft getretenen Fleischverordnung wurden in die Lebensmittelzusatzstoff-Durchführungsverordnung vom 02.06.2021 übernommen.

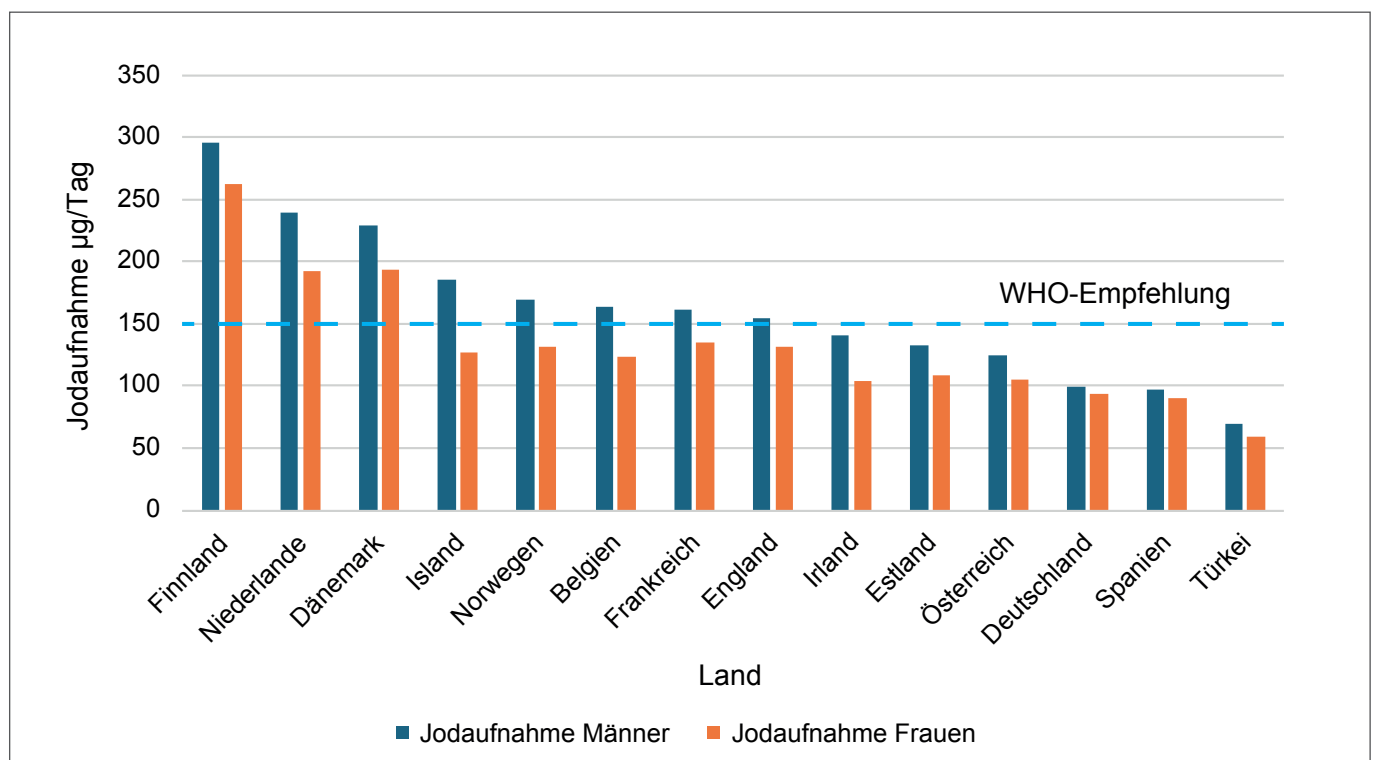


Abbildung 1: Jodaufnahme von Erwachsenen in einigen europäischen Ländern [7]

LAND	DURCHFÜHRUNG DER JODIERUNG	MINERALSTOFFE MIT JOD	JODGEHALT (mg/kg Salz)
Deutschland	Freiwillig	KIO ₃ , NaIO ₃	15–25
Belgien	Freiwillig	KI, KIO ₃ , NaI	15–20
Dänemark	Obligatorisch für Haushaltssalz und für Salz für Brot und allgemeine Backwaren	KI, KIO ₃ , NaI, NaIO ₃	20
Frankreich	Freiwillig. Nicht erlaubt in verarbeiteten Lebensmitteln	KI, KIO ₃ , NaI, NaIO ₃	15–20
Niederlande	Freiwillig	KI, KIO ₃ , NaI, NaIO ₃	≤25 ≤65 (Brot)
Österreich	Obligatorisch für die Herstellung von Brot und Bäckereiwaren	KI, KIO ₃	15–20
Polen	Obligatorisch für Haushaltssalz. Nicht erlaubt in verarbeiteten Lebensmitteln	KI, KIO ₃	15–30
Tschechien	Freiwillig	KI, KIO ₃ , NaI, NaIO ₃	20–34
Schweiz	Freiwillig	KI, KIO ₃ , NaI, NaIO ₃	20–40

Tabelle 1: Gesetzliche Regelungen für die Speisesalzjodierung in Deutschland und Nachbarländern

Jod kann dem Salz in Form von Jodiden oder Jodaten zugesetzt werden. Kaliumiodid ist unter extremen Feuchtigkeits- und Temperaturbedingungen, insbesondere in einer sauren Umgebung, instabil. Zur Erhöhung der Alkalität können Natriumcarbonat oder Natriumbicarbonat und zur Stabilisierung von Kaliumiodid Natriumthiosulfat oder Dextrose zugesetzt werden. Ohne Stabilisator wird Kaliumiodid zu Jod oxidiert und geht durch Verflüchtigung aus dem Salz verloren. Es muss vermieden werden, dass mit Kaliumjodid angereichertes Speisesalz mit Speisesalz, das mit Kaliumjodat angereichert wurde, vermischt wird, da durch eine Komproportionierungs-Reaktion elementares Jod gebildet werden kann. In Deutschland hat sich die Jodierung mit Kaliumjodat aufgrund dessen guter Stabilität bewährt.

Von der Weltgesundheitsorganisation (WHO) werden folgende Jodaufnahmen empfohlen: 150 µg/Tag für Jugendliche und Erwachsene, 250 µg/Tag für schwangere und stillende Frauen, 120 µg/Tag für Kinder im Alter von 6–12 Jahren.

Aktuelle Studien haben gezeigt, dass die Jodversorgung in einigen europäischen Ländern, dazu zählt Deutschland, immer noch unzureichend ist und die WHO-Empfehlungen

für die tägliche Jodaufnahme nicht erfüllt werden. Nach den epidemiologischen Kriterien der WHO besteht für Deutschland aufgrund der ungenügenden Jodaufnahme von geringfügig weniger als 100 µg/Tag ein leichter Jodmangel (Abb. 1).

Tabelle 1 gibt einen Überblick über die Vorschriften zur Speisesalzjodierung in Deutschland und in Nachbarländern. Es gibt in Europa Länder mit verbindlichen Regelungen für die Verwendung von Jodsalz. Andere erlauben die Jodierung auf freiwilliger Basis. Unterschiede gibt es auch bei den für die Jodierung zulässigen Mineralstoffen. Es sind sowohl Jodide als auch Jodate in Verwendung. In Deutschland und bei allen Nachbarländern ist Kaliumjodat zugelassen, was eine künftige Harmonisierung der rechtlichen Vorschriften vereinfachen könnte. Für die zulässigen Jodgehalte im Salz sind unterschiedliche Werte festgelegt.

Im Ernährungsreport 2024 des Bundesministeriums für Ernährung und Landwirtschaft wird berichtet, dass in den Haushalten der Anteil des Jodsalzes am gesamten Salzverbrauch 76 % beträgt [8]. Das Max Rubner-Institut hat beim Jodsalz-Monitoring 2023 einen sehr unterschiedlichen Anteil an Lebensmitteln, die mit Jodsalz hergestellt wurden,

ermittelt (in Klammer die Ergebnisse für Produkte aus biologischer Erzeugung): Wurstwaren 35,5 % (8,1 %), weitere Fleischerzeugnisse 14,8 % (0 %), Brot und Kleingebäck 9,8 % (0,6 %). Diese Anteile sind geringer als beim Monitoring im Jahr 2020. Bei Produkten aus biologischer Erzeugung ist die Verwendung von Jodsalz deutlich geringer als bei nicht-biologischen Produkten [9].

Die Haushalte in der Schweiz verwenden seit vielen Jahren mehr als 80 % jodiertes Speisesalz. Die Ergebnisse einer Markterhebung der Zürcher Hochschule für Angewandte Wissenschaften (ZHAW) im Auftrag des Bundesamtes für Lebensmittelsicherheit und Veterinärwesen über die Verwendung von jodiertem Salz in industriell verarbeiteten Lebensmitteln zeigen, dass von gut 750 verarbeiteten Lebensmitteln wie Tiefkühlgerichte, frische Fertiggerichte und Fleisch- und Käseersatzprodukte rund ein Drittel mit jodiertem Salz hergestellt wurde. Die Kategorie „verarbeitete Fleischwaren, Fleischzubereitungen“ ist diejenige Kategorie mit dem höchsten Anteil an jodiertem Salz (77,6 %) [10].

Speisesalz mit Fluor

Fluorid ist kein essenzieller Nährstoff; es ist jedoch allgemein anerkannt, dass Fluorid für die Kariesprävention von Bedeutung ist. Eingenommenes (systemisches) Fluorid (im Salz, Trinkwasser oder Milch) führt zu täglich mehrmaliger Erhöhung der an sich niedrigen Fluoridkonzentration im Mund. Fluorid bekämpft Karies wirksam durch verschiedene Wirkmechanismen. Es beschleunigt die Remineralisierung beginnender Zahnschmelzläsionen, wenn es in ausreichender Menge und Häufigkeit im Zahnbelag und im Speichel vorhanden ist, und wirkt als Heilungsprozess für teilweise demineralisiertes Zahnhartgewebe, bevor sich Karies bildet. Fluorid stört auch die Glykolyse oder Fermentation, den Prozess, bei dem kariogene Bakterien Zucker verstoffwechseln, um Säure zu produzieren. In höheren Konzentrationen wirkt Fluorid bakterizid.

Die WHO empfiehlt die „automatische“ Fluoridierung (durch Salz-, Wasser- oder Milchfluoridierung) in Verbindung mit dem Gebrauch von fluoridhaltiger Zahnpasta. Sowohl in Europa als auch in Lateinamerika sind erfolgreiche Programme für die Salzfluoridierung eingerichtet worden. Die Vorbeugung der Zahnkaries mit fluoridiertem

Salz begann im Jahre 1955 in der Schweiz. Heute erreicht die Zahl der Verbraucher, die ein solches Salz weltweit konsumieren, bereits nahezu 300 Millionen, fast 200 Millionen in Lateinamerika und 70–80 Millionen in Europa. Eine Salzfluoridierung sollte in Betracht gezogen werden, wenn eine Wasserfluoridierung aus technischen, finanziellen oder soziokulturellen Gründen nicht möglich ist [11].

In acht europäischen Ländern wird fluoridiertes Speisesalz hergestellt und vermarktet: Österreich, Tschechien, Frankreich, Deutschland, Griechenland, Spanien, Schweiz. In Deutschland, wo keine Wasser- und Milchfluoridierung erfolgt, wurde erstmals im Jahr 1991 ein in Frankreich hergestelltes Jodsalz mit 250 mg Fluorid/kg Salz in Supermärkten zum Verkauf angeboten. Für den Import hatte das Bundesamt für Verbraucherschutz und Lebensmittelsicherheit eine Allgemeinverfügung nach § 64 LFGB erlassen. Bereits im Folgejahr wurde deutschen Salzherstellern nach deren Antragstellung auf Ausnahmegenehmigung gemäß § 68 LFGB die Herstellung und das Inverkehrbringen von Speisesalzen mit Fluorid in Haushaltspackungen genehmigt. Die Genehmigungen waren auf 3 Jahre befristet und konnten dreimal verlängert werden. Derzeit bestehen zwei Ausnahmegenehmigungen für fluoridierte Speisesalze mit 250 mg bzw. 310 mg Fluorid/kg Salz (Toleranz jeweils +/- 15 %); diese Ausnahmegenehmigungen sind inzwischen unbefristet [12].

Die höchsten Marktanteile erreicht fluoridiertes Jodsalz in Haushaltspackungen in der Schweiz mit 80–90 %. In Deutschland haben Jodsalz mit Fluorid und Jodsalz mit Fluorid und Folsäure einen Marktanteil von insgesamt etwa 65 %.

Die Europäische Behörde für Lebensmittelsicherheit (EFSA) hat im Jahr 2005 eine tolerierbare tägliche chronische Gesamtfluoridzufuhr (Tolerable Upper Intake Level, UL) in Höhe von 0,12 Milligramm pro Kilogramm (mg/kg) Körpergewicht/Tag (entspricht ca. 7 mg/Tag) für alle Altersgruppen ab 15 Jahren, einschließlich schwangeren und stillenden Frauen, abgeleitet. Die fluoridierten Speisesalze enthalten 0,25 mg bzw. 0,31 mg Fluorid pro Gramm Salz, so dass bei einer durchschnittlichen Verwendung von 2 g/Tag/Person dieses Salzes im Haushalt eine zusätzliche Fluoridzufuhr von etwa 0,5 mg bzw. 0,6 mg/Tag resultiert. Wegen der theoretisch möglichen Gesamtfluoridzufuhr aus verschiedenen Quellen in Höhe des UL bleibt kein Spielraum für

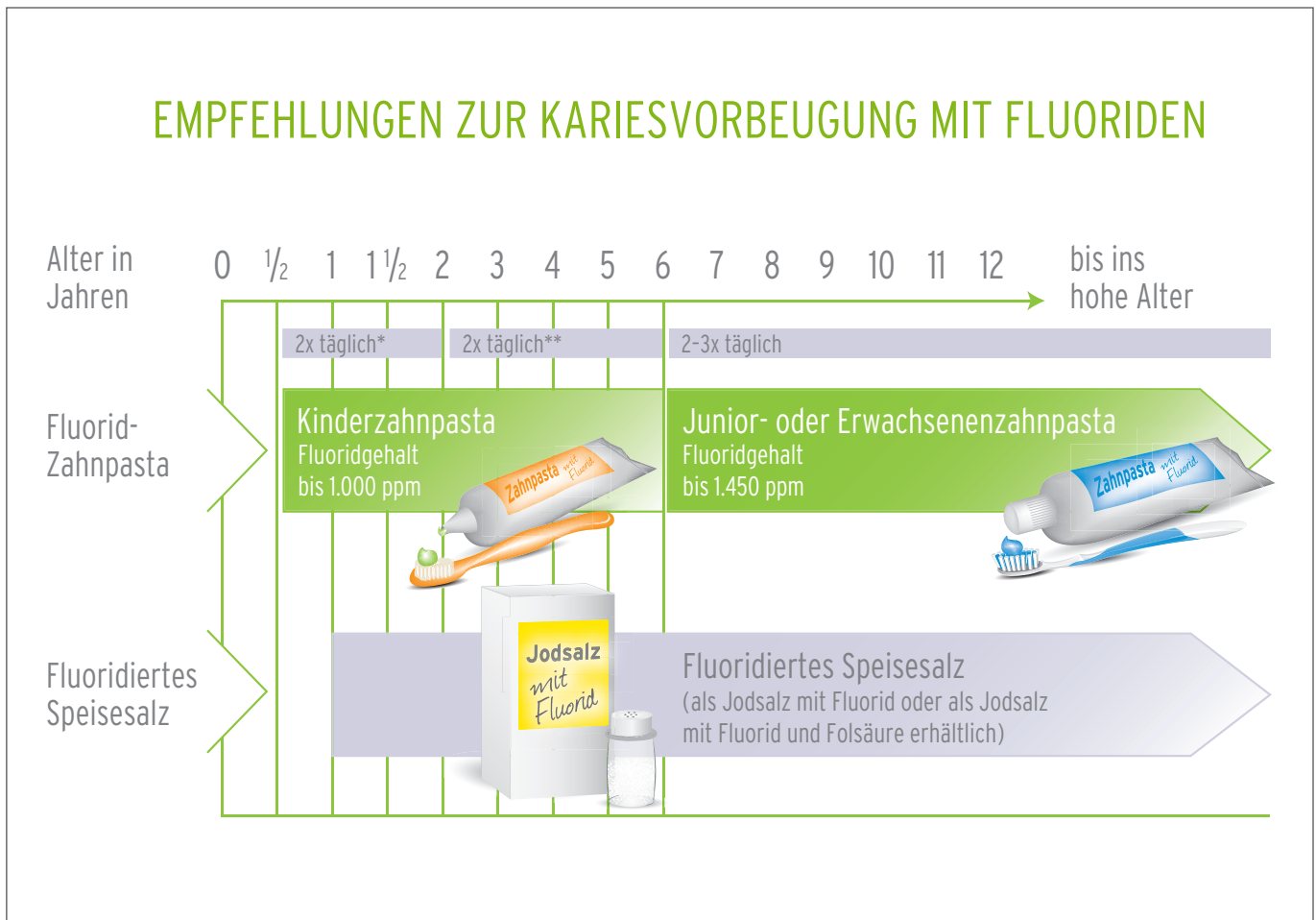


Abbildung 2: Empfehlungen zur Kariesvorbeugung mit Fluoriden (Quelle: DAZ)

weitere Fluoridzusätze zu Lebensmitteln. Der Zusatz von Fluorid zu weiteren Lebensmitteln des allgemeinen Verzehr würde zu einer nicht kontrollierbaren Fluoridaufnahme führen, bei der unerwünschte gesundheitliche Wirkungen nicht ausgeschlossen werden können. Fluoridiertes Speisesalz sollte daher aus Sicht des Bundesinstituts für Risikobewertung (BfR) das einzig verfügbare, mit Fluorid angereicherte Lebensmittel bleiben [13].

Die Informationsstelle für Kariesprophylaxe des Deutschen Arbeitskreises für Zahnheilkunde (DAZ) empfiehlt die Verwendung von fluoridiertem Speisesalz als wichtige Maßnahme innerhalb der vier Säulen der Kariesprophylaxe: Zahngesunde Ernährung, gewissenhafte Zahnpflege, stärkende Fluoride und zahnärztliche Vorsorge (Abb. 2).

Speisesalz mit Folsäure

Folsäure ist ein wasserlösliches B-Vitamin, das für den menschlichen Organismus lebenswichtig ist (Abb. 3). Es ist als Folsäure ein natürlicher Inhaltsstoff in Lebensmitteln wie Spinat, Salat, Weißkohl, Tomaten, Orangen, Leber, Getreide und daraus hergestellten Vollkornprodukten. Synthetische Folsäure wird in Nahrungsergänzungsmitteln und zur Lebensmittelanreicherung eingesetzt. Idealerweise sollten Erwachsene täglich 300 Mikrogramm Folat über die Nahrung aufnehmen. Die biologischen Funktionen der Folsäure werden von Folat und anderen Derivaten übernommen, die im Körper gebildet werden. 1 Mikrogramm Nahrungsfolat entspricht 0,5 Mikrogramm synthetischer Folsäure.

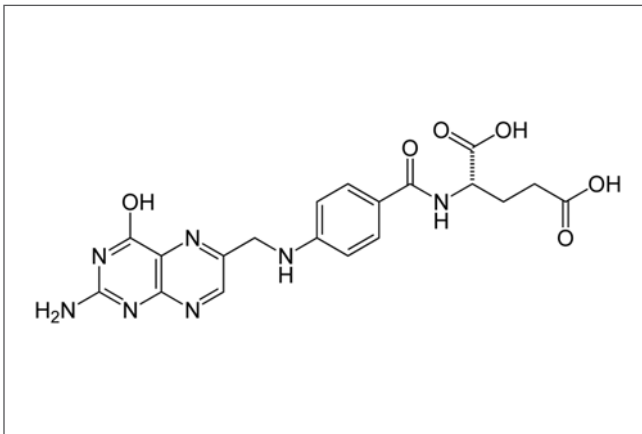


Abbildung 3: Strukturformel der Folsäure
(Pteroyl-mono-glutaminsäure, Vitamin B₉)

Bei den derzeitigen Ernährungsgewohnheiten wird die zur Gesundheitsprävention empfohlene Tagesdosis an Folsäure bei der Mehrheit der deutschen Bevölkerung nicht eingehalten. Eine ausreichende Folatversorgung in der Frühschwangerschaft reduziert nachweislich die Häufigkeit von Spina bifida bzw. Neuralrohrdefekten NTD (derzeit ca. 1,5/1000 Schwangerschaften in Deutschland) um 70 bis 75 Prozent. Außerdem könnten Schwangerschaftsabbrüche nach pränataler Diagnose dieser angeborenen Fehlbildungen in ähnlichem Maße reduziert werden. NTD wird im Volksmund als „offene Wirbelsäule“ bezeichnet. Eine Einleitung nach der Diagnose einer Schwangerschaft ist in der Regel zu spät, um eine wirksame Prävention von Neuralrohrdefekten zu erreichen. Eine bessere und höchst wünschenswerte Alternative ist die Folatergänzung mit Grundnahrungsmitteln (Mehl, Salz). Es wird erwartet, dass dies auch weitere Vorteile für die breite Bevölkerung mit sich bringt, insbesondere eine Verringerung der Morbidität und Mortalität von Herz-Kreislauf-Erkrankungen. Seit vielen Jahren hat sich die Mehlanreicherung mit Folsäure in Nordamerika als wirksam bei der Reduzierung von Vitaminmangel erwiesen. Die Anreicherung von Salz mit Folsäure war lange Zeit unbekannt.

Im Jahr 2002 wurde in Deutschland weltweit zum ersten Mal mit der Anreicherung von Speisesalz mit Folsäure begonnen. Dazu wurde die Genehmigung für die Herstellung und den Vertrieb eines dreifach angereicherten Speisesalzes erteilt: 20 mg/kg Jod (als Kaliumjodat), 250 mg/kg Fluorid (als Natriumfluorid oder Kaliumfluorid) und 100 mg/kg Folsäure. Dieses angereicherte Salz ist aufgrund der Farbe der Folsäure hellgelb. Bei einem täglichen Verzehr von 2 Gramm

des dreifach angereicherten Haushaltssalzes ist die empfohlene Tagesdosis an Folsäure bzw. Folat abgedeckt.

In den letzten Jahren wurde von mehreren internationalen Forschergruppen die Anreicherung von Salz mit Folsäure aufgegriffen und deren Nutzen herausgearbeitet. So hat das bevölkerungsreiche Indien eine unverhältnismäßig hohe Prävalenz von Neuralrohrdefekten, einschließlich Spina bifida und Anenzephalie, was zu einer hohen Zahl von Totgeburten, ungewollten Schwangerschaftsabbrüchen, und Kindersterblichkeit führt. Deshalb werden insbesondere in Indien Studien zur Anreicherung von Speisesalz mit Folsäure durchgeführt [14].

Auch Äthiopien prüft derzeit, ob Jodsalz auch Folsäure zugesetzt werden kann. Das Land testet eine Möglichkeit, dieses doppelt angereicherte Salz beinahe so kostengünstig wie Jodsalz herzustellen. Dies könnte verheerende Geburtsausgänge drastisch reduzieren, denn so könnten drei Viertel aller Todesfälle und Totgeburten aufgrund von Neuralrohrdefekten – bis zu 5.000 pro Jahr in Äthiopien – beseitigt werden.

Speisesalz mit Selen

Die Aufnahme von Jod und Selen hängt stark von den Jod- und Selengehalten im Boden ab, die weltweit stark schwanken. Selenarme Böden finden sich insbesondere auch in Deutschland sowie in den meisten europäischen Ländern. Deshalb wird in den europäischen Ländern, einschließlich Deutschland, Futtermitteln auch Selenit oder Selenat zugesetzt. In manchen Regionen werden auch selenhaltige Düngemittel ausgebracht.

Aus epidemiologischen Daten aber auch tierexperimentellen Daten und Interventionsstudien lässt sich ableiten, dass Selen eine entscheidende Rolle in der Aufrechterhaltung der Gesundheit von Menschen und Tieren spielt. Selen ist Bestandteil von Enzymen und somit an einer Vielzahl von Reaktionen im Körper beteiligt. Als Bestandteil von antioxidativ wirkenden Enzymen ist Selen unter anderem wichtig für den Schutz des Organismus vor Zellschädigungen durch Radikale. Andere von Selen abhängige Enzyme regulieren den Haushalt der Schilddrüsenhormone oder sind Baustein von Spermien und somit essenziell für die Fruchtbarkeit des Mannes.

In bestimmten Regionen Chinas kam es bei einer Selenzufuhr von ca. $10\mu\text{g}$ pro Tag zu Mangelkrankheiten wie der Keshan-Krankheit (Erkrankung des Herzmuskels) oder der Kashin-Beck-Krankheit (Gelenkveränderungen, verringertes Knochenwachstum). In der Region Keshan in China wurde der Selenmangel ab 1983 durch die Verwendung von lokalem Speisesalz, ergänzt durch Selenit, bekämpft [15, 16].

Seit dem Jahr 2023 wird in Deutschland ebenfalls ein mit Selen angereichertes jodiertes Speisesalz hergestellt und in Verbrauchermärkten angeboten. Die Anreicherung dieses Salzes erfolgt mit Natriumselenit. Der Selengehalt im angereicherten Speisesalz beträgt $5,5\text{ mg/kg}$.

Der minimale Bedarf an Selen wurde in der Keshan-Region in China bestimmt. Er beträgt mindestens $20\mu\text{g}$ pro Tag. Der definitive Bedarf an Selen jedoch ist bislang nicht geklärt, es wird aber angenommen, dass eine tägliche Zufuhr von $1\mu\text{g/kg}$ Körpergewicht ausreichend ist. Ältere Studien haben einen marginalen Selenmangel in Deutschland gezeigt. Tierische Lebensmittel, wie z. B. Fleisch, sind für die Versorgung mit dem essenziellen Spurenelement Selen von besonderer Bedeutung. Inzwischen gibt es aber zunehmend Menschen, die vollständig oder teilweise auf Fleisch und andere tierische Produkte verzichten; diese gehören deshalb zur Risikogruppe für eine unzureichende Selenversorgung.

Die Europäische Lebensmittelbehörde (EFSA) hat im Jahr 2023 seine Risikobewertung zu Selen überarbeitet und den bisherigen Tolerable Upper Intake Level (UL) für Erwachsene von $300\mu\text{g}$ auf $255\mu\text{g}$ pro Tag reduziert. Dies hat das Bundesinstitut für Risikobewertung (BfR) zum Anlass genommen, seine Höchstmengenvorschläge für Selen in Nahrungsergänzungsmitteln und angereicherten Lebensmitteln zu aktualisieren [17].

Speisesalze mit sonstigen Mikronährstoffen

In China wird Speisesalz neben Jod und Selen auch mit Calcium, Zink und dem Polysaccharid Lentinan ergänzt. Mit Riboflavin (Vitamin B_2) angereichertes Salz ist in der Ernährung von Bewohnern von Gebieten in China mit hoher Inzidenz von Plattenepithelkarzinomen der Speiseröhre enthalten [18].

Eisenmangel ist eines der zehn schwerwiegendsten Gesundheitsprobleme der modernen Welt. Eisenmangelanämie (IDA) beeinträchtigt die geistige Entwicklung von über 40% der Säuglinge in Entwicklungsländern und verringert ihre Chancen, die Grundschule zu besuchen oder zu beenden. IDA beeinträchtigt die Gesundheit und Energie schwangerer Frauen und trägt jedes Jahr zu etwa 50.000 Todesfällen bei der Geburt bei. IDA ist komplex, weil sie eine erhöhte Eisenaufnahme in kritischen Phasen des Lebenszyklus erfordert: vor und während der Schwangerschaft und während der gesamten frühen Kindheit. Die Lösung ist doppelt angereichertes Salz mit Jod und Eisen, das in Indien, einem der Länder mit dem höchsten Eisenmangel der Welt, verwendet wird [19].

Ausblick und Handlungsbedarf

Die derzeit beim Max Rubner-Institut in Bearbeitung befindliche Nationale Verzehrsstudie III (NVS III) erfasst die repräsentativen Daten zu Lebensmittelverzehr, Nährstoffzufuhr, weiterem Ernährungsverhalten sowie Ernährungsstatus der deutschen Bevölkerung. Es wird erwartet, dass die NVS III im Frühjahr 2025 auch aktuelle Daten zu den Mineralstoffen und Vitaminen liefert.

Im Bundeslebensmittelschlüssel (BLS), die Datenbank, die in Deutschland als Standard für den Nährstoffgehalt von Lebensmitteln gilt, ist Selen nicht enthalten. Daher wird der Mineralstoff in den Verzehrsstudien bislang nicht mit aufgeführt.

Grund für die ungenügende Jodaufnahme der deutschen Bevölkerung ist vor allem der Verzehr von verarbeiteten Lebensmitteln, die kein Jod oder Jodsalz enthalten. Zusätzlich haben veränderte Tierhaltung und Fütterung dazu beigetragen, dass der Jodgehalt in der Milch im Vergleich mit anderen europäischen Ländern unterdurchschnittlich ist.

Eine Verbesserung der Jodaufnahme der deutschen Bevölkerung ist nur durch eine konsequente allumfassende Salzjodierung zu erreichen. Dies bedeutet Jodierung des Haushaltssalzes und des Speisesalzes sowie des Pökelsalzes für die handwerkliche und industrielle Lebensmittelherstellung. Mehrfachangereicherte Salze sollen dabei immer auch mit Jod angereichert sein. Es bedeutet auch eine indirekte Jodversorgung über mit Jod angereichertem Viehsalz und Mineralfuttermittel.

Die Jodaufnahme kann durch nachstehende Maßnahmen verbessert werden:

1. Steigerung der Jodsalzverwendung bei der handwerklichen und industriellen Lebensmittelherstellung.
2. Erhöhung der bisherigen effektiven Dosierung von 20 mg Jod/kg Salz auf 25 mg Jod/kg Salz (Toleranz jeweils +/- 5 mg Jod/kg Salz).
(Anhand von Modellrechnungen, die das BfR durchgeführt hat, konnte gezeigt werden, dass eine Erhöhung der derzeitigen Höchstmenge für Jod im Salz von 25 auf 30 mg pro kg beim gegenwärtigen Jodsalz-Verwendungsgrad in industriell und handwerklich hergestellten Lebensmitteln gesundheitlich unbedenklich wäre [20].)
3. Vermehrter Einsatz von jodiertem Viehsalz in der Landwirtschaft bei der Milchvieh-Fütterung (Dosierung: 30–100 mg Jod/kg Salz).

Es bestehen immer noch Handelshemmnisse aufgrund der fehlenden harmonisierten europäischen Gesetzgebung. Die Harmonisierung wird bislang auch dadurch erschwert, dass EU-Mitgliedstaaten mit Vorschriften zur obligatorischen Salzjodierung bei ihren eigenen Vorschriften bleiben.

Literatur

- [1] FAO/WHO: CODEX STANDARD FOR FOOD GRADE SALT (CXS 150-1985, Rev. 2012).
- [2] Leitlinien für eine gute Hygienepaxis in der Salzindustrie, Verband der Kali- und Salzindustrie, Berlin, 2011 (aktualisierte Ausgabe 2025).
- [3] Götzfried, F.: Functional salts in Europe, Kali und Steinsalz, Heft 1/2010, S. 20–27.
- [4] Andersson, M., de Benoist, B., Darnton-Hill, I. and Delange, F. (eds.) (2007) Iodine Deficiency in Europe: A Continuing Public Health Problem, World Health Organization (WHO), Geneva.
- [5] World Health Organization (WHO), The United Nations Children Fund (UNICEF) and International Council for the Control of Iodine Deficiency Disorders (ICCIDD) (2007) Assessment of Iodine Deficiency Disorders and Monitoring their Elimination: A Guide for Programme Managers, 3rd edn (updated 1st September 2008), WHO, Geneva.
- [6] World Health Organization (WHO) (2008) Salt as a Vehicle for Fortification, Report of a WHO Expert Consultation, Luxembourg, 21–22 March 2007, WHO, Geneva.
- [7] World Health Organization European Region and Iodine Global-Network: Prevention and control of iodine deficiency in the WHO European Region adapting to changes in diet and lifestyle. 2024.
- [8] Bundesministerium für Ernährung und Landwirtschaft (BMEL): Ernährungsreport. September 2024
- [9] Gréa C, Busl L, Dittmann A, Ehnle-Lossos M, Elflein-Mack A, Goos E, Kondula V, Werner R, Wolff D, Roser S, Storcksdieck genannt Bonsmann S: Ergänzende Auswertungen zum Produktmonitoring 2023: Verwendung von Jodsalz in Brot und Kleingebäck, Wurstwaren und weiteren Fleischerzeugnissen. Max Rubner-Institut, Karlsruhe, 2024, doi: 10.25826/20240513-150058-0.
- [10] Eidgenössisches Departement des Innern EDI Bundesamt für Lebensmittelsicherheit und Veterinärwesen BLV Risikobewertung 000.02.01 Verwendung von jodiertem Salz in industriell verarbeiteten Lebensmitteln: Markterhebung September 2022/ cbs.
- [11] Marthaler T. M., Gillespie G. M., Götzfried F.: Salt fluoridation in Europe and in Latin America – with potential worldwide. Kali und Steinsalz, Heft 3/2011.
- [12] Götzfried, F., Legal aspects of fluoride in salt, particularly within the EU, Schweiz Monatsschr Zahnmed, Vol 116: 4/2006, 371-375.
- [13] Bundesinstitut für Risikobewertung (BfR): Höchstmengenvorschläge für Fluorid in Lebensmitteln inklusive Nahrungsergänzungsmitteln.
- [14] Pattisapu J.V. et al: Folic Acid–Fortified Iodized Salt and Serum Folate Levels in Reproductive-Aged Women of Rural India. A Nonrandomized Controlled Trial, JAMA Network Open. 2024;7(3): e241777. doi:10.1001/jamanetworkopen.2024.1777.
- [15] Xia, Y., Hill, K.E., Byrne, D.W., et al. (2005) Effectiveness of selenium supplements in a low-selenium area of China, Am. J. Clin. Nutr. 81 (4), 829–834.
- [16] Keshan Disease Research Group (1979) Observations on effect of sodium selenite in prevention of Keshan disease, Chin. Med. J. 92, 471–476.
- [17] Bundesinstitut für Risikobewertung (2024): Aktualisierung (2023): Höchstmengenvorschläge für Selen in Lebensmitteln inklusive Nahrungsergänzungsmitteln, Stellungnahme 010/2024.
- [18] He, Y., Ye, L., Shan, B., et al. (2009) Effect of Riboflavin-Fortified Salt Nutrition Intervention on Esophageal Squamous Cell Carcinoma in A High Incidence Area, China, Asian Pac. J. Cancer Prev. 10 (4), 619–622.
- [19] Guetterman M. et al: A Randomized Trial of Quadruple-Fortified Salt for Anemia and Birth Defects Prevention in Southern India: Protocol Design and Methods, Current Developments in Nutrition, Vol. 7, Issue 3, March 2023.
- [20] Bundesinstitut für Risikobewertung (2021): Stellungnahme Nr. 005/2021 „Rückläufige Jodzufuhr in der Bevölkerung: Modellszenarien zur Verbesserung der Jodaufnahme“.



Optimierung der Kieserit-Tellergranulierung am Standort NE mittels optischer Partikelanalyse

Bildverarbeitende Systeme gehören in vielen Industriezweigen schon einige Jahre zum Stand der Technik. Während die ersten Vertreter in Form von Barcode-Scannern lediglich der Verfolgung einzelner Teile oder Produkte dienen, erschlossen sich mit immer leistungsfähiger und gleichzeitig günstiger werdender Hardware zunehmend Anwendungen in der Qualitätskontrolle und der automatisierten Prozesssteuerung. Innerhalb der K+S Gruppe beschäftigt sich das Analytik- und Forschungszentrum mit diesem Bereich und unterhält zusammen mit den Produktionsstandorten mittlerweile eigens entwickelte Geräte zur Effizienzsteigerung von Produktionsanlagen.

Optimizing the kieserite-agglomeration at the NE plant through optical particle analysis

Image processing systems are state of the art for a few years now in most industrial fields. While the first types were only barcode scanners for tracking of parts or products, the increasing performance together with decreasing prices of hardware led to applications in quality control and automated process management. Within the K+S group the analytics and research center handles this field. In the meantime, they support several self-engineered systems together with the production sites to increase efficiency of plants.



Dr. Nils Hildebrandt
Wissenschaftlicher
Mitarbeiter
K+S Analytik- und
Forschungszentrum,
K+S Aktiengesellschaft



Ingenieur Georg Wald
Produktionsassistent Werk
Neuhof-Ellers,
K+S Minerals and
Agriculture GmbH

1 Einleitung

In fast allen Industriebetrieben gehören moderne Bildverarbeitungssysteme heutzutage zur Standardausstattung. Meist steht die Verwendung zur Nachverfolgung einzelner Produkte oder Chargen in Form von Barcode- oder QR-Code-Scannern im Vordergrund, aber auch Systeme zur optischen Qualitätskontrolle oder -freigabe sind keine Seltenheit mehr. Vor allem in der Massenproduktion von geometrisch gleichförmigen Teilen sind solche Systeme schon längere Zeit Stand der Technik.

Mit steigender Leistungsfähigkeit bei gleichzeitig sinkenden Kosten eröffnen sich im industriellen Umfeld und auch bei K+S neue Möglichkeiten der Prozesssteuerung und -automatisierung mithilfe optischer Systeme. Als Beispiele können hier Systeme zur Erkennung von Form oder Farbe sowie zur Auswertung der Partikelgröße angeführt werden.

Das K+S Analytik- und Forschungszentrum beschäftigt sich im Rahmen der Prozess- und Qualitätskontrolle unter anderem mit verschiedenen Möglichkeiten der Partikelgrößenmessung. Dabei sind Kernthemen der Zusammenhang von Produktionsparametern und resultierender Korngröße sowie Onlineanalysen mittels optischer Systeme.

Bei voranschreitender Anlagenautomatisierung und Prozessregelung reichen meist Einzelmesswerte und Stichproben nicht mehr aus, um auf dieser Grundlage Entscheidungen zum Betrieb zu treffen. Für eine vollautomatisierte Steuerung einzelner Anlagenteile oder ganzer Anlagen sind leistungsfähige Onlinemesssysteme idealerweise ohne vorherige Probenaufbereitung notwendig.

Zwar gibt es für verschiedenste Messaufgaben wie Partikelgröße, Form, Farbe oder andere Qualitätsparameter kommerzielle optische Systeme auf dem Markt, diese sind jedoch oft entweder für den Laborbereich oder die chemische- und Pharmaindustrie konzipiert. Der Einsatz in den anspruchsvollen Umgebungen der Kali- und Salzindustrie erfordert häufig umfangreiche Umbauten oder die Anschaffung von Kleinstserien und Einzelstücken mit den damit verbundenen Kosten.

Daher hat das K+S Analytik- und Forschungszentrum in Zusammenarbeit mit den verschiedenen Standorten der K+S Gruppe Systeme zur Erkennung von Farbe oder Korngrößen auf Basis der automatisierten Bildverarbeitung entwickelt. Ein großer Vorteil bei dieser Eigenentwicklung ist die Möglichkeit, das System auf die individuelle Aufgabenstellung des jeweiligen Standortes maßschneidern zu können.

Während kommerziell erhältliche Systeme aufgrund der Serienfertigung häufig viele für den speziellen Einsatzzweck überflüssige Funktionalitäten oder Genauigkeiten mitbringen, kann eine Eigenentwicklung auf das Nötigste reduziert werden, was einen erheblichen Kostenvorteil darstellen kann.

Zudem können solche Systeme in Form von integrierten Lösungen auch zur Erreichung des Standards „Industrie 4.0“ beitragen. So können zum Beispiel auf Grundlage der erstellten Messergebnisse nicht nur Regelungsparameter automatisiert gesteuert werden, sondern auch Fehlermeldungen bei ungewöhnlichen oder undefinierten Messwerten an Prozessleitsysteme verschickt oder Personal per Mobiltelefon informiert werden. Ein möglicher Fernzugriff bei Integration in ein Netzwerk vereinfacht zudem Wartung und Problemfindung.

2 Grundlagen

2.1 Industrielle Bildverarbeitung

Grundsätzlich basieren bildverarbeitende Systeme heute auf einem Kamerasensor, einem Rechner und einer Kommunikationseinheit (1). Dabei ist der Sensor meistens eine industrielle Videokamera mit 2D CCD-Sensor, wobei auch Setups mit Digitalkameras oder mit 1D Zeilensensoren möglich sind.

Die Datenübertragung von Kamera zu Rechner erfolgt in den meisten Fällen entweder per USB bis ca. 5 m Kabellänge oder per Ethernet mit Entfernungen bis 100 m Kabellänge. Größere Entfernungen sind häufig nur noch über ausgebauter Netzwerke mit Knotenpunkten und Verstärkereinheiten zu bewältigen und sollten möglichst vermieden werden. Andere Übertragungswege wie z. B. Camera Link oder WLAN sind auf wenige Spezialfälle begrenzt.

Die zentrale Einheit des Systems ist der Rechner mit der zugehörigen Software. Dieser wertet die erhaltenen Bilddaten aus und übergibt zu den Messwerten korrespondierende Signale an die Kommunikationseinheit. Dabei werden sowohl konventionelle PC-Systeme als auch spezialisierte Industrierechner verwendet. Mittlerweile reichen durch den Einsatz von Mehrkernprozessoren und die allgemeine

Leistungssteigerung der letzten Zeit häufig Heimanwender- oder Gaming-PCs aus, um die meisten Anwendungen abzudecken.

Die eigentliche Prozesssteuerung erfolgt in den meisten Produktionsanlagen zentral durch ein Prozessleitsystem (PLS). Für die Kommunikation von Bildverarbeitung mit PLS ist eine zusätzliche Verbindung notwendig, da in den seltensten Fällen Bildverarbeitung und Prozesssteuerung vom gleichen Rechner übernommen werden. Die häufigsten Schnittstellen sind als Digital- (0–24 VDC) oder Analogschnittstelle (0/4–20 mA bzw. 0–10 VDC) bzw. als Netzwerkschnittstelle (Profibus, TCP/IP, OCP) ausgeführt. Art und Umfang der Schnittstelle hängen von der Komplexität der zu übergebenden Daten ab. Während für einfache Wahr-Falsch-Entscheidungen eine 24 VDC-Digitalschnittstelle ausreicht, kann bei einzelnen Zahlenwerten eine Analogschnittstelle mit 0–20 mA sinnvoll eingesetzt werden. Komplexere Datenströme wie Wertetabellen oder Bilddaten benötigen hingegen meist eine vollständige Netzwerkschnittstelle.

Sogenannte Smart-Cameras sind Kompakteinheiten, die neben dem eigentlichen Sensor auch noch Rechner und eine Ausgabeschnittstelle enthalten. Dies ermöglicht die schnelle und einfache Implementierung, allerdings auf Kosten der Individualisierbarkeit. Sie sind oft dann anzutreffen, wenn die Anwendung einen einfachen Abgleich erfordert, wie das Lesen von Bar- oder QR-Codes oder Toleranzmessungen an Serienbauteilen.

Bei weniger gleichförmigen Aufgaben sind leistungsstärkere Rechner sowie flexibler anwendbare Software notwendig. Die Programmierung erfolgt dann üblicherweise mithilfe objektorientierter Sprachen wie Java, C# oder LabVIEW.

2.2 Aufbauagglomeration

Die Aufbauagglomeration wird gelegentlich auch als Granulierung oder Pelletisierung/Pelletierung bezeichnet. Die häufigsten Anwender sind die Düngemittel- oder Eisenerzindustrie. Ziel ist feinkörnige (Vor-)Produkte zur besseren Handhabung in gröbere Agglomerate zu überführen. Die Zielkorngröße liegt dabei im Bereich 0,2–30 mm bei näherungsweise kugelförmiger Ausprägung (2).

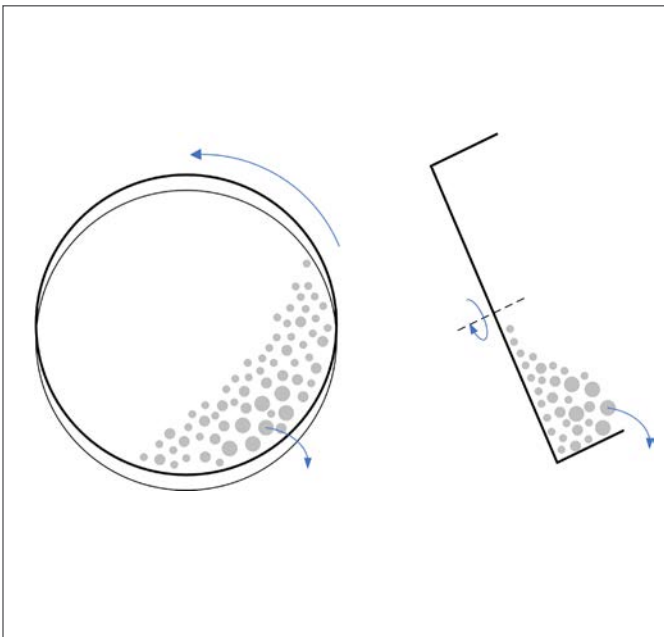


Abbildung 1: Schematische Darstellung der Tellergranulierung von vorne (links) und der Seite (rechts).

Der grundlegende Prozess dabei ist die fortlaufende Anlagerung von kleinen Partikeln an einen Keim, ähnlich einem Schneeball der einen Abhang herunterrollt und dabei immer größer wird. Die Haftung zwischen den Partikeln wird dabei meistens durch die begrenzte Zugabe von Bindemitteln erreicht. Dies können Wasser oder Lösungen aber auch Schmelzen, Dispersionen oder andere Flüssigkeiten sein.

In der Kali- und Salzindustrie sind die am häufigsten verwendeten Bindemittel Wasser oder Salzlösungen, wobei bei der Verwendung von Wasser durch Lösevorgänge während der Agglomeration in-situ Salzlösungen entstehen. Die bindende und härtende Wirkung beruht dann auf dem Auskristallisieren der gelösten Salze während der folgenden Trocknung.

Durch geschickte Wahl und Anordnung der Aggregate kann ein Klassiereffekt erreicht werden, wodurch die Agglomerate bei Erreichen der Zielkorngroße kontinuierlich aus dem Aggregat ausgetragen werden (2). Dabei kann die Korngroße in gewissen Grenzen durch Änderung der Parameter gesteuert werden. Bei einem typischen Granulierteller sind dies Neigung, Drehgeschwindigkeit und die Menge des aufgedühten Bindemittels.



Abbildung 2: Granulierteller am Standort Neuhof-Ellers mit Abwurfschurre.

Dabei gelten folgende drei Grundsätze:

1. Größere Neigung führt zu kleineren Partikeln
2. Größere Drehgeschwindigkeit führt zu kleineren Partikeln
3. Größere Bindemittelmenge führt zu größeren Partikeln

Gleichzeitig beeinflussen Neigung und Drehgeschwindigkeit durch die resultierende Verweilzeit direkt den Durchsatz der Anlage. Durch die Notwendigkeit eines Abrollens der Partikel zur Anlagerung von frischem Feinmaterial ist jedoch die Geschwindigkeit durch die kritische Drehzahl begrenzt. Bei Überschreiten dieser rollen die Partikel nicht mehr ab, sondern werden durch die Zentrifugalkraft an den Tellerrand gedrückt. Zudem kann auch die Neigung nicht beliebig erhöht werden, da sonst die Rollbewegung in einen Fall übergehen würde.

Daher ergibt sich im Betrieb ein komplexer Zusammenhang von Neigung, Drehgeschwindigkeit und Bindemittelmenge im Hinblick auf gewünschte Zielkorngroße und Durchsatz.

3 Automatisierung der Granuliertellerbedüsung

Ein Großteil des am Standort Neuhof-Ellers gewonnenen Kieserits ($\text{MgSO}_4 \cdot \text{H}_2\text{O}$) wird als granuliertes Produkt mit einer Korngröße im Bereich 2–5 mm verkauft. Da allerdings zur Aufreinigung im ESTA® Verfahren das geförderte Rohsalz auf eine Korngröße von $< 1,2$ mm zerkleinert werden muss, ist eine anschließende Granulierung des Vorproduktes notwendig. Dies geschieht mittels einer Aufbauagglomeration auf schräg gestellten Granuliertellern unter Verwendung von warmer MgSO_4 Lösung als Bindemittel.

3.1 Ausgangssituation und Fragestellung

Da die Regelung der Korngröße durch Verstellen der Neigung oder Geschwindigkeit der Granulierteller, wie oben schon beschrieben, auch einen Einfluss auf den Durchsatz hätte und gleichzeitig auch mit größerem technischem Aufwand einhergeht, wird die Korngröße am Standort Neuhof-Ellers durch die Variation der Bindemittelmenge gesteuert. Diese Steuerung wurde lange Zeit von einem verantwortlichen Mitarbeiter per Hand übernommen, der dazu pro Granulierteller jeweils mehrere Kugelhahnventile zur Verfügung hatte.

Zuerst beurteilte der zuständige Mitarbeiter anhand einer händisch vom Tellerabwurf genommenen Probe subjektiv optisch die Korngröße und passte dementsprechend die Bindemittelmenge „nach Gefühl“ mittels der Kugelhähne an. Durch eine gewisse Trägheit des Systems musste dieses Vorgehen in regelmäßigen Abständen wiederholt werden. Eine objektive Beurteilung des Produktes fand nur anhand einer stündlichen Sammelprobe nach der Trocknung statt. Dadurch konnte auf Probleme nicht zeitnah reagiert werden. Zudem kam es häufig zu „Überschwingern“ durch die Eigendynamik des Systems, durch den zeitlichen Versatz zwischen einer Fehleinschätzung seitens des Mitarbeiters und der Korrektur durch die stündliche Siebanalyse.

Zudem bedurfte die Beurteilung der Korngröße und die daraus resultierende Anpassung der Bindemittelmenge einer gewissen Erfahrung, was die Einarbeitung von neuen Mitarbeitern erheblich erschwerte.

Vor dem Hintergrund von geplanten Produktionssteigerungen und wiederholten Kundenreklamationen wegen nicht

spezifikationsgerechter Korngröße des Produkts entwickelte der Standort zusammen mit dem AFZ die Idee einer automatisierten Steuerung der Bindemittelmenge durch optische Auswertung der Korngröße am Tellerabwurf.

3.2 Entwicklung der automatisierten Partikelanalyse

Aufgrund des geringen zur Verfügung stehenden Bauraumes am Tellerabwurf und dem Umstand, dass das frisch granuliert Material noch stark klebrig ist, kam keine automatisierte Probenahme mit Zuführung zu einem externen Messgerät in Frage. Vor diesem Hintergrund entschied sich der Standort für eine Online Lösung direkt an der Abwurfschurre der Granulierteller. In einem ersten Versuch der beauftragten Fremdfirma sollte sich dabei die Kameraeinheit oberhalb der Schurre befinden und die Partikel auf jener fotografieren. Um einen für die Auswertung ausreichenden Kontrast zwischen Partikel und Hintergrund zu erreichen, wurde ein klassischer Durchlichtaufbau gewählt, wobei in die Abwurfschurre ein „Fenster“ eingebaut und dahinter eine Flächenbeleuchtung installiert worden ist. Diese Lösung lieferte im Labor und in kurzen Betriebsversuchen bei der Auswertung der Partikelgröße am Tellerabwurf zwar sehr gute Ergebnisse, erwies sich jedoch in Langzeitversuchen als nicht funktional. Der noch feuchte Kieserit neigte vor allem an der Fuge zwischen Schurre und „Fenster“ dazu anzuhaften, was zu einer Art „Sprungschanze“ für die Partikel führte, die dann aus der Fokusebene der Kamera katapultiert und nicht mehr ordnungsgemäß ausgewertet wurden. Weiterhin kristallisierte nach einiger Zeit durch die Bedüsung fein zerstäubter Kieserit aus der Umgebung an der Scheibe und führte zu einer zunehmend lichtundurchlässigen Schicht. Dadurch wurde der Kontrast immer schlechter und führte zu einer unzuverlässigen Auswertung. Eine Reinigung der Scheibe war jedoch aufgrund der Einbausituation nur zu Anlagenstillständen mit sehr hohem Aufwand und keinesfalls in den notwendigen Abständen möglich.

Daher verlagerte das Team die Entwicklung hin zu einem eigenen Auflichtsystem, bei dem sowohl Kamera als auch Beleuchtung oberhalb der Schurre angebracht sind. Dadurch entfiel die Notwendigkeit eines „Fensters“ in der Schurre und diese konnte wieder einteilig ohne Fugen ausgeführt werden, wodurch es nicht mehr zu Anbackungen und springenden Partikeln kam. Zudem erlaubte der Aufbau so einen Zugang für Wartung und Reinigung aller



Abbildung 3: Kamerasystem im Aufsichtverfahren direkt am Tellerabwurf.

Komponenten jederzeit auch während des laufenden Anlagenbetriebs. Allerdings ist die Farbe der grau weißen Kieseritpartikel der Stahlschurre sehr ähnlich, was nun zu einem stark reduzierten Kontrast gegenüber dem Durchlichtaufbau führte. Zusätzlich kommt es bei der notwendigen versetzten Positionierung von Lichtquelle und Kamera zwangsläufig zu einem Schattenwurf der Partikel. Da während der Auswertung jedoch anhand eines Schwellwertes zwischen „Partikel“ und „Kein Partikel“ unterschieden wird, kam es durch den geringen Kontrast in Verbindung mit dem Schattenwurf immer wieder zu einem Nichterkennen der Partikel oder ein Fehlerkennen des Schattens.

Zwar konnte das Problem des Schattenwurfes durch die zusätzliche Verwendung einer zweiten, um 180° zur ersten versetzten Lichtquelle reduziert werden, jedoch bedeutete dies durch die stärkere Beleuchtung eine weitere Verringerung des Kontrastes, sodass das System weiterhin nur schlecht reproduzierbare Werte lieferte.

Die Lösung für mehrere Probleme lieferte dann die Einführung eines LED Ringlichtes, wobei Kamera und Licht-

quelle zentriert im gleichen Gehäuse untergebracht sind. Dadurch reduziert sich zum einen der Wartungsaufwand weiter, weil nur noch eine einzige Scheibe regelmäßig gereinigt werden muss, zum anderen kommt es bei dieser Beleuchtungsform zu keinem Schattenwurf mehr, da die Partikel gleichmäßig aus jeder Richtung ausgeleuchtet werden. Zudem konnte so zusätzlich die nötige Beleuchtungsstärke stark reduziert werden was zu weniger Reflexion an der Abwurfschurre und damit zu einem besseren Kontrast zwischen Hintergrund und Partikel führt.

Durch diese konzeptionellen Änderungen ist ein System entstanden, welches mit äußerst geringem Wartungsaufwand eine reproduzierbare und zuverlässige Auswertung der Partikelgröße online am Abwurf der Granulierteller zur Verfügung stellt und damit die automatisierte Steuerung der Bindemittelmenge ermöglicht.

Zeitgleich stellte jedoch auch die Umstellung der bisher zur Steuerung der Bindemittelmenge verwendeten einfachen Kugelhähne hin zu automatisiert verstellbaren Ventilen das Team vor Herausforderungen.

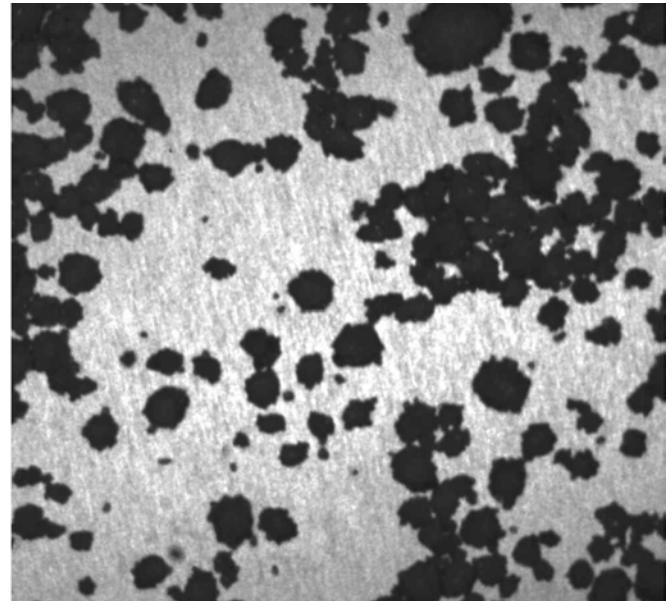
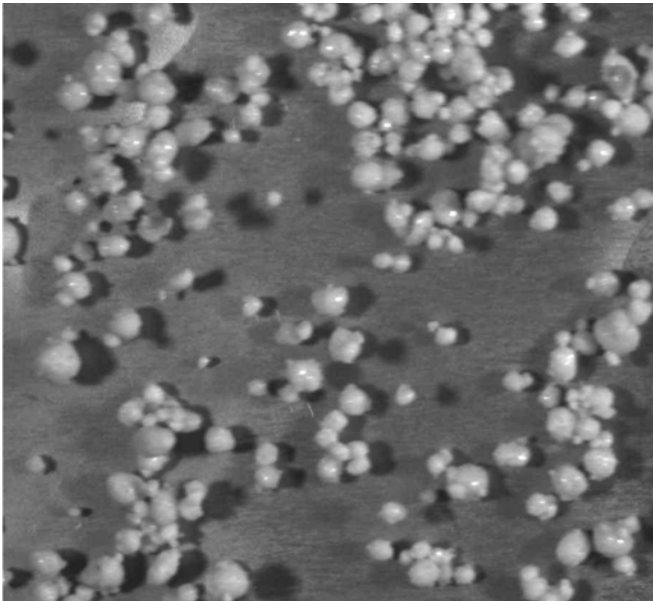


Abbildung 4: Vergleich der Aufnahmen mit einfacher seitlicher Beleuchtung (links) und Ringlicht (rechts). Gut zu erkennen der Schattenwurf bei seitlicher Beleuchtung.

Ein Hauptproblem bildet die als Bindemittel verwendete warmgesättigte MgSO_4 Lösung. Diese kühlt sich an den auf die Kugelhähne aufgesetzten Zerstäuberdüsen durch den Druckverlust ab und es kommt durch eine lokale Übersättigung zum Auskristallisieren von Bittersalz ($\text{MgSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$), wodurch die Düsen vor allem bei geringen Durchflussmengen verstopfen. Durch die bisher ständig notwendige Kontrolle des Mitarbeiters konnten Verstopfungen allerdings schnell erkannt und beseitigt werden. Zusätzlich führte die „Handfahrweise“ auch dazu, dass der Mitarbeiter alle Hähne regelmäßig bewegte und so Verstopfungen vorbeugte.

Durch die Einführung der automatisierten Steuerung konnte es jedoch passieren, dass einzelne Ventile über einen längeren Zeitraum nicht bewegt wurden, da eine zufällige Auswahl des zu ändernden Ventils einen erheblichen Programmieraufwand bedeutet hätte. Gleichzeitig würde aber eine einfach zu realisierende regelmäßige „Bewegungsfahrt“ des Ventils zu starken Schwankungen in der Bindemittelmenge und damit in der Korngröße führen. Dadurch kam es häufig zu länger unentdeckten Verstopfungen, da die Steuerung auch in der Lage war einzelne Verstopfungen durch das Öffnen weiterer Ventile auszugleichen. Erkannt wurden Verstopfungen erst, wenn die Steuerung nicht mehr genügend freie Ventile zur Verfügung hatte, um die nötige Bindemittelmenge zu erreichen.

Problematisch ist dies vor allem deswegen, weil Bittersalz beim Auskristallisieren mehr Wasser als Kristallwasser bindet als in der gesättigten Lösung vorhanden ist, wodurch es zu einer Kettenreaktion kommt und nicht nur die Düse verstopft, sondern auch die zugehörige Leitung. Je nachdem wie lange die Verstopfung nicht erkannt wurde, konnte so die komplette Leitung inklusive des Ventiles verstopfen, was einen erheblichen Reinigungsaufwand und eventuell sogar einen Anlagenstillstand bedeutete.

Gelöst werden konnte das Problem in diesem Bereich durch eine Zweiteilung der Bindemittelzuführung. Dabei wurden einige Ventile nicht mehr analog ausgeführt, sondern durch solche ausgetauscht, die nur entweder voll geschlossen oder voll geöffnet sind. Diese „Digitalventile“ werden nun mit warmer MgSO_4 Lösung beaufschlagt und für die Grundversorgung des Granuliertellers mit Bindemittel verwendet. Durch die vergleichsweise hohe Durchflussrate in geöffnetem Zustand sind hier Verstopfungen selten. Die restlichen Ventile werden weiterhin stufenlos geregelt, allerdings nur noch mit warmem Wasser beaufschlagt, um Verstopfungen gerade bei kleinen Öffnungswinkeln zu vermeiden. Diese Ventile werden zur Feinjustierung der Bindemittelmenge und dadurch letztlich zur Steuerung der Korngröße am Tellerabwurf verwendet.

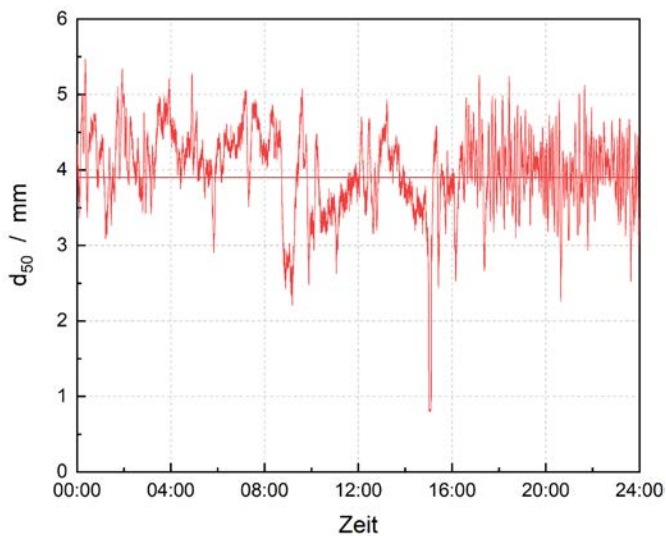


Abbildung 5: Verlauf des d_{50} über 24 h bei händischer Steuerung der Bindemittelmenge durch einen Mitarbeiter.

3.3 Verbesserungen durch die Automatisierung

Wie schon weiter oben beschrieben bedurfte die Beurteilung der Korngröße und die daraus abzuleitende Änderung der Bindemittelmenge einiger Erfahrung seitens der Anlagenfahrer sowie intensiver Beobachtung der Reaktion des Gesamtsystems, wodurch mindestens ein Mitarbeiter ständig gebunden war. Selbst bei idealen Voraussetzungen schwankte die mittlere Korngröße oft bis zu 1 mm um den Sollwert, da kleine Änderungen für das menschliche Auge nur schwer erkennbar sind. Dadurch kam es immer wieder zu starken Abweichungen im Produkt.

Durch die Anwendung der optischen Partikelanalyse und der darauf aufbauenden automatisierten Steuerung der Bindemittelmenge konnte die Schwankung der mittleren Korngröße auf etwa 0,3 mm um den Sollwert verringert werden, da auch kleine Änderungen vom System frühzeitig erkannt werden und die Bindemittelmenge zeitnah angepasst wird. Dadurch kommt es auch nur noch in Ausnahmefällen, wie Anlagenstörungen, zu den erwähnten „Überschwingern“ des Gesamtsystems als Folge von immer stärkerem Gegensteuern. Zudem entsteht durch die bessere Einhaltung der Sollkorngröße weniger Über-

Literaturverzeichnis

1. Demant, Christian, Streicher-Abel, Bernd und Waszkewitz, Peter. Industrielle Bildverarbeitung: Wie optische Qualitätskontrolle wirklich funktioniert. s.l.: Springer, 2013.
2. Heinze, Gerald. Handbuch der Agglomerationstechnik. s.l.: Wiley-VCH, 2000.

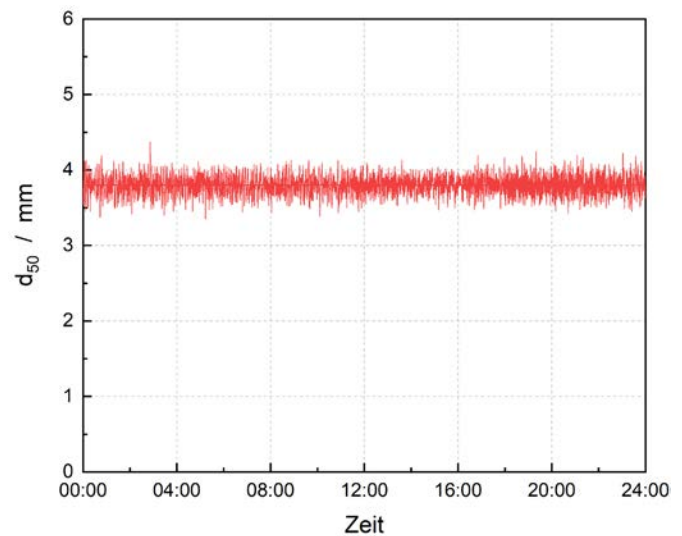


Abbildung 6: Verlauf des d_{50} über 24 h bei automatischer Steuerung der Bindemittelmenge anhand der optische Partikelanalyse.

beziehungsweise Unterkorn, welches den Anlagenkreislauf belastet. Gleichzeitig wurde die anfallende Menge an Umlaufgut vergleichmäßigt, was eine bessere Anlagenausnutzung ermöglicht.

Insgesamt führen die Verbesserungen zu einer Produktionssteigerung von bis zu 10 % bei gleichzeitig verlässlicher eingehaltener, spezifikationsgerechter Korngrößenverteilung.

4 Zusammenfassung

Am vorangestellten Beispiel am Standort Neuhoof Ellers konnte gezeigt werden, dass eine Vereinfachung des Produktionsablaufes sowie eine Effizienzsteigerung der Anlage durch die Verwendung einer optischen Partikelanalyse möglich ist. Gleichzeitig konnte ein bisher nicht verfügbares Online-System ohne die Notwendigkeit einer Probenahme implementiert werden.

Die Positionierung direkt am Tellerabwurf erlaubt nicht nur eine Überwachung, sondern über automatisierte Steuerung der Bindemittelmenge auch eine direkte und zeitnahe Beeinflussung der Korngröße des Produktes.



Sicherheit auf winterlichen Straßen

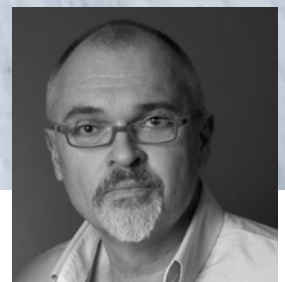
Auftausalz – ökologisch und wirtschaftlich betrachtet

Ein effizienter Winterdienst hat, das belegen Studien eindrucksvoll, einen hohen Nutzen für die Volkswirtschaft. Entscheidend dafür sind allerdings die Auswahl der Streu- und Auftaumittel sowie die technische Ausstattung der Winterdienstorganisationen. In beiden Feldern hat sich Deutschland in den zurückliegenden Jahrzehnten eine Vorreiterrolle im internationalen Vergleich erworben.

Safety on wintry roads

De-icing salt – from an ecological and economic perspective

Studies show that efficient winter maintenance impressively demonstrate, has a high benefit for the national economy. However, the choice of gritting and de-icing materials and the technical equipment of the winter maintenance organisations are crucial to this. In both areas, Germany has played a pioneering role in an international comparison over the past few decades.



Andreas J. Schulte
Freier Wissenschafts-
journalist, Andernach

Der reibungslose Ablauf des Straßenverkehrs ist für unsere Volkswirtschaft von herausragender Bedeutung. Leistungsfähige Straßen bilden das Rückgrat des Verkehrs und somit auch unserer Wirtschaft. „Der Straßengüterverkehr ist der mit Abstand wichtigste Verkehrsträger in Deutschland“, sagt das Statista Research Department, „im Jahr 2023 lag die transportierte Gütermenge bei rund 3,4 Milliarden Tonnen.“ Zu der volkswirtschaftlichen Bedeutung kommt die individuelle Freiheit jedes einzelnen. Zu jedem Zeitpunkt von einem Ort zum anderen zu gelangen, sei es zum Arbeiten, Einkaufen oder zum Erholen, ist ein wesentlicher Bestandteil unserer Lebensqualität. Für alle Verkehrsteilnehmer ist es selbstverständlich, von Witterungseinflüssen ungehindert mobil sein zu können und jederzeit sicher zu befahrende Verkehrswege vorzufinden. Das gilt in heutigen Zeiten auch für nicht-motorisierte Verkehrsmittel, wie das Fahrrad.

Winterdienstorganisationen sichern mit ihrer Arbeit den Straßenverkehr im Winter und sorgen für befahrbare Straßen. Dass diese Arbeit angesichts der weltweiten Klimaerwärmung in Zukunft überflüssig wird, halten Meteorologen für ausgeschlossen. „Auch wenn wir uns langfristig dem mediterranen Klima annähern, können aber aufgrund der natürlichen Wettervariabilität winterliche Witterungsverhältnisse auch in Zukunft nie vollständig ausgeschlossen werden“, erklärt Dr. Peter Hoffmann. Der Meteorologe vom Potsdam-Institut für Klimafolgenforschung untersucht die Langzeit-Wetterveränderungen im Zusammenhang mit dem Klimawandel. „Schon kleine Abweichungen der Temperaturverhältnisse können das winterliche Witterungsgeschehen stark beeinflussen. Die Wetterlage und somit der großräumige Transport von Luftmassen bestimmt über das Ob, und wenn ja, über die Art der Niederschlagsform. Bei

Temperaturen um den Gefrierpunkt geht Regen in Schneefall über. Wenn es in Deutschland flächendeckend schneit, dann sind die Auslöser dafür in der Regel kritische Wetterlagen, bei denen Luftmassen polaren Ursprungs nach Süden ausbrechen. Auf dem Weg über die Nord- bzw. Ostsee kommt dann noch Feuchtigkeit hinzu – das sind Idealbedingungen für flächendeckenden Schneefall.“ Der Wissenschaftler geht davon aus, dass die Klimaerwärmung dafür sorgt, dass es nicht mehr so häufig, dafür dann aber mehr schneien wird.

Das ist die Herausforderung, der sich die Winterdienstorganisationen stellen müssen. Nasskaltes Wetter, Temperaturen um den Gefrierpunkt und damit verbunden Reifglätte und überfrierende Nässe haben in den letzten Jahren in weiten Teilen Deutschlands die Winter bestimmt. Dazu die ständige Möglichkeit, dass innerhalb von wenigen Tagen, wie in Süddeutschland 2023, heftige Schneefälle den Verkehr lahmlegen können.

Dass an den meisten Wintertagen auf bundesdeutschen Straßen der Verkehr reibungslos fließt, liegt nicht zuletzt an Technologien, die in Deutschland entwickelt und mittlerweile weltweit zum Standard geworden sind. Dies belegt eine Umfrage in sechzehn verschiedenen Ländern, die das Technische Komitee Winterdienst der Weltstraßenvereinigung PIARC durchgeführt hat. Ergebnisse aus Kanada, den USA, Japan, Korea und Europa kamen so zusammen. „Die Umfrage wurde deshalb initiiert, um überhaupt einmal zu sehen, wie international der derzeitige technische Stand in puncto Winterdienst aussieht“, erklärt Dr. Horst Hanke, Vorsitzender des Fachausschusses Winterdienst der Forschungsgesellschaft für Straßen- und Verkehrswesen. Winterdienst-Erfahrungen von mehr als 980.000 Kilometern Landstraße flossen in die Umfrage ein. „Die Entwicklung vollzieht sich in allen Ländern relativ gleichartig“, so Dr. Hanke, „das heißt, man hat ganz früher abstumpfende Streumittel ausgebracht, davon ist man aber auf Straßen weitgehend abgekommen. Es gibt eine Entwicklung zum Salzstreuen auf den wichtigen Straßen, eine Entwicklung zum Feuchtsalz und eben die Entwicklung zur vorbeugenden Streuung mit reiner Salzlösung.“

Winterdienst: Großer wirtschaftlicher Nutzen

Der wirtschaftliche Nutzen eines effektiven Winterdienstes lässt sich eindrucksvoll belegen. Zwei Untersuchungen der Technischen Hochschule Darmstadt haben schon vor Jahren den Nutzen des Winterdienstes in ausführlichen Studien quantifiziert. Der Verlauf der Unfallrate vor und nach Winterdiensteinsätzen zeigt, dass die Zahl der Unfälle in den Stunden vor dem Einsatz mit zunehmender Winterglätte stetig ansteigt. Bereits unmittelbar nach der Durchführung des Winterdienstes sinkt sie aber rasch auf ein deutlich niedrigeres Niveau ab. Hochgerechnet auf alle Landstraßen in der Bundesrepublik Deutschland und die heutigen Fahrleistungen vermeidet der Winterdienst mit Auftausalz schon innerhalb der ersten Stunden nach seinem Einsatz rund 7.500 Unfälle mit Personenschäden (davon etwa 2.200 Unfälle mit Schwerverletzten oder Getöteten). Diese Zahlen zeigen, dass bei Winterglätte nicht nur die Zahl der Bagatellunfälle ansteigt, sondern insbesondere auch die Zahl der schweren Personenschäden überdurchschnittlich zunimmt. Durch rechtzeitigen und effizienten Winterdienst wird die Zahl der schweren Personenschäden besonders stark reduziert.

Natriumchlorid als optimales Streumittel

Entscheidend für den Erfolg ist allerdings auch die Wahl des richtigen Auftaumittels, auch dies hat die PIARC Studie eindrucksvoll belegt. Auftausalz, also Natriumchlorid, ist das optimale Mittel, um winterliche Straßen sicherer zu machen. Abgesehen von den nordskandinavischen Regionen, in denen mehrere Monate lang tiefe Minustemperaturen herrschen und es keinen Sinn machen würde, dort regelmäßig Schnee anzutauen, der dann wieder gefriert, hat sich Auftausalz als ideales Mittel im Kampf gegen glatte Straßen erwiesen. „Interessant ist, dass in den USA und in Japan sehr viel geforscht wurde und man hat immer wieder versucht, Alternativen zum Salz zu finden“, erläutert Dr. Horst Hanke. „Da sind Millionen an Forschungsgeldern geflossen. Die Amerikaner haben zum Beispiel ganz systematisch alle möglichen Auftaumittel, verschiedene Salze, Alkohole, Zucker erforscht und in Praxisversuchen getestet. Zum Schluss kam immer wieder heraus, dass das Beste in Bezug auf alle Aspekte – Handhabbarkeit, Verfügbarkeit, Preis – letztlich das Natriumchlorid ist.“

Einsparungen innerhalb einer Winterperiode durch Auftausalz in der ersten Stunde nach dem Einsatz:

- 800 Mio. Euro auf Außerortsstraßen
- 200 Mio. Euro auf Autobahnen
- 1.300 Jahre Reisezeit
- 16,5 Mio. Liter Kraftstoff
- 40.000 t CO₂ (entspricht etwa 0,2 % aller Verkehrsemissionen)



Ökologische Vorteile

Diese Einschätzung gilt auch, wenn man Natriumchlorid unter ökologischen Gesichtspunkten betrachtet. Auftausalz weist hinsichtlich Primärenergieverbrauch, Treibhauspotenzial und Kosteneffizienz deutliche Vorteile gegenüber organischen Auftaumitteln und abstumpfenden Streumitteln im Straßenwinterdienst auf.

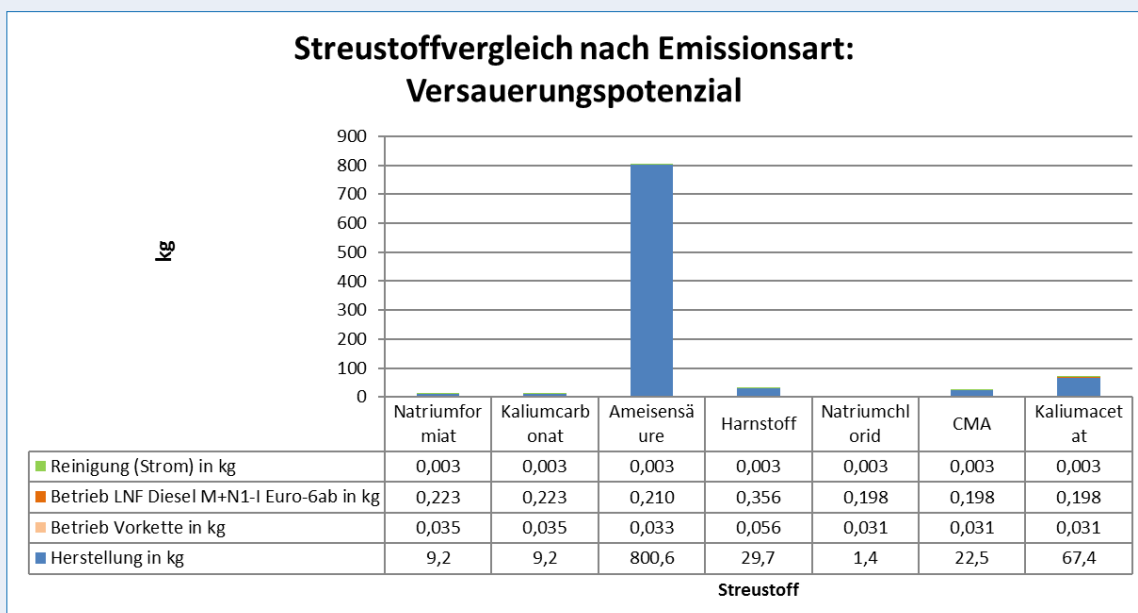
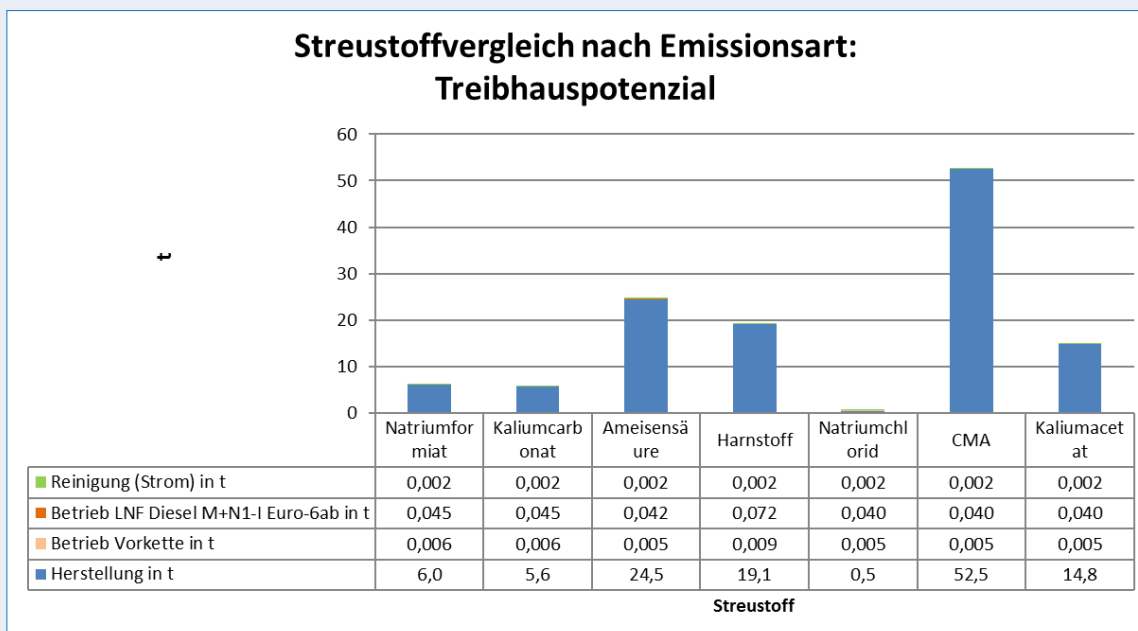
Auch im Vergleich der verschiedenen auftauenden Stoffe untereinander ist Natriumchlorid die wirtschaftlichste und umweltfreundlichste Lösung. Splitt beispielsweise ist weder wirtschaftlich noch ökologisch für kommunale Straßen eine Alternative zu Auftausalz. Dies ist das Ergebnis der von Öko-Institut e.V. und Hydrotex GmbH durchgeführten Studie zur Bewertung des ökologischen und wirtschaftlichen Nutzens von chemischen Auftaumitteln.

Die Studie wurde im Auftrag des Umweltbundesamtes durchgeführt. Untersucht wurden Auftaumittel auf Formiat-Basis, Calcium-/Magnesiumacetat, herkömmliches Auftausalz, Calciumchlorid sowie abstumpfende Streumittel (z. B. Splitt) im kommunalen Winterdienst. Im ökologischen Vergleich der Streu- und Enteisungsmittel wurde eine orientierende Ökobilanz erstellt. Auch dort, wo aus Gründen der Verkehrssicherheit, der Rechtssicherheit und Wirtschaftlichkeit Auftaumittel erforderlich sind, stellt sich trotzdem die Frage, ob es nicht eine geeignetere Alternative zum heute üblichen Auftausalz, dem Natriumchlorid, gibt. Immer wieder werden solche Mittel angeboten und auch (weltweit) getestet.

Im Rahmen einer Studie in Hamburg, gefördert durch das Bundesverkehrsministerium, wurden jüngst die verschiedenen auftauenden Stoffe vergleichend untersucht und dabei wiederum bestätigt, dass Natriumchlorid unter allen Alternativen die mit Abstand beste Lösung darstellt. Insbesondere hinsichtlich der Umweltauswirkungen (Ökobilanz) ist NaCl den anderen Taumitteln deutlich überlegen. Das Treibhauspotential und die Energiebilanz [s. Abb. S. 28] fallen sehr günstig aus, was in den heutigen Zeiten deutliche Argumente für den Salzeinsatz sind.

Entwicklungen „Made in Germany“

Das sogenannte überörtliche Straßenverkehrsnetz in Deutschland, also die Gesamtlänge der bundesdeutschen Autobahnen, Bundesstraßen, Landes- und Staatsstraßen sowie Kreisstraßen, umfasste laut Bundesverkehrsministerium im letzten Jahr 229.721 Kilometer. Das ist mehr als der 5,7-fache Erdumfang. Um dieses umfangreiche Straßennetz für die Verkehrsteilnehmer auch bei Eis und Schnee sicher befahrbar zu halten, wurden in den zurückliegenden Jahrzehnten neue Technologien entwickelt. Deutschland kann, so der Winterdienstexperte, stolz darauf sein, dass viele dieser Entwicklungen „Made in Germany“ sind. „Gerade das Feuchtsalz (FS30) ist in Deutschland entwickelt worden und ist mittlerweile weltweit Standard. Es gibt also praktisch kein wichtiges Industrieland, das im Winterdienst nicht Feuchtsalz auf den Straßen einsetzt.“



Quelle: Technische Universität Dresden / Stadtreinigung Hamburg: E-WIN - Effizienter Winterdienst auf Radverkehrsanlagen in deutschen Städten am Beispiel der Stadt Hamburg, Dresden/Hamburg 2023

Folgende Faktoren sprechen für den Einsatz von Natriumchlorid als Auftaumittel:

- mit Abstand beste Ökobilanz
- Naturprodukt
- beste Tauleistung, d. h. geringste Mengen erforderlich
- Tauwirkung in den für Deutschland üblichen Temperaturbereichen gegeben
- in großen Mengen in Deutschland verfügbar
- gut lagerbar und handhabbar
- mit Streugeräten einfach auszubringen
- günstigste Kosten



Die Idee, reine Salzlösung (FS 100) vorbeugend gegen Glatt-eis einzusetzen, wurde zwar nicht in Deutschland entwickelt, aber nachdem man auf bundesdeutschen Straßen damit positive Erfahrungen gemacht hat, hat sich der Einsatz von Salzlösung auch international etabliert. Untersuchungen haben nachgewiesen, dass mit Feuchtsalz (FS30) gegenüber dem Trockensalz eine deutlich schnellere und bessere Wirkung auf der Straße zu erzielen ist und dies bei gleichzeitiger Salzeinsparung von mindestens 25 %. Zudem sind vorbeugende Einsätze nur mit Feuchtsalz statt Trockensalz möglich, da das Salz auf der Fahrbahn besser haftet. Weniger Wehverluste und damit Salzfrachten für die Seitenräume der Straßen bieten einen weiteren wesentlichen Vorteil. Feuchtsalz und Sole punkten auch bei der wirtschaftlichen Betrachtung. Die Einsparungen überwiegen in allen Fällen die notwendigen Investitionen für Fahrzeuge, Sole-tanks und Mixanlage in kürzester Zeit. Für alle Einsatzgebiete (Außerorts- und Innerortsstraßen) ist die Feuchtsalzzstreueung der Trockensalzzstreueung vorzuziehen. Trockensalz wird heute nicht mehr als Stand der Technik empfohlen.

Neue Technologien

Aber nicht nur bei den eingesetzten Streumitteln hat Deutschland eine Vorreiterrolle. Ein Beispiel: Für die Ausbringung von Salzlösung braucht man Sprühdüsen, für die Ausbringung von Feuchtsalz einen sogenannten Streuteller. Mittlerweile gibt es die Möglichkeit, über einen Streuteller entweder Salzlösung oder Feuchtsalz auf die Straße zu bringen – und das ohne große Umbauarbeiten. Der Landesbetrieb Mobilität Rheinland-Pfalz will die neue Technik nach eigenen Aussagen für künftige Ausschreibungen als technisches Kriterium angeben. Drazan Bunoza, Leiter der rheinland-pfälzischen Autobahnmeisterei Mendig, verweist darauf, dass es derzeit nur wenige Streumaschinenhersteller gibt, die normgeprüfte Streumaschinen anbieten, die mit dem Streuteller sowohl reine Sole als auch Feuchtsalz ausbringen können. Doch genau diese Prüfung nach Norm DIN EN15597 ist entscheidend, denn das Bundesverkehrsministerium hat in einem Rundschreiben angeordnet, dass bei der Durchführung von Winterdienst auf Bundesfern-

PRODUKT UND ANWENDUNG

straßen (B-Straßen und Autobahnen) nur Maschinen genutzt werden dürfen, die vorher eine Normprüfung nach der genannten Norm absolviert haben. Für alle anderen klassifizierten Straßen ist es zwar nicht unbedingt notwendig, aber sehr ratsam, da nur durch eine Normprüfung gewährleistet ist, dass die Streumaschine ordnungsgemäß arbeitet.

Generell beurteilt Dražan Bunoza die neue Technologie sehr positiv. Die Autobahnmeisterei Mendig hat das Ganze bereits ausgiebig getestet. „Die bisherigen Erfahrungen sind sehr gut“, so Bunoza. „Wir nutzen diese Streumaschine bereits im dritten Winter. Aufgrund der nicht so großen Solekapazitäten (beschränkte Achslasten) werden mit dem Volumen von 4.500 Liter Sole hauptsächlich die Rampen der Anschlussstellen und in den Autobahnkreuzen bedient. Die Streustoffausbringung von FS 100 ist zuverlässig und sicher. Bisher konnte der Winterdienst mit diesem Gerät sehr sicher und unfallfrei getätigt werden. Auch die Fahrbahn wird vereinzelt mit dieser Streumaschine eingesprüht, so dass auch bestätigt werden kann, dass Fahrbahnbreiten von bis zu zwölf Meter sicher mit Sole benetzt werden.“

Eine Technik, die sich in den kommenden Jahren möglicherweise auch international durchsetzen wird. „Wir sind hier in gewissem Maße auch Trendsetter, weil wir aus internationaler Sicht bedeutende Gerätehersteller im Land haben, die neue Techniken entwickeln bzw. vorhandene Technologien weiterentwickeln“, so Dr. Horst Hanke.

Verbesserungsmöglichkeiten

An einem Punkt können die Verantwortlichen im deutschen Winterdienst aber nach Meinung von Dr. Hanke durchaus noch von den Erfahrungen anderer Länder profitieren. Denn in der PIARC-Umfrage wurden nicht nur die eingesetzten Streumittel abgefragt, es ging auch um die Standards, also den sogenannten Level of Service. „Im Bezug auf die Umlaufzeiten, auf die Geschwindigkeit, mit der z. B. Autobahnen geräumt und gestreut werden, haben andere Länder höhere Standards als wir. In den Niederlanden hat man hier viel kürzere Umlaufzeiten. Dies haben wir auch mit dem Bundesverkehrsministerium besprochen. Letztlich ist das natürlich eine Frage, wie viele Fahrzeuge eingesetzt werden und damit auch eine Investitionsfrage.“

Und auch noch in einem anderen Punkt sind uns andere Länder, wie die Niederlande oder Dänemark, voraus. Stichwort Winterdienst auf Radwegen. Hier erwartet Dr. Hanke in den kommenden Jahren auch in deutschen Kommunen eine deutliche Ausweitung der Winterdienstaktivitäten, um eben auch das Radwegenetz in den Winterdienst einzubeziehen.

Fazit: Deutschland hat in vielen Bereichen des Winterdienstes internationale Standards gesetzt. Für die kommenden Jahre kann man erwarten, dass sich neue Techniken und Maßnahmen, wie z. B. der Winterdienst mit Auftausalz oder Sole auf Radwegen, bundesweit etablieren werden.





Verband der Kali- und Salzindustrie e.V.