

Kali und Steinsalz



Knudsen, Steinhage

Von Brüssel über Berlin und Bremerhaven
nach Europa: Die Wasserrahmenrichtlinie

Reitermayer, Karschin

Die Produktion von Magnesiummetall im Kaliwerk Wintershall
in Heringen (Werra) – Eine historische Betrachtung

Linsinger, Radtke

Entwicklung von niedrigschmelzenden Salzmischungen auf Basis
von NaCl/KCl zur Anwendung in solarthermischen Kraftwerken

Gransee

Kalium und Magnesium für eine effiziente
Wassernutzung und sichere Erträge

Knudsen, Steinhage: From Brussels to Berlin and Bremerhaven to Europe: The Water Framework Directive

The so called Water Framework Directive is a crucial part of the European environmental legislation. Its appearance, implementation in national law and the upcoming court proceedings of administrative acts are already a piece of European Union history in environmental policy. This article focuses on the genesis of the directive under the aspect of the use of water in industrial and mining activities.

Reitermayer, Karschin: The Production of Magnesium Metal at the Wintershall Potash Plant, Heringen (Werra) – A Historical Review

Magnesium – as well as aluminum and titanium – belongs to the light metals, which are widely used as engineering materials. Especially magnesium is characterized by its very low density, thus the engineering metal with the lowest specific weight. Germany was the first country producing magnesium on an industrial scale. The production began in the late 19th century and increased heavily in the 20th century, therefore magnesium has long been referred to as the „German metal“. Initially the production of civilian goods was the main driving force, but with the beginning of the German warmongering almost the entire magnesium production was used for military purposes. Besides the IG Farben, Wintershall A.G. began in 1935 at Heringen, Werra with the

production of magnesium under the brand name „MAGNEWIN“ – MAGNESium from WINTershall. This article describes the production methods used at that time in Germany, presents products and marketing and provides an insight into today's situation of the magnesium market and new production opportunities, also from the point of view whether a production of magnesium in Europe could be competitive today.

Linsinger, Radtke: Development of Chloridic Molten Salt for Use as Heat Transfer and Heat Storage Medium in Solar Thermal Power Plants

Within the context of the transition towards renewable energy resources, solar parabolic trough power plants are an especially promising alternative to conventional fossil fuel or nuclear power plants. However, the limited thermal stability of the currently used heat transfer fluids (thermal oil up to approx. 400 °C, nitrate salt mixtures up to approx. 580 °C) limits the efficiency of the steam turbines used for the generation of electrical power. In the project High Performance Solarthermie (HPS), innovative inorganic salt mixtures based on sodium chloride and potassium chloride have been identified as potential alternative heat transfer fluids for solar parabolic trough power plants. Apart from their availability, chloride salts feature an improved thermal stability, which allows for increased operating temperatures of up to approx. 600 °C. To that aim, chloride salt mixtures have been investigated

to find optimized compositions for future heat transfer fluids with low melting points ($T_m \leq 150 \text{ °C}$) and high thermal stability.

Gransee: Potassium and Magnesium for an efficient Water Use and Yield Security

Agriculture depends, like no other sector, on climatic conditions. Unfavourable weather conditions like drought or severe frost expose the plants to high stress, increase the risk of yield losses and thus directly affect the economic success of the farm.

In addition to the site-specific choice of crops and varieties and appropriate agronomic practices, plant nutrition has a significant influence on the stress resistance of plants. A balanced fertilisation therefore allows good yields even under unfavourable conditions. With a balanced nutrient supply to their crops, farmers can increase yields and minimise the risks of damages due to drought. In particular, potassium and magnesium play an important role, among others by preventing unproductive water losses and by promoting root growth. On a global scale, fertilisation with potassium and magnesium is thus making a significant contribution to food security as water is a scarce resource in many regions of the world.

Titelbild: Parabolrinnenkollektor „Ultimate Trough“ (Quelle: SBP GmbH)

Abstracts	Seite 3
Editorial	Seite 5
Knudsen, Steinhage: Von Brüssel über Berlin und Bremerhaven nach Europa: Die Wasserrahmenrichtlinie	Seite 6
Reitermayer, Karschin Die Produktion von Magnesiummetall im Kaliwerk Wintershall in Heringen (Werra) – Eine historische Betrachtung	Seite 14
Linsinger, Radtke Entwicklung von niedrigschmelzenden Salzmischungen auf Basis von NaCl/KCl zur Anwendung in solarthermischen Kraftwerken	Seite 28
Gransee Kalium und Magnesium für eine effiziente Wassernutzung und sichere Erträge	Seite 38
Nachrichten aus den Unternehmen	Seite 46
Impressum	Seite 50



Liebe Leserinnen und Leser,

vor etwa einem Jahr konnten wir in unserem Heft 3/2012 Kali und Steinsalz über die Gründung des Forschungsinstituts „Institute of Applied Plant Nutrition“, kurz IAPN, berichten. Das IAPN, entstanden aus einer Forschungskooperation zwischen der Georg-August-Universität Göttingen und der K+S Kali GmbH, stärkt gezielt die Forschung im Bereich der Pflanzenernährung mit den Schwerpunkten Ernährungssicherheit und Ressourceneffizienz. Auf eine der zu erforschenden Kernfragen, wie Pflanzen die knappe Ressource Wasser künftig effizienter nutzen und auch bei Trockenheit gute Erträge erzielen können, gibt der in diesem Heft veröffentlichte Beitrag von Herrn Prof. Dr. Gransee Antworten. Kalium und Magnesium lindern nachweislich den Trockenstress von Pflanzen und tragen wesentlich zur Minderung des Risikos von Ertragsausfällen bei.

Salz ist unersetzlich. Natürlich denken wir zum Winterbeginn zuerst an Auftausalz, welches in den kommenden Monaten für verkehrssichere Straßen und Wege sorgen wird. Salz ist weiterhin Rohstoff für die vielfältigsten Produkte von Backpulver über Aluminium und Glas bis zu Kunststoff. Für die chemische Industrie ist Salz ein wichtiger und vielseitiger Grundstoff. Das so genannte Industriesalz wird für industrielle Stoffumwandlungen wie z. B. in Chlor oder Natronlauge verwendet. Vor allem die Chloralkali-Elektrolyse und die Sodaerzeugung stehen hier im Vordergrund. Ein weiteres Anwendungsfeld könnte sich für den Einsatz von niedrigschmelzenden Salzmischungen auf der Basis von Natriumchlorid und Kaliumchlorid als Wärmeträgermedien in solarthermischen Kraftwerken ergeben. Über die Entwicklung solcher Salzmischungen berichten die Herren Dr. Linsinger und Dr. Radtke.

Die Europäische Kommission hat eine Liste von 14 wirtschaftlich wichtigen Rohstoffen erstellt, bei denen die Versorgung Europas stärker gefährdet ist. Dabei handelt es sich um Rohstoffe, bei denen ein Versorgungsrisiko z. B. durch die politisch-wirtschaftliche Instabilität der wichtigsten Lieferanten besteht, die schwer ersetzt werden können und bei denen nur geringe Wiederverwertungsmöglichkeiten bestehen. Als kritisch bezeichnete Rohstoffe sind darüber hinaus von besonderer technologischer Bedeutung für die Erreichung der energiepolitischen Ziele, der Klimaschutz- und der Effizienzziele der Bundesregierung. Zu den gelisteten kritischen Rohstoffen gehört auch Magnesium. Insofern lohnt ein Blick zurück in die Zeit, als Magnesiummetall noch in Deutschland produziert wurde. Frau Dr. Reitermayer und Herr Dr. Karschin stellen abschließend auch fest, dass die Forschung und die Entwicklung auf dem Gebiet der Herstellungsverfahren für Magnesium keineswegs abgeschlossen sind.

Stand im Heft 3/2012 die europäische Industriepolitik im Fokus, so widmen sich nun die Herren Dr. Knudsen und Steinhage ausführlich der europäischen Umweltpolitik unter dem Aspekt der industriellen, zweifellos für die deutsche Wirtschaft existenziell bedeutsamen Wassernutzung.

Wir sagen herzlichen Dank allen Autorinnen und Autoren dieses Heftes und der Heftreihe 2013 sowie allen, die uns bei der Zusammenstellung der Kali-und-Steinsalz-Ausgaben des Jahres 2013 mit ihren vielfältigen Themen und interessanten Informationen geholfen haben.

Wir vom VKS wünschen Ihnen, liebe Leserinnen und Leser, eine besinnliche und frohe Weihnacht sowie Gesundheit und Glück im neuen Jahr.

Mit freundlichen Grüßen und Glückauf

Ihr

Hartmut Behnen

From Brussels to Berlin and Bremerhaven to Europe: The Water Framework Directive

The so called Water Framework Directive is a crucial part of the European environmental legislation. Its appearance, implementation in national law and the upcoming court proceedings of administrative acts are already a piece of European Union history in environmental policy. This article focuses on the genesis of the directive under the aspect of the use of water in industrial and mining activities.

Von Brüssel über Berlin und Bremerhaven nach Europa: Die Wasserrahmenrichtlinie

Die so genannte Wasserrahmenrichtlinie ist ein zentrales Element der europäischen Umweltgesetzgebung. Ihre Entstehung, die Umsetzung in nationales Recht und anstehenden Überprüfungen von Vollzugsfragen schreiben ein Stück Geschichte in der Umweltpolitik der Europäischen Union. Der Beitrag beleuchtet diesen Werdegang unter dem Blickwinkel der Notwendigkeit bergbaulicher und industrieller Wassernutzung.



Dr. Björn Knudsen,
Leiter Recht, VKS Berlin



Manfred Steinhage,
Leiter des VKS-Büros in
Brüssel

Was den Waren- und Finanzströmen die Globalisierung ist den gesetzlichen Rahmenbedingungen die Europäisierung. Die Vorgaben für Industriebetriebe in Europa kommen im 21. Jahrhundert zunehmend nicht mehr von der Legislative der Nationalstaaten, sondern entstehen „in Brüssel“. Selbst Bereiche, die dem Grundsatz nach in der Domäne der jeweiligen Staaten liegen, wie etwa das Zivil- und Handelsrecht, werden auf der Basis überlagernder Kompetenzen durch europäisches Recht harmonisiert, etwa in der Produkthaftung, beim Verbraucherkredit, bei Pauschalreisen oder den Verbraucherkrediten. Man schätzt, dass ca. 80 Prozent der nationalen Wirtschafts- und Sozialgesetze auf europäischen Initiativen basieren. Um ein (Industrie-)Unternehmen handlungs- und zukunftsfähig zu halten, muss es seinen Blick auch intensiv auf die sich verändernden

nationalen und europäischen Rahmenbedingungen richten. Üblicherweise zählen die Beobachtung, Folgenabschätzung und Begleitung von nationalen und internationalen Rechtsentwicklungen zu den Kernaufgaben von Unternehmens- und Branchenverbänden. Bei größeren Unternehmen sind heute eigene Abteilungen mit der Koordination der Informationsverarbeitung und Implementierung von normativen Änderungen befasst. Anhand der Entwicklung des Wasserrechts in den letzten beiden Jahrzehnten zeichnet dieser Beitrag die wesentlichen Schritte auf legislativer Ebene in Europa und Deutschland nach und verortet die jeweils korrespondierenden Reaktionen auf der Seite der Unternehmen und Wirtschaftsverbände. Der Fokus liegt dabei auf solchen Regelungsbereichen (teilweise auch Detailbestimmungen), die für die Kali- und Salzindustrie in



Kraftwerk „Hamburg Moorburg“, Vattenfall¹

Deutschland erheblich sind. Hierzu muss man sich vergegenwärtigen, dass für diese Branche (wie für viele andere Lebensbereiche auch) die Nutzung von Wasser für eine Vielzahl von Prozessen unerlässlich ist. Im dicht besiedelten Kulturraum Europa erfüllen Gewässer eine Vielzahl von Funktionen. Zunächst als Lebens- und Naturraum oder als Trinkwasser, aber auch als Transportwege, Erholungsräume oder für wirtschaftliche Zwecke. Es entspricht dem Stand der Technik, dass ein Teil der Abwässer

der Produktion in benachbarte Gewässer eingeleitet wird. Diese Produktionsrückstände sind etwa bei der Kaliproduktion teilweise sehr salzhaltig, weshalb auf Reglementierungen dieser Stoffe in unterschiedlichsten normativen Kontexten besonders geachtet werden muss.

1. Teil: Die Wasserrahmenrichtlinie – ein Kind der europäischen Umweltpolitik

Am Anfang bestand Europa aus „Kohle und Stahl“. Der Weg von der

Europäischen Wirtschaftsgemeinschaft zur Europäischen Union war lang und führte über viele Veränderungen der Zuständigkeiten: „weg von den Mitgliedstaaten hin zur EU“. Eine davon hieß „gemeinsame Umweltpolitik“.

1.1 Eine neue Kompetenzverteilung in Europa

Ein verändertes Umweltbewusstsein drang seit Ende der 60er Jahre zunächst in die nationale, aber sehr bald auch in die europäische Gesetzgebung vor. Die Umweltpolitik in

Europa erhielt zum ersten Mal eine belastbare, rechtlich verbindliche Grundlage durch die Einheitliche Europäische Akte von 1987, die – allerdings unter weitgehendem Hinweis auf die Subsidiarität – eine Zuständigkeit für Umweltpolitik formulierte. Im Laufe der Zeit wurden die umweltpolitischen Grundlagen der Gemeinschaft ausgeweitet, insbesondere in den Verträgen von Maastricht (1993) und Amsterdam (1999). Mit dem Vertrag von Lissabon (2009) wurde diese Zuständigkeit ganz wesentlich gestärkt und primärrechtlich ausgestaltet. Artikel 191 AEUV legt hohe Ziele fest, nimmt die Kommission in die Pflicht und formuliert Handlungsgrundsätze wie beispielsweise das Vorsorgeprinzip und das Verursacherprinzip.

Seit 1973 wird die Umweltpolitik durch die so genannten Umweltaktionsprogramme (UAP) konkretisiert. Bisher hat die EU sieben solcher Aktionsprogramme veröffentlicht. Im fünften Umweltaktionsprogramm (1993 bis 2000) hatte die Europäische Kommission bereits auf die Notwendigkeit einer dauerhaften und umweltgerechten Bewirtschaftung der natürlichen Ressourcen u. a. des Wassers hingewiesen und entsprechende Ziele und Maßnahmen gefordert. Das grundsätzliche Ziel bestand darin, das Wachstumsmodell der Gemeinschaft in einer Weise zu verändern, dass ein Weg hin zu einer dauerhaften und umweltgerechten Entwicklung beschritten wird.

1.2 Vom Aktionsprogramm zur Richtlinie

Es dauerte dann noch bis zum

Februar 1997, bis die Europäische Kommission einen konkreten Vorschlag zur „Schaffung eines Ordnungsrahmens für Maßnahmen der Gemeinschaft im Bereich der Wasserpolitik“ vorlegte. Mit einer entsprechenden Mitteilung über die Grundlagen für eine gemeinschaftliche Wasserpolitik öffnete die Union die Türen für die Konsultationen/Anhörungen der beteiligten Kreise („Stakeholder“). Solche Anhörungsverfahren seitens der Kommission sind im Vergleich zur deutschen Gesetzgebung deutlich offener und „öffentlicher“. Üblich ist inzwischen unter anderem eine Befragung aller Bürger über Internetforen, an der sich Private, Unternehmen und Verbände (NGO) beteiligen können. In dieser Phase bestehen einerseits gute Möglichkeiten für das Einbringen von Sachkunde und Argumenten seitens der Stakeholder. Andererseits sind die Entwürfe oft umfangreich und vage, so dass gewisse Antworten präjudiziert werden und eine Folgenabschätzung, beispielsweise für eine konkrete wirtschaftliche Tätigkeit, nur sehr schwer möglich ist.

Der Richtlinienvorschlag ging den Gang in das ordentliche Gesetzgebungsverfahren der Europäischen Union (früher Mitentscheidungsverfahren genannt). Dieses Verfahren ermächtigt das Europäische Parlament, Rechtsakte gemeinsam mit dem Rat der Europäischen Union zu erlassen. Rat und Parlament sind gleichberechtigte Gesetzgebungspartner. Zunächst berät das Europäische Parlament über den Richtlinienvorschlag der Kommission. Dazu

bestimmt es den federführenden Ausschuss (und die mitberatenden Ausschüsse) und die einzelnen Parteien die zuständigen Bericht- und Schattenberichterstatler der Ausschüsse. In den Ausschüssen werden die Vorschläge zur Änderung des Kommissionsvorschlags in Form von Änderungsanträgen diskutiert, wobei auch die Wirkungen der Richtlinie auf die europäische Industrie erörtert werden. Danach stimmt das EP-Plenum ab. Dabei kamen in einigen Beiträgen auch die Notwendigkeiten und Bedürfnisse der Bergbaubetriebe zur Sprache. Im Februar 1999 machte das EP in Erster Lesung 133 Änderungsvorschläge zum Kommissionsvorschlag.

Gleichzeitig beriet der EU-Ministerrat, die Vertretung der EU-Mitgliedstaaten, über den Richtlinienentwurf der Kommission. Der Rat legt seinen Standpunkt in erster Lesung fest (früher Gemeinsamer Standpunkt) unter Berücksichtigung der Änderungen des Parlaments. Stimmen die Haltungen des Rates und des Parlaments nicht überein, beginnen die Beratungen erneut. Es kommt zu den sog. Zweiten und Dritten Lesungen (Vermittlungsverfahren). Die Beratungen zur Wasser-Rahmenrichtlinie erstreckten sich über alle Phasen des Gesetzgebungsverfahrens. Der Gemeinsame Standpunkt fand in der 2. Lesung im EP und Rat wiederum keine Mehrheit, so dass ein Vermittlungsverfahren notwendig wurde. Nach langwierigen Verhandlungen trat die Wasserrahmenrichtlinie (WRRL) zwei Tage vor Weihnachten, am 22. Dezember 2000, in Kraft. Damit wurden die

Verhandlungen nach über vier Jahren abgeschlossen.

Die WRRL hat zum erklärten Ziel, den Zustand der aquatischen Ökosysteme zu verbessern, nachhaltige Wassernutzung zu fördern und Verlust und Einleitungen zu reduzieren bzw. zu stoppen. Dazu entwickelt die Richtlinie eine Reihe von genuinen Instrumenten, wie beispielsweise „Bewirtschaftungspläne“ und „Maßnahmenprogramme“. Unter anderem sollen diese dazu führen, Oberflächengewässer und Grundwasser in einen – in den Anhängen ausführlich definierten – guten Zustand zu bringen. Ein Ergebnis der langwierigen Diskussionen war jedoch auch eine Strategie zum Ausgleich mit wirtschaftlichen Nutzungsinteressen. So heißt es unter anderem in Artikel 4 Absatz 5, dass Mitgliedstaaten für einige Wasserkörper „weniger strenger Umweltziele“ vorsehen können, wenn sie „durch menschliche Tätigkeiten beeinträchtigt sind“ und daher die Erreichung eines optimalen Zustands „in der Praxis nicht möglich oder unverhältnismäßig teuer wäre“. In dem insgesamt komplizierten und vielschichtigen Regelwerk fehlt es also nicht grundsätzlich an Öffnungsklauseln für eine ausgewogene wirtschaftliche Nutzung der europäischen Gewässer. Einige der bergbauspezifischen Besonderheiten sind heute in der Richtlinie als Artikel 11 Absatz 3 Buchstabe j berücksichtigt. Es wurde bei den Beratungen deutlich, dass bestimmte (Wieder-) Einleitungen zulässig sein müssen, um die bergmännische Gewinnung von Rohstoffen zu ermöglichen.

Ein möglicher Konflikt mit dem Schutz von Wasserkörpern wurde erkannt und den Vollzugsbehörden als Abwägungskriterium überantwortet.

Artikel 11 WRRL – Maßnahmenprogramme

„Grundlegende Maßnahmen“ sind die zu erfüllenden Mindestanforderungen und beinhalten [...] j) das Verbot einer direkten Einleitung von Schadstoffen in das Grundwasser nach Maßgabe der nachstehenden Vorschriften: Die Mitgliedstaaten können [...] ferner unter Festlegung der entsprechenden Bedingungen folgendes gestatten:

- die Einleitung von Wasser, das Stoffe enthält, die bei der Exploration und Förderung von Kohlenwasserstoffen oder bei Bergbauarbeiten anfallen [...]
- die Wiedereinleitung des aus Bergwerken oder Steinbrüchen abgepumpten Wassers oder des wegen Wartungs- und Bauarbeiten abgepumpten Wassers;

1.3 Tochterrichtlinien

Die WRRL ist gleichzeitig Grundlage für zahlreiche weitere Regelungen auf dem Gebiet des Wasserrechts. Hervorzuheben sind für diesen Beitrag die Richtlinien 2006/118/EG zum Schutz des Grundwassers vor Verschmutzung und Verschlechterung (Grundwasserrichtlinie) und 2008/105/

EG über Umweltqualitätsnormen im Bereich der Wasserpolitik, um nur zwei zu nennen. Die WRRL selbst legt zahlreiche Parameter zur Erreichung von Umweltstandards fest, zu denen unter anderem der Salzgehalt zählt. Speziellere Vorschriften zu Kennzahlen enthalten jedoch überwiegend die so genannten Tochterrichtlinien, die die Vorgaben der Rahmenrichtlinie weiter differenzieren sollen.

Teil der Umsetzungsstrategie sind darüber hinaus Berichtsregime und -systeme auf verschiedenen Ebenen. Unter anderem sollen „Guidance“-Dokumente der Kommission Handlungsleitfäden für die Nationalstaaten sein, die in 10 „Working-Groups“ erarbeitet werden. Diese Dokumente haben keinerlei gesetzliche Bindungswirkung (auch keine legislative Autorität –), beeinflussen das Verwaltungshandeln jedoch zweifellos faktisch.

2. Teil: Umsetzung der Richtlinie in Deutschland

Das Verhältnis der Mitgliedstaaten zur Europäischen Union ist im doppelten Sinne vielschichtig. Vielschichtig einerseits hinsichtlich der politischen Akteure und ihres Umgangs mit „Europa“. Viele nationale Regierungen praktizieren im Alltag eine Art offensive Nichtbeachtung der EU, solange nicht äußere Zwänge („Finanzkrise“) ein gemeinsames Agieren notwendig machen. Aktuell stellen die Koalitionsverhandlungen von CDU und SPD (zumindest den kommunizierten Themen nach) unter Beweis: Europa steht auf der Liste der Sonntagsreden weit oben, im politischen

Handeln weit hinten. Andererseits aber, und diese Vielschichtigkeit soll hier Thema sein, ist die Umsetzung und Anwendung normativer Vorgaben von einem Nebeneinander von Prinzipien geprägt, die manches Spannungsfeld eröffnen. Die Umsetzung der Wasserrahmenrichtlinie in deutsches Recht bedeutete daher auch eine Übersetzung europäischer Rechtsprinzipien in national geprägte Kodifikation und am Ende Verwaltungspraxis.

2.1 Diskussion um ein „Umweltgesetzbuch“

Parallel zur Entwicklung einer Richtlinie zum Umweltmedium Wasser lief seit Anfang der 1990er Jahre in Deutschland eine intensive, zunächst rein wissenschaftliche, Diskussion um ein Umweltgesetzbuch. Dabei sollten unter anderem die Umweltmedien (Wasser, Boden und Luft) aufeinander abgestimmt erfasst sowie die Bereiche Naturschutz, Landschaftsschutz, Abfallwirtschaft u.a. integriert werden. Dies wollte man zudem unter dem prozessualen Dach eines einheitlichen Genehmigungsverfahrens verbinden, um einheitliche Standards zu sichern und Bürgern und Unternehmen ein vereinfachtes und transparentes Verfahren anzubieten.

Nachdem das Bundesumweltministerium im Jahr 2007 einen ersten Entwurf vorgelegt hatte, wurde im Laufe der (fach-)öffentlichen Diskussion klar, dass vielstimmig grundlegende Bedenken geäußert wurden. Als zudem die ersten „Spähtrupps“ des heraufziehenden Bundestagswahlkampfes 2009 das Gesetzbuch ins Visier nahmen

(„unkontrollierbare Monsterbürokratie“, Markus Söder, CSU), rückte man von dem Vorhaben ab. Geblieben war jedoch die Notwendigkeit zur Umsetzung der europäischen Vorgaben sowie die Anpassung der Umweltgesetze an veränderte fachliche Standards.

2.2 Entwurf für ein neues Wasserhaushaltsgesetz

Die Umsetzung einer Richtlinie der EU folgt dem allgemeinen Unionsprinzip, dass das zu erreichende Ziel der Richtlinie für jeden Mitgliedstaat verbindlich ist, Mittel und Form hingegen im Ermessen der Nationalstaaten liegen (Art. 288 AEUV). Regelmäßig wird dabei im Umsetzungsprozess diskutiert, wie weit der inhaltliche Spielraum des Gesetzgebers geht und ob eine „Eins-zu-eins“-Umsetzung der Richtlinie geboten ist. Dabei darf man nicht aus den Augen verlieren, dass es sich bei den Rechtsakten der Union um solche handelt, die dem nationalen Recht gegenüber höherrangig sind. Auch das ist ein Aspekt, der von den politischen Akteuren nur allzu gern unterschlagen wird. Sind die Festlegungen einer Richtlinie sehr „dicht“, regeln die Sachverhalte also sehr detailgenau, so bleibt der nationalen Legislative lediglich ein „Abschreiben“ übrig. Bei der Auslegung der nationalen Vorschrift ist zudem eine so genannte richtlinienkonforme Interpretation gefragt, die im Ergebnis vom Europäischen Gerichtshof zu überprüfen ist.

Im Falle der Wasserrahmenrichtlinie bietet sich insoweit ein disparates Bild. Einerseits werden

Regelungen bis weit in Details hinein getroffen (bspw. europaweit einheitliche Tabellen für Schadstoffe), andererseits enthält die Richtlinie eine Vielzahl von Instrumenten und Umsetzungsstrategien, die zur Erreichung der Ziele genutzt werden können. Darüber hinaus sind die Ziele zwar auf den ersten Blick anschaulich formuliert („ökologisch guter Zustand“). Beim näheren Hinsehen entspannt sich jedoch ein äußerst kompliziertes System von Bestimmungsmethoden und Ausnahmeregelungen.

Der deutsche Gesetzgeber hat sich bereits in den 70er Jahren für einen schutzgüterbezogenen Ansatz im Umweltrecht entschieden. Die Kernregelungen entsprechen daher den Umweltgütern Boden, Luft und Wasser. Übergeordnete Planungsinstrumente sind ebenfalls in Einzelgesetzen formuliert und „vor die Klammer“ gezogen; dazu zählen etwa die Umweltverträglichkeitsprüfung (UVP), Informationsrechte (UIG) oder das Umwelthaftungsrecht.

Das Wasserhaushaltsgesetz (WHG) soll daher sämtliche Bereiche des Gewässerschutzes kodifizieren. In seiner jetzigen Fassung ist es eine bundeseinheitliche „Vollregelung“, die die frühere Rahmengesetzgebung nach der veränderten Zuständigkeitsregelung ablöste. Kurz nach der Umsetzung der WRRL in das WHG, und nach dem Scheitern der „Großlösung“ Umweltgesetzbuch, wurden also inhaltliche Vorgaben in erheblichem Umfang von der Landes- auf die Bundesebene gezogen. Diese mehrfache Systemveränderung ist



Gerichtssaal am Europäischen Gerichtshof in Luxemburg²

wohl ein Grund für die aktuellen Probleme, die sich bei der Anwendung des neuen Gesetzes ergeben.

2.3 Parlamentarisches Verfahren

Im Prozess der Entwicklung von Gesetzesvorlagen, in der Regel aus den jeweilig zuständigen Ministerien heraus, ist es üblich, die interessierten Kreise zu einem geeigneten Zeitpunkt zu beteiligen. Dies geschieht bei größeren Vorhaben (zu denen die Änderung des WHG zweifellos gehörte) im Rahmen einer institutionalisierten Anhörung (im Gegensatz zu Europa). Teilnehmer sind Interessengruppen und Organisationen aus allen gesellschaftlichen Bereichen, die Bezug zum Regelungsgegenstand aufweisen. Soweit die Interessen der gesamten Industrie

betroffen sind, versucht regelmäßig der Bundesverband der Deutschen Industrie die Positionen und Argumente der Branchen zu bündeln und in einen gemeinsamen Prozess einzubringen.

Nach mehrfach abgeänderten Entwürfen wurde Anfang 2009 ein Regierungsentwurf eines neuen WHG in das Parlament eingebracht. Der Spitzenverband der deutschen Wirtschaft hatte sich insgesamt für die Vereinheitlichung der Regelungen auf Bundesebene ausgesprochen, äußerte sich jedoch unter anderem kritisch in Bezug auf die Umsetzung der Bewirtschaftungsziele und Neuordnung der Benutzungsregelungen. Für den Bergbau war von Bedeutung, dass besonders seitens des Bundesrates der Erhalt

der Möglichkeit zur Einleitung von Gewinnungsabwässern in das Grundwasser gefordert wurde. Zwischenzeitlich war die Vorgabe aus Artikel 11 Absatz 3 j der WRRL aus den Entwürfen gestrichen worden.

Die Bewirtschaftung des Wassers ist von Anfang an der zentrale Regelungsmechanismus des WHG. Der Schutz des Umweltmediums wird dabei in der Einzelfallentscheidung über eine Benutzung gewährleistet (Vorsorgeprinzip). Dabei darf die Behörde die Benutzung nicht gestatten, wenn damit eine Verschlechterung der Wasserqualität einhergeht. Die Vorgaben der WRRL sehen demgegenüber „Bewirtschaftungspläne“ vor, bei denen die Qualität der Gewässer in den jeweiligen Flussgebiets-

einheiten übergeordnet „geplant“ werden soll. Damit ist die Einzelfallentscheidung von der Gesamtplanung abgekoppelt. Nunmehr stellt sich also beispielsweise die Frage, auf welcher Grundlage die Entscheidung über eine konkrete Genehmigung erteilt werden soll. Insbesondere wie etwa die Zielvorgaben und Bewirtschaftungspläne Eingang in die einzelne Entscheidung finden sollen.

2.4 Ermächtigung zum Verordnungserlass

Die bestehenden Verordnungen auf Bundesebene wurden infolge der Novelle des WHG grundlegend verändert bzw. neu gefasst. Zwei wichtige Regelwerke sind dabei die Verordnungen zum Schutz der Oberflächengewässer und zum Schutz des Grundwassers.

Die Oberflächengewässerverordnung basiert wesentlich auf der Richtlinie 2008/205/EG über Umweltqualitätsnormen im Bereich der Wasserpolitik und befasst sich mit der Messung und Einstufung der Qualität der Gewässer. Hingegen enthält sie keine materielle Bestimmung, wie beispielsweise mit Nutzungen umzugehen sei. Sie entspricht damit der Idee der WRRL einer durch strategische Maßnahmen steuerten Verwaltung, die Wasserkörper überwacht, analysiert und ggf. in der Qualität verbessert. Demgegenüber soll, nach dem Ziel des Verordnungsgebers, die Grundwasserverordnung auch dem Bewirtschaftungsaspekt durch eine konkrete Norm Rechnung tragen. Die aktuell gültige Fassung der Grundwasserverordnung enthält

jedoch keine Konkretisierung der Vorgaben des WHG und ist damit, analog zur Oberflächengewässerverordnung, ein Instrument zur Ermittlung und Einstufung des chemischen Zustands eines Grundwasserkörpers.

Die europäischen Vorgaben führen in beiden Regelwerken zur Auseinandersetzung mit so genannten Schwellenwerten für bestimmte (Schad-)Stoffe: Darunter ein Parameter, der bereits in der WRRL als Indikator für die Bestimmung der Wasserqualität genannt wird: Salz bzw. Chlorid. Der deutsche Gesetzgeber lehnt sich hier an Konzentrationen an, die der Qualität für Trinkwasser entsprechen. Geht man von einer Nutzung eines Gewässers unter Eintrag von Salzen aus, sind solche Maßstäbe ohne Ausnahmemöglichkeiten kaum denkbar.

2.5 Das neue WHG im Vollzug

Ein anschauliches Beispiel für die Folgen einer unterschiedlichen Auslegung des neuen WHG ist das Urteil des Oberverwaltungsgerichts Hamburg vom 18.01.2013 in Sachen „Kraftwerk Moorburg“. Dort klagte ein Umweltverband gegen die dem Betreiber des Kraftwerks erteilte Wasserrechtliche Erlaubnis für den Betrieb eines Steinkohle-Kraftwerks. Der Elbe sollte dazu Wasser entnommen und wieder-eingeleitet werden, um die Kühlung der Anlage zu gewährleisten.

Es ging dabei unter anderem um die Frage, ob und inwieweit die mit dem Kühlvorgang verbundene Erwärmung des Oberflächengewässers eine Verschlechterung des

ökologischen Zustands im Sinne des § 27 WHG darstellt. Hierbei wird erneut die Unterscheidung von Bewirtschaftungsplänen einerseits und konkreter Benutzung andererseits virulent. Das OVG Hamburg war hier der Ansicht, dass das gesetzliche Verbot einer Verschlechterung nicht nur ein Ziel der Bewirtschaftung (und damit in der Planung zu berücksichtigen) ist, sondern bei jeder einzelnen Maßnahme einen Versagungsgrund darstellt. Da nach der Auffassung des Gerichts (gestützt auf entsprechende Gutachten) „ca. 50% der Biomasse des Gewässers in der Kühlsystempassage abstirbt“, liege jedenfalls eine Verschlechterung vor.

§ 27 Wasserhaushaltsgesetz (WHG) – Bewirtschaftungsziele für oberirdische Gewässer

(1) Oberirdische Gewässer sind, soweit sie nicht nach § 28 als künstlich oder erheblich verändert eingestuft werden, so zu bewirtschaften, dass

1. eine Verschlechterung ihres ökologischen und ihres chemischen Zustands vermieden wird und
2. ein guter ökologischer und ein guter chemischer Zustand erhalten oder erreicht

Wie sich aus dieser Rechtsauffassung die Erteilung einer Genehmigung für die Einleitung

von Produktionsabwässern darstellt, kann kaum im Ungefähren bleiben. Sie müsste zwingend etwa im Fall einer auch nur minimalen Erhöhung der Salzkonzentration eines Gewässers ebenfalls zum Ergebnis kommen, dass eine rechtlich unzulässige Verschlechterung vorliegt.

3. Teil: Gerichtsverfahren und Vorlage an den EuGH

Der „lange Marsch“ der Wasserrahmenrichtlinie führt vorerst wieder (zurück) zu einer europäischen Institution.

3.1 Ein Vorlageverfahren aus Bremerhaven

Das Bundesverwaltungsgericht legte im Oktober 2013 verschiedene Auslegungsfragen an den Europäischen Gerichtshof vor, die zentrale Aspekte der Umsetzung betreffen. Beklagte in diesem Verfahren ist kurioserweise nicht ein Industriebetrieb (bspw. mit Einleitungen in ein Gewässer), sondern die Wasser- und Schifffahrtsdirektion Nordwest, die in einem Planfeststellungsbeschluss Ausbau und Vertiefung der Unterweser vorgesehen hatte. Neben Fragen der Zuständigkeit und des Verfahrens geht es dabei wiederum um das „Verschlechterungsverbot“ nach § 27 WHG. In Umsetzung der WRRL spricht die Norm davon, dass „ein oberirdisches Gewässer so zu bewirtschaften ist, dass eine Verschlechterung des ökologischen oder chemischen Zustands vermieden wird“.

Ist dieses Bewirtschaftungsziel in dem Sinne zu verstehen, dass es als Ergebnis anzustreben ist und insoweit der Gesamtplanung

vorbehalten? Oder bedeutet es, dass wirklich *jede* Verschlechterung zu untersagen ist? Falls Letzteres zutrifft: Ist „jedes Gramm mehr“ eine Verschlechterung? Oder kann man insoweit auf die Richtlinien zurückgreifen, die bestimmte Güteklassen festlegen, nach denen die Qualität eingestuft werden soll? Dann könnte „Verschlechterung“ bedeuten, dass das „Abrutschen“ in eine mindere Qualitätsstufe eine Verschlechterung in diesem Sinne darstellt.

Europäisches Recht „sticht“ nationales Recht. Die Maßstäbe der Richtlinie werden in der Auslegung des Europäischen Gerichtshofs gelten. Die Verwaltung (in der Regel der Länder) ist damit an die Gesetze gebunden, die ein europäisches Produkt sind. Folgerichtig ist der Blick zum europäischen Gesetzgeber einer der Vorausschau für die Auswirkungen vor Ort. Ein geflügeltes Wort war vor einigen Jahren „think global, act local“. Für eine wirtschaftsorientierte Vorausschau müsste man formulieren „watch Brussels, act in advance“.

3.2 Ausblick

Namhafte Experten sehen die Umsetzung des europäischen Wasserrechts auf Unionsebene und national bereits als weitgehend gescheitert an. Selbst wenn in naher Zukunft einige zentrale Auslegungsprobleme durch den EuGH geklärt werden, bleibt die normative Umsetzung stark verbesserungsbedürftig. Dem entsprechen derzeit kaum kalkulierbare Unwägbarkeiten bei Planungsentscheidungen von Unternehmen bei der Nutzung von Wasser bzw. Gewässern. Weniger

die Grundentscheidungen des europäischen Gesetzgebers führen zu diesem Zwischenergebnis, als vielmehr Brüche im System der Rechtsordnungen, die teilweise, ob ihrer Struktur, aber oftmals schlicht, ob der schier Menge der Vorschriften den nationalen Gesetzgeber, die Verwaltung und schließlich die Rechtsprechung vor große Herausforderungen stellt.

Das Siebte Umweltaktionsprogramm mit dem Titel „Gut leben innerhalb der Belastbarkeit unseres Planeten“, das für die Zeit bis 2020 konzipiert ist, wurde gerade im November 2013 verabschiedet. Das 7. UAP setzt neun prioritäre Ziele, die die EU und ihre Mitgliedstaaten erreichen sollen, um zu einem ressourceneffizienten und CO₂-armen Wirtschaftssystem beitragen zu können, das das Naturkapital erhält und verbessert, die Gesundheit der Bürger schützt und ihr Wohlergehen sichert. Denn, „trotz erheblicher Bemühungen dürfte das Ziel der Wasserrahmenrichtlinie, bis 2015 einen ‚guten ökologischen Zustand‘ zu gewährleisten, nur für ungefähr 53 % der Oberflächengewässer in der EU erreicht werden dürfte“. Wer in Anbetracht der noch zu leistenden Arbeit mit der gesetzlichen Anpassung eine ähnliche „Quote“ vermuten wird, dürfte auch in diesem Bereich keine Unterbeschäftigung fürchten.

Bildnachweis

1 Bild: © Ajepbah / Wikimedia Commons / Lizenz: CC-BY-SA-3.0 DE

2 Bild: © BiiJii, Wikimedia Commons / Lizenz: CC-BY-SA-3.0 DE

The Production of Magnesium Metal at the Wintershall Potash Plant, Heringen (Werra) – A Historical Review
 Magnesium – as well as aluminum and titanium – belongs to the light metals, which are widely used as engineering materials. Especially magnesium is characterized by its very low density, thus the engineering metal with the lowest specific weight. Germany was the first country producing magnesium on an industrial scale. The production began in the late 19th century and increased heavily in the 20th century, therefore magnesium has long been referred to as the „German metal“. Initially the production of civilian goods was the main driving force, but with the beginning of the German warmongering almost the entire magnesium production was used for military purposes. Besides the IG Farben, Wintershall A.G. began in 1935 at Heringen, Werra with the production of magnesium under the brand name „MAGNEWIN“ – MAGNEsium from WINtershall. This article describes the production methods used at that time in Germany, presents products and marketing and provides an insight into today’s situation of the magnesium market and new production opportunities, also from the point of view whether a production of magnesium in Europe could be competitive today.

Die Produktion von Magnesiummetall im Kaliwerk Wintershall in Heringen (Werra) – Eine historische Betrachtung



Dr. Elke Reitermayer,
K+S Aktiengesellschaft,
Kassel



Dr. Arndt Karschin,
K+S Aktiengesellschaft,
Kassel

Magnesium gehört – wie Aluminium und Titan – zu den Leichtmetallen, die als technische Werkstoffe in großem Umfang eingesetzt werden. Dabei zeichnet sich Magnesium durch seine besonders geringe Dichte aus und ist somit das Nutzmittel mit dem geringsten spezifischen Gewicht. Deutschland war das erste Land, in dem Magnesium im industriellen Maßstab hergestellt wurde. Die Produktion begann gegen Ende des 19. Jahrhunderts und nahm im 20. Jahrhundert einen stürmischen Aufschwung, weshalb Magnesium lange Zeit als „deutsches Metall“ bezeichnet wurde. Stand zunächst noch die Produktion ziviler Güter im Vordergrund, so wurde schließlich fast die gesamte deutsche Magnesiumproduktion für militärische Zwecke verwendet. Neben der IG Farben begann 1935 auch die Wintershall A.G. in Heringen an der Werra mit der Produktion von Magnesium, welches unter dem Markennamen „MAGNEWIN“ – MAGNEsium aus WINtershall – vermarktet wurde. Dieser Artikel beschreibt die damals in Deutschland eingesetzten Produktionsverfahren, stellt Produkte und Vermarktung dar und beschreibt schließlich die heutige Situation des Magnesiummarktes sowie neue Produktionsverfahren, auch unter der Fragestellung, ob heute eine Produktion von Magnesium in Europa wieder konkurrenzfähig wäre.

Magnesium, ein silbrig-weißes Metall aus der Gruppe der Erdalkalimetalle, gehört – wie Aluminium und Titan – zu den Leichtmetallen, die als technischer Werkstoff in großem Umfang eingesetzt werden. Dabei zeichnet sich Magnesium durch seine besonders geringe Dichte von nur 1,74 g/cm³ aus und ist somit das Nutzmittel mit dem geringsten spezifischen Gewicht, sieht man einmal ab von der geringen Verwendung von Lithium, Natrium und Beryllium in metallischer Form, etwa als Legierungsbestandteil.

Die Produktion von Magnesiummetall in Deutschland

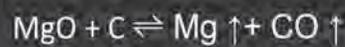
Die Herstellung dieses Metalls im industriellen Maßstab nahm ihren Anfang in Deutschland. Die Produktion begann gegen Ende des 19. Jahrhunderts und nahm insbesondere ab den 1920er und noch mehr in den 1930er Jahren einen stürmischen Aufschwung, weshalb Magnesium lange Zeit als „deutsches Metall“ bezeichnet wurde.

1909 meldeten Gustav Pistor und Paul Rakowicz, Chemische Fabrik Griesheim Electron, ein Patent an, welches hochprozentige Magnesiumlegierungen (mindestens 80 % Mg) für den Einsatz als Werkstoff beanspruchte [1]. Bis dahin war der Einsatz solcher Legierungen auf den Einsatz in der Pyrotechnik – Feuerwerk, Blitzlicht – beschränkt. Außerdem wurde Magnesiummetall, vor der Entwicklung der Aluminium-Schmelzflusselektrolyse, zur Herstellung von Aluminium aus Kryolith durch Reduktion eingesetzt, etwa in der Aluminium- und Magnesiumfabrik AG in Hemelingen bei Bremen [2].

Werkstoffe mit geringeren Magnesiumanteilen waren Anfang des

Carbothermische Reduktion

Die Herstellung von Magnesiummetall durch carbothermische Reduktion von Magnesit, ähnlich dem Hochofenprozess bei der Verhüttung von Eisenerz zu Eisen, ist prinzipiell möglich, allerdings benötigt das Verfahren bei Magnesium eine Temperatur von 2200 °C. Diese Temperatur wird z.B. im Lichtbogen erreicht, dabei fällt das Magnesium gasförmig an, ähnlich wie bei der Herstellung von Zink. Anders als beim Zink jedoch besteht hierbei die Herausforderung, die Instabilität des Magnesiums bei den hohen Temperaturen zu überbrücken. Entstandene Magnesiumatome reagieren hierbei nach der Reaktion mit Kohlenstoff unerwünschterweise wieder mit Kohlenstoffmonoxid zu Magnesiumoxid zurück, bevor das Metall kondensieren kann.



In Radenthein (Kärnten) gab es in den 1930er Jahren eine Versuchsanlage der Austro-American Magnesite Company (nach dem „Anschluss“ Umbenennung in Österreichische Magnesit AG), in der das Reaktionsgas durch Abschrecken und starke Verdünnung mit Wasserstoffgas auf 200 °C heruntergekühlt wurde. Dabei erhielt man das Magnesiummetall in Form von Staub, der durch Destillation gereinigt werden musste, wodurch sehr reines Magnesiummetall erhalten wurde [5]. Auch bei der IG Farben gab es solche Versuche. Der Versuchsbetrieb in Radenthein versprach einen wirtschaftlichen Vorteil gegenüber den schmelzelektrolytischen Verfahren für den Großbetrieb. Da die carbothermische Reduktion jedoch nur mit Magnesit möglich war, wäre der wirtschaftliche Vorteil durch Verwertung der Magnesiumlösungen aus der Kaliindustrie entfallen.

20. Jahrhunderts bereits bekannt, z.B. Aluminiumlegierungen mit dem Namen „Magnalium“, die ca. 25 % Mg enthielten. Der Name Magnalium wird auch heute noch

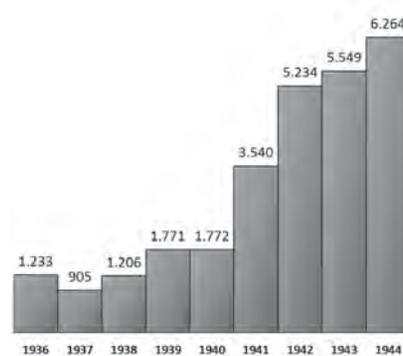


Abbildung 1: Die Wintershaller Magnesiumproduktion in Tonnen nach Jahren

für Aluminium-Magnesium-Legierungen verwendet, insbesondere in der Pyrotechnik.

Das Magnesium wurde mit verschiedenen schmelzflusselektrolytischen Verfahren gewonnen, es gab aber bereits Versuchsanlagen zur Magnesiumgewinnung durch carbothermische Reduktion (siehe Kasten oben).

Schmelzflusselektrolyseverfahren in Deutschland bis 1945

Bei der Schmelzflusselektrolyse von Magnesiumchlorid bildet sich an der Kathode flüssiges Magnesiummetall, an der Anode entsteht Chlorgas.

Damit sich das Metall in flüssiger Form abscheidet, muss der Schmelzpunkt der eingesetzten Salzmischung über dem Schmelzpunkt des Metalls liegen. Anderenfalls scheidet sich das Magnesium feinverteilt in fester Form ab und oxidiert bei der anschließenden Aufarbeitung vollständig. Ist die Schmelze zu heiß, bilden sich Metallnebel und es tritt vermehrt Oxidation ein. Schließlich werden aus NaCl- und KCl-Verunreinigungen oder -Zusätzen metallisches Natrium und Kalium abgeschieden. Die Stromausbeute sinkt, ebenso die Haltbarkeit des Bades und der Elektroden.

Der Schmelzpunkt von Magnesium beträgt 650 °C, der von Magnesiumchlorid 711 °C. Als optimal hat sich eine Badtemperatur von 700 °C erwiesen, welche durch den

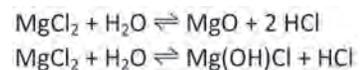


Abbildung 3: MAGNEWIN-Barren vom 18.10.1935 aus der ersten Schmelze der Heringer Leichtmetallfabrik

Zusatz von Alkalichloriden erreicht werden kann. Damit wird gleichzeitig das spezifische Gewicht des Bades so eingestellt, dass sich das Magnesiummetall oben auf der Schmelze absetzt, wo es abgeschöpft werden kann.

Für die Schmelzflusselektrolyse wird zunächst ein weitgehend wasserfreies Ausgangsprodukt benö-

tigt. Dabei besteht die Schwierigkeit darin, dass kristallwasserfreies Magnesiumchlorid nicht einfach durch Eindampfen von Magnesiumchloridlösung gewonnen werden kann. Beim Eindampfen entsteht zunächst das Hexahydrat, welches durch weiteres Erhitzen bis zum Dihydrat entwässert werden kann. Schließlich tritt jedoch Zersetzung unter Chlorwasserstoffentwicklung ein und es bilden sich Oxychloride, welche die Elektrolyse stören:



Natürlich sind verschiedene Labormethoden zur vollständigen Entwässerung von Magnesiumchlorid bekannt, z.B. die Entwässerung im trockenen Chlorwasserstoffstrom

Wintershall A. G. Werk Heringen II Tagesbericht für das Jahr 1938

Beheizungsanlage				Salzschmelze				Chlorwäsche			
Beheizungsanlage Betriebzeit (Stunden) Kessel 1 Kessel 2 377,25 442,35 Kohlenstaub in t Eingang Verbrauch Bestand 3846,2 3035,3 14- Kesselwasser abm Temp. °C Härte Alkalität 111/137 52 21 15 Zusatzwasser 911/137 52 21 15				Salzschmelze Betriebssatz Ofen 1 2 3 4 Stunden Anzahl Chargen 1 2 3 4 Gasverbrauch oben Kohlenstaubsatz kg Insgesamt pro t Carn. Insgesamt pro t Carn.				Chlorwäsche Carnallit eingeführt geschmolzen Anfallendes Chlorgas Austritt, Halle V oben/nun. Cl ₂ HCl CO ₂ Temp. °C 193 1,87 0,32 0,23 160 Medienteil Turn 1 2 3 MgSO ₄ 1,80 40 45 42 H ₂ O 48 42 103 Lauge °C			
Dampf Erzeugung Normalkraft t 72,88 Fluchtverluste t 1,43 Druck at 8 ein 3 alt 6,2 3,1 Kondensatmenge t 1,46 Gasverbrauch oben kg pro t Carn. 1,392,14 1,89				Elektrolyse Betriebzeit 729,37 Std. Zahl der im Betrieb bel. Zellen 51,57 Carnallit eingeführt kg pro kg Rohmetall 15,327,25 8,91 9,55 10,725,4 0,284 Bariumchlorid kg pro kg Rohmetall Hergestellt Rohmetall 205,5 kg seit Monatsbeginn kg % Mg % Cl				Kalkverbrauch Eingang t % CaO Verarbeitung in t neu Abfall Bestand t 3,261,79 40,0 3,05,85 2,25,32 68- Ca(OH) ₂ -Lauge s = CaO für Chlorwäsche für Entsäuerung Zusammen 145 15,85 ehm 1,375 ehm 17,33 ehm 13 1 14			
Entwässerung System A System B Chlorbarium Abzug Eingeführt Betriebzeit ... Std. 5,949,5 5,699,8 5,949,5 Rauchgasaustritt ... °C 492 491 491 Rauchgasaustritt ... °C 243 244 242 Salztrommel 1-2 ... °C 108 108 113 Salztrommel 2-3 ... °C 182 183 186 Salztrommel 4 ... °C 13 14 15 Kühlwasserstritt ... °C 15 16 17 Kondens. Brüdentrtr. °C 43 42 43 Fallwasser ... °C 20 20 20				Abgestoßene Lauge Insgesamt ehm auf 1 kg Rohmetall 15,665 13 CaCl ₂ Ca(ClO) ₂ aktiv, Cl 24,3,1 28,9 0,28 Natriumsulfat kg Verbrauch auf 1 kg Rohmetall 9,327 8,29 8,28 8,49 Abgesaugt mg/Cl ₂ e hm 9 1,807,36							
Carnallit Angiefert Zur Entwässerung Bestand 19,591,9 19,591,5 665- % MgCl ₂ 31,48 31,28 43,62 MgO 25,38 25,38 38,28 KCl 7,10 6,90 10,20 NaCl 6,58 6,58 9,9 MgSO ₄ 8,82 8,82 0,06 FeO 2,38 2,38 3,04 H ₂ O 90,32 90,00 Carnallit % Ausbeute 55,3 52,7 73,3				Entwässert. Carnallit Aus der Entwässerung Fest zur Elektrolyse Bestand 10,297,9 10,297,9 42,5 43,62 44,38 38,28 39,10 10,20 10,90 9,9 36,115 FeO-Zunahme kg 6 Menge MgCl ₂ +MgO MgCl ₂ KCl 55,3 52,7 73,3 80,9							
Elektrochemische Daten Volt Gesamt pro Zelle durchschn. 3,89 3,8 Ampère Gesamt 41,43 39,2, 34,95, 34,95, 40,4 Widerstand Gesamt pro Zelle durchschn. 10,3 10,3 kWh-Gleichstrom (errechnet) Gesamt pro kg Rohmetall mit Abzug 3,243 6,3, 9 15,37, 7,2 4,3, 5 4,8, 7 kWh-Drehstrom Gesamt pro kg Rohmetall mit Abzug 33,733,714 27,5 6,23 Strom-Ausbeute % eff. 60,3 MgCl ₂ -Anfangsgehalt durchschn. niedrigerster höchster 3,3, 9 1,8, 3 2,9, 6 Anzahl der Dodeckelchen pro Menste kg/m ² 106 Anoden Stick 2,87, 2 Kathoden Stick 1,42, 2 Sonderzellen Zahl Volt kg Metall % Stromausbeute 1 1,1 1,1 1,1				Heringen, den 21. Februar 1938							

Abbildung 2: Interner Bericht über die Magnesiumproduktion des Jahres 1938 im Werk Heringen II der Wintershall A.G.

oder durch Zusatz vom Ammoniumchlorid, welches sich zu Chlorwasserstoff und Ammoniak zersetzt. Durch ein Überangebot von Chlorwasserstoff werden die Zersetzungsreaktionen unterdrückt, da das chemische Gleichgewicht in Richtung der Ausgangsstoffe verschoben wird. Diese Methoden können allerdings nicht wirtschaftlich in großem Maßstab eingesetzt werden.

Daher wurde die Schmelzflusselektrolyse von Magnesium auf der Basis verschiedener trockener Ausgangsstoffe entwickelt. In Deutschland wurden Magnesit, Dolomit und Carnallit verwendet.

In den Werken der IG Farben in Staßfurt, Bitterfeld und Aken sowie in Hemelingen bei Bremen wurden sowohl Magnesit als auch Dolomit eingesetzt. Das entsprechende Verfahren ist auch als IG-Farben-Verfahren bekannt geworden:

Bei der Herstellung aus Magnesit (MgCO_3) wird dieser zunächst zu Magnesiumoxid gebrannt und anschließend mit Kohlenmono-

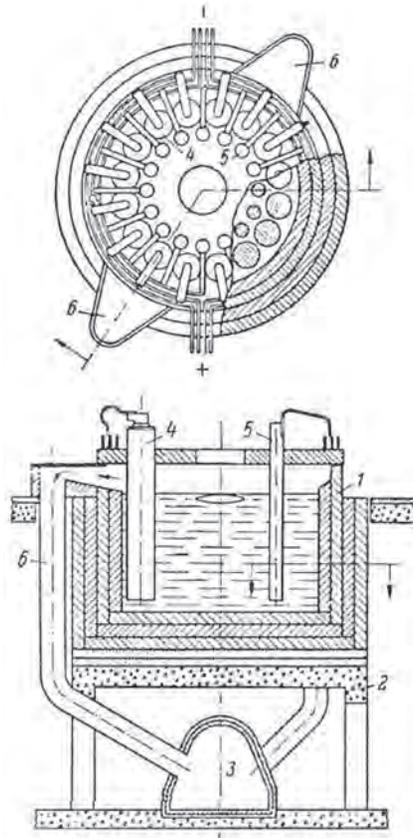
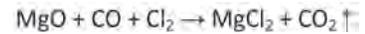


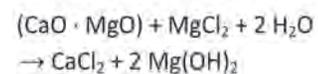
Abbildung 4: Schema der Schmelzflusselektrolysezellen der Wintershall A.G., Werk Heringen II [10] 1: keramisches Material, 2: Betongerüst, 3: Chlorsammelkanal, 4: Kohleanode, 5: Stahlkathode, 6: Rohrleitung für Chlor

xid und Chlorgas nach folgender Gleichung zu (wasserfreiem) Magnesiumchlorid und Kohlendioxid umgesetzt:



Bei der anschließenden Elektrolyse wird wiederum Chlorgas freigesetzt, welches in den Prozess zurückgeführt und so im Kreis geführt wird.

Beim Herstellungsverfahren aus Dolomit ($\text{CaCO}_3 \cdot \text{MgCO}_3$) wird der gebrannte Dolomit mit Magnesiumchloridlösung zu Calciumchlorid und Magnesiumhydroxid umgesetzt:



Magnesiumhydroxid lässt sich gut zu Magnesiumoxid entwässern. Der Prozess verläuft nun weiter wie beim Magnesit-Verfahren durch Umsetzung mit Kohlenmonoxid und Chlor. Der Einsatzstoff Magnesiumchloridlösung stand bereits damals in großen Mengen als Nebenprodukt der Kaliindustrie zur Verfügung.

Als weiterer Ausgangsstoff für die Schmelzflusselektrolyse steht das Doppelsalz **Carnallit** $\text{KCl} \cdot \text{MgCl}_2 \cdot 6 \text{H}_2\text{O}$ zur Verfügung, welches sich wesentlich leichter entwässern lässt als Magnesiumchlorid. Zwar finden auch beim Erhitzen von Carnallit Zersetzungsreaktionen statt, jedoch in weit geringerem Maße. Der entwässerte Carnallit kann direkt der Elektrolyse unterzogen werden. Als Labormethode zur Magnesiumgewinnung wurde die Schmelzflusselektrolyse von Carnallit bereits 1852 vom Bunsen-Schüler Augustus Matthiessen entwickelt.

Ab 1886 stellte die Aluminium- und Magnesiumfabrik in Heme-

Tabelle 1: Patente der Wintershall A.G. zur Magnesiummetallherstellung

DE594830	Trennwände bei der schmelzflusselektrolytischen Gewinnung von Leichtmetallen	1933
DE604854 DE607628	Zelle für die schmelzflusselektrolytische Gewinnung mit Zusatz von Leichtmetallen	1934
DE612104	Zelle für die schmelzflusselektrolytische Gewinnung von Leichtmetallen	1935
DE636913	Verfahren zur Verbesserung der Korrosionsbeständigkeit von Magnesium und Magnesiumlegierungen durch Oberflächenbehandlung	1935
DE646332	Verfahren zur Verbesserung der Haltbarkeit der Kathoden bei der Elektrolyse geschmolzener Chloride	1937

lingen (heute ein Stadtteil von Bremen) erstmals großtechnisch Magnesiummetall her. Elektrolysiert wurde Carnallit in den 1883 von Richard Grätzel zum Patent angemeldeten Zellen [3], [4].

Im Werk Bitterfeld der Chemischen Fabrik Elektron AG wurde ab 1896 Magnesium aus Carnallit schmelzflusselektrolytisch hergestellt. Ein Nachteil des Verfahrens war, dass sich während der Elektrolyse Kaliumchlorid in der Schmelze anreichte. Die Dichte der Schmelze nahm ab, das Magnesiummetall sank auf den Boden der Zelle und das Kaliumchlorid stieg an die Oberfläche, wo es schließlich eine feste Schicht bildete, die aufgestemmt werden musste, um frischen Carnallit zugeben zu können.

Die Vermarktung des Bitterfelder Magnesiums erfolgte unter dem Namen „ELEKTRON“. 1925 wurde die IG Farbenindustrie AG gegründet, zu der auch die Chemische Fabrik Elektron AG gehörte. Das oben beschriebene IG-Farben-Verfahren aus Magnesit bzw. Dolomit wurde entwickelt, die Magnesiumproduktion wurde 1928 auf dieses neue Verfahren umgestellt [2].

Ab 1929 entwickelte auch die Wintershall A.G., Kassel, ein Produktionsverfahren für Magnesium auf der Basis von Carnallit.

MAGNEWIN – MAGNESium aus WINTershall

Geschichtlicher Hintergrund und Herstellungsverfahren

Die Überlegungen der Wintershall A.G., im Kalirevier an der Werra Magnesiummetall zu produzieren, welche bereits Ende der 1920er Jahre und somit vor Hitlers Macht ergreifung bestanden, sind sowohl dem Wunsch nach Teilhabe an dem

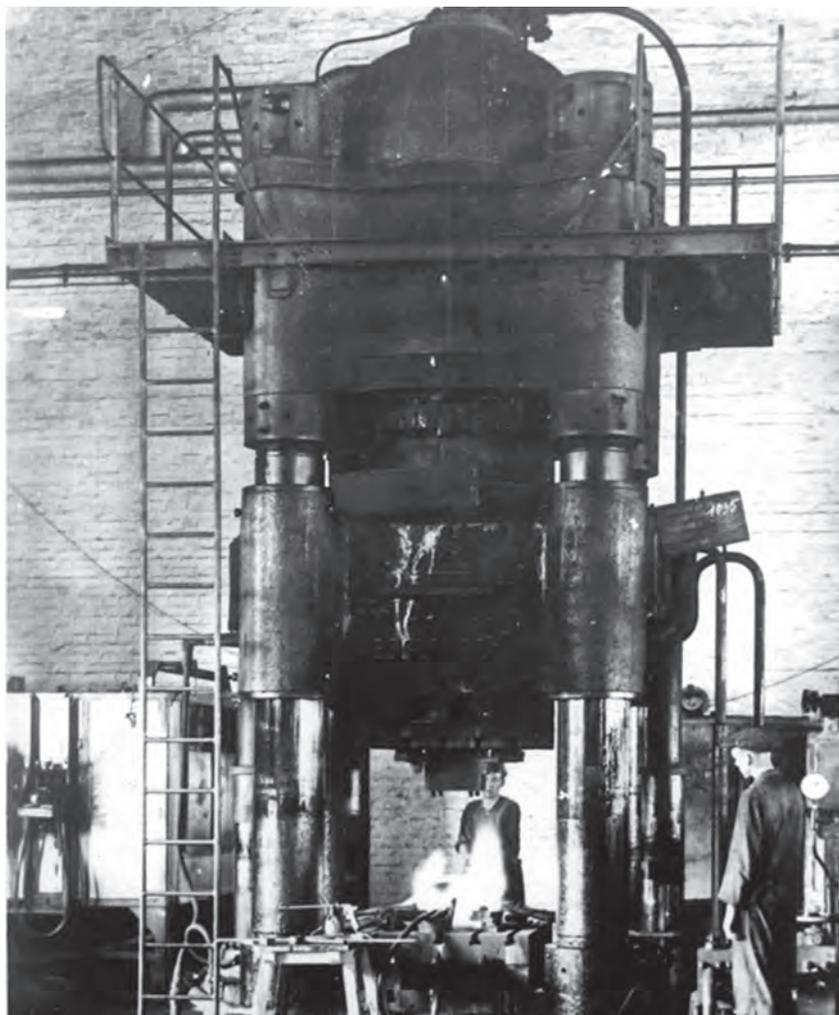


Abbildung 5: Schmiedehammer im Leichtmetallwerk

neuen interessanten Werkstoff als auch der möglichst umfassenden Ausnutzung des Rohsalzes zuzuschreiben.

Ab 1933 wurde die Maxime, nach Möglichkeit einheimische Rohstoffe zu verwenden, um vom Ausland unabhängig zu werden, zur wesentlichen Triebfeder für die Aufnahme der Produktion von Magnesiummetall im Werk Wintershall. 1936 forderte Hitler in einer Proklamation zum Reichsparteitag, dass Deutschland innerhalb der nächsten vier Jahre unabhängig vom Ausland sein müsse hinsichtlich der Rohstoffe, die durch „deutsche Fähigkeiten“ und „unseren Bergbau“ selbst beschafft werden könnten [6]. „Devisenzeh-

rende Sparstoffe“ sollten gegen „Heimstoffe“ ausgetauscht werden.

Im Deutschen Reich wurde auch die Einführung staatlich festgesetzter „deutscher Metallpreise“ für Metalle diskutiert. Einer der Gründe dafür war die Förderung der Inlandsnachfrage nach Leichtmetallen von Seiten der Industrie durch eine künstliche Erhöhung der Preise von devisenabhängigen Metallen [5].

Die Leichtmetalle Magnesium und Aluminium konnten als Werkstoff in technischer Hinsicht in vielen Fällen die herkömmlichen Industriemetalle ersetzen, die überwiegend importiert werden mussten. Auch das globale Knappwerden solcher Metalle wurde bereits

problematisiert, wohingegen die Rohstoffe für Aluminium und Magnesium, die zu den häufigsten Metallen der Erdkruste zählen, ausreichend zur Verfügung standen. Bauxit für die Aluminiumherstellung musste zwar aus Frankreich importiert werden, an alternativen Verfahren, die auf Tonerde basierten, wurde jedoch eifrig geforscht.

Wirtschaftlich konnten die „neuen Werkstoffe“ allerdings noch nicht mit Eisen, Kupfer oder Zink konkurrieren. Daher wurden sie zunächst nur dann eingesetzt, wenn ein technischer Vorteil durch die geringere Dichte gegeben war. Insbesondere bei schnell bewegten Teilen machte sich die Gewichtsersparnis positiv bemerkbar.

Ab 1929 wurde von der Wintershall A.G. die Entwicklung einer Magnesiummetallproduktion auf der Basis von Carnallit betrieben. Ein Verfahren zur Entwässerung von Carnallit wurde erarbeitet. 1930 wurde auf dem Werk Kaiseroda I in Tiefenort-Hämbach bei Bad Salzungen eine kleine Versuchsanlage mit einer 10.000-Ampere-Elektrolysezelle als Prototyp in Betrieb genommen. Die Ergebnisse waren gut, und so wurde 1934 auf dem Gelände des Werkes Wintershall in Heringen die „Leichtmetallfabrik“ als eigenständiges Werk – auch bezeichnet als Werk Heringen II – mit Anlagen zur Herstellung von Magnesium und zur Weiterverarbeitung auf Halbzeug errichtet. Es wurde mit einer Anlage bestehend aus 92 Zellen à 10.000 A begonnen, wobei mit einer Zelle bei einem 24-h-Betrieb ca. 70 kg/d Magnesium produziert werden konnten. Im Oktober 1935 wurde die Produktion aufgenommen. In Abbildung 3 sind MAGNEWIN-Barren vom 18.10.1935 zu sehen, die aus der ersten Produk-

tion stammen. Der Verkauf des reinen Magnesiums und der verschiedenen Legierungen begann im Dezember des gleichen Jahres. MAGNEWIN etablierte sich als Markenname. In den Folgejahren wurde die Produktion der Anlage stetig gesteigert, bis 1938 die Kapazitätsgrenze erreicht wurde. Da im Zuge der Kriegsvorbereitungen immer mehr Magnesium für den Flugzeugbau benötigt wurde, wurden 1938/39 im Werk Heringen II weitere 132 Elektrolysezellen mit je 20.000 A errichtet. Eine solche Zelle konnte 135 kg/d liefern, die Produktion konnte also mehr als verdoppelt werden. In den Kriegsjahren konnten 115 dieser Zellen in Betrieb gehalten werden, so dass bis zu ca. 6.000 t Magnesium jährlich produziert wurden [7] [8] [9]. Die genauen Mengen der jährlichen Produktion von Rohmagnesium aus den internen Jahresberichten sind in Abbildung 1 grafisch dargestellt.

In Abbildung 2 ist beispielhaft der Jahresbericht über die Magne-

siumerzeugung von 1938 gezeigt. Rohstoff für die Produktion war das in der Grube Wintershall geförderte Rohsalz mit 60–70 % Carnallit. Die weitere Anreicherung erfolgte durch Klaubung per Hand, Zerkleinerung der größeren Carnallit-Brocken mittels Hammermühle und anschließender Siebung und schließlich durch weitere Anreicherung auf ca. 90 % Carnallit mittels einer Luftsetzanlage, da die NaCl- und MgSO₄-Körner größer und somit schwerer waren und so abgetrennt werden konnten. Verunreinigungen an NaCl sind bis zu einem gewissen Grad förderlich für die Elektrolyse, da einerseits die spezifische elektrische Leitfähigkeit der Schmelze erhöht wird und andererseits der Schmelzpunkt herabgesetzt wird.

Schließlich wurde Carnallit in dampfbeheizten Schaufeltrocknern bis zum Dihydrat teilentwässert und anschließend unter leichtem Vakuum (650–700 Torr) bis auf einen Restwassergehalt von 2 % calciniert [2] [7]. Die Elektrolyse-

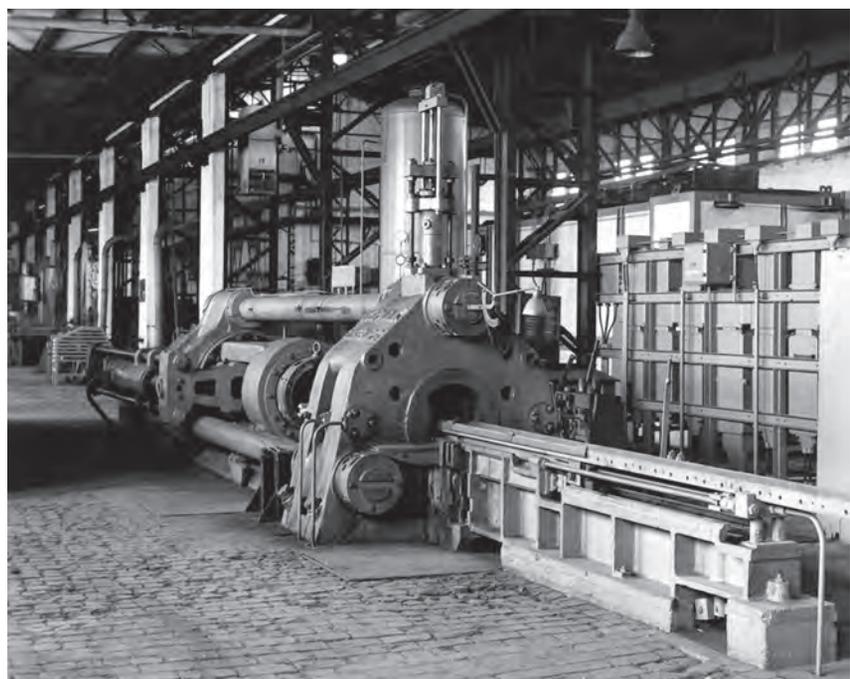


Abbildung 6: Stranggusspresse im Leichtmetallwerk



Abbildung 7: Beispiele für Handelsprodukte der Heringer Leichtmetallfabrik

zellen – schematisch dargestellt in Abbildung 4 – bestanden aus zylindrischen Töpfen, die mit feuerfesten Keramiksteinen ausgemauert waren. Der Innendurchmesser betrug 1,5 m bei den 10.000-A-Zellen und 2,1 m bei den 20.000-A-Zellen. Entlang der Innenwand der Zelle waren zylindrische Graphit-Anoden (14 bzw. 16 Stück) angeordnet, in einem zweiten innen-

liegenden Ring befanden sich die entsprechenden Stahlkathoden. Die Elektrodenspannung betrug bei Inbetriebnahme der Zellen 5,7 V und stieg mit dem Verschleiß der Elektroden bis auf 7 V an. Aus patentrechtlichen Gründen gab es keine Trennung von Anoden- und Kathodenraum, was sich ungünstig auf die Stromausbeute auswirkte, die nur 65–70 % betrug.

Pro Kilogramm erzeugtem Magnesiummetall war ein Energieeinsatz von 22–23 kWh notwendig. Eine zusätzliche Beheizung der Zellen war nicht erforderlich, da die durch den Elektrolysestrom erzeugte Wärme für den Prozess ausreichte. Die immense Strommenge wurde vor allem aus dem mitteldeutschen Braunkohlerevier bezogen.

Das entstehende Chlorgas wurde an den Anoden abgesaugt und mit Kalkmilch zu einer Calciumhypochlorit-/Calciumchlorid-Lösung umgesetzt, welche zum Teil als Unkrautbekämpfungsmittel an die Reichsbahn abgegeben werden konnte. Das Magnesiummetall wurde durch eine Öffnung im keramischen Deckel der Zelle mittels Lochlöffel abgeschöpft. Durch die Öffnung wurde außerdem frischer Carnallit zugegeben [2].

Es wurde bis auf einen Gehalt von 2–3 % $MgCl_2$ in der Schmelze herunterelektrolysiert, anschließend wurde der Rückstand entfernt und nach dem Erstarren gemahlen. Da die Zusammensetzung den damals



Abbildung 8: Werbefotos für diverse technische Produkte aus MAGNEWIN

üblichen Kalidungemitteln („40er“) entsprach, konnte auch der Rückstand auf diese Weise vermarktet werden.

Das Knowhow der Wintershall A.G. zum Thema Magnesiummetallherstellung wurde auch in mehreren Patentanmeldungen niedergelegt, die in Tabelle 1 aufgeführt sind.

MAGNEWIN-Produkte

Ein Teil des Magnesiummetalls wurde in reiner Form verkauft, der überwiegende Teil wurde mit Aluminium, Zink und Mangan zu verschiedenen Knet- und Gusslegierungen verarbeitet, die ab 1936 unter dem Namen MAGNEWIN vermarktet wurden. In der Leichtmetallfabrik in Heringen wurden daraus Strangguss-Halbzeuge sowie Schmiede- und Kokillengussteile gefertigt. In Abbildung 5 und Abbildung 6 sind ein Schmiedehammer und eine Stranggusspresse beim Einsatz im Werk Heringen II zu sehen.

Im Metall-Laboratorium Wintershall wurden u.a. Versuche zur Leitfähigkeit, zum Schweißverhalten und zum Dehnungsverhalten der verschiedenen MAGNEWIN-Legierungen durchgeführt. Festigkeit und Kerbschlagzähigkeit wurden bestimmt. Die Versuchsberichte befinden sich im Bundesarchiv [11].

Neben den Halbzeugen wurden im Werk Wintershall zunächst vor allem Produkte für die zivile Verwendung produziert, z.B. die in Abbildung 7 gezeigten Alltagsgegenstände. 1935/1936 erwarb der Wintershall-Konzern die „FUSOR Präzisions-Spritz- und Preßguss GmbH“ in Berlin-Neukölln [8], wo die MAGNEWIN-Legierungen auch zu Druckgussteilen weiterverarbeitet werden konnten. Die Begriffe Spritzguss – heute nur noch im Kunststoffbereich üblich – und Pressguss

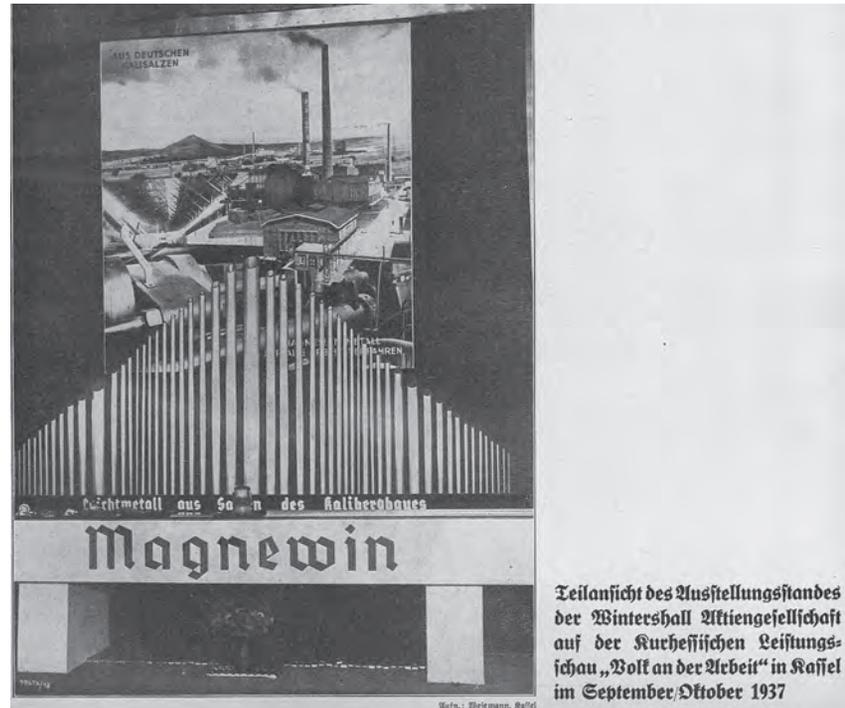


Abbildung 9: Ausgestellte MAGNEWIN-Halbzeuge auf der Kurhessischen Leistungsschau „Volk an der Arbeit“, Sept./Okt. 1937 in Kassel

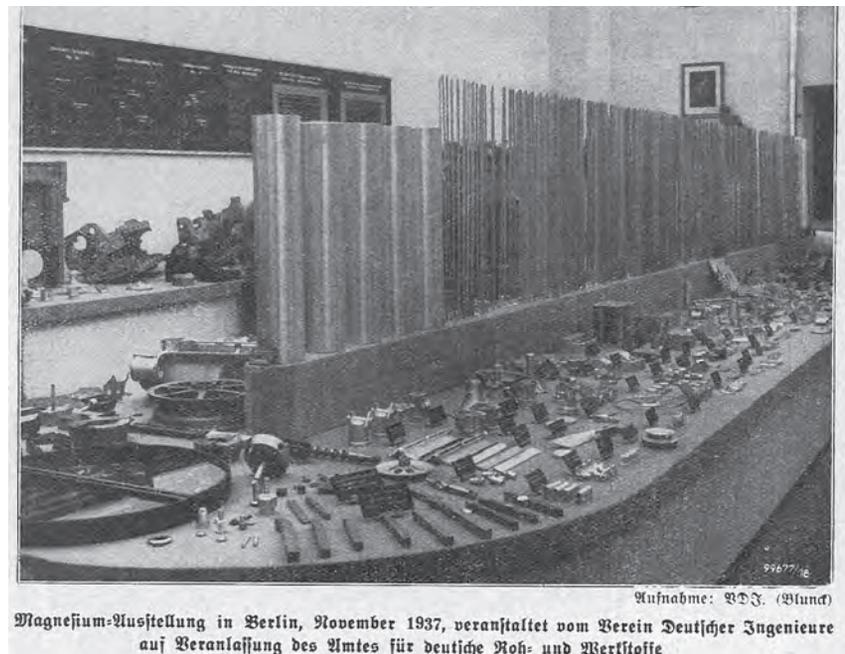


Abbildung 10: Messe des Verbandes Deutscher Ingenieure (VDI), November 1937 in Berlin

wurden damals synonym für den heute im Metallbereich verwendeten Begriff Druckguss gebraucht. Beim Druckguss können minimale Wandstärken, geringe Toleranzen

und eine hohe Oberflächengüte erreicht werden. Somit können damit auch komplizierte technische Bauteile gefertigt werden, wie sie in Abbildung 8 gezeigt sind.



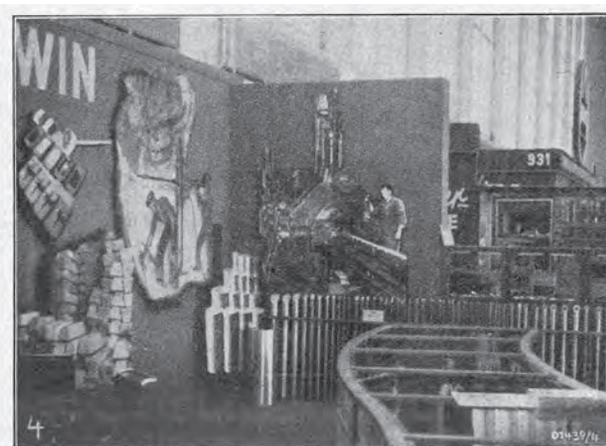
Unser Leichtmetall „Magnewin“ auf der Wiener Herbstmesse 1938

Abbildung 11: Stand der Wintershall A.G. auf der Wiener Herbstmesse 1938

Wegen des geringen Gewichts wurden Leichtmetalle zunächst vor allem in Bauteilen eingesetzt, die während des Betriebs schnell

bewegt werden. MAGNEWIN-Teile wurden beispielsweise im Automobilbau [6], für Werkzeugmaschinen, Textilmaschinen, Mon-

tagevorrichtungen oder auch für Büromaschinen verwendet. In der Grube Wintershall sollen aus MAGNEWIN gefertigte Seilschei-



Bilder 4 und 5: Die Wintershall Aktiengesellschaft und die Fusor G. m. b. H. zeigen auf der Automobil-Ausstellung Leichtmetall-Halbzeug und Autozubehörteile aus Magnewin Zerfaufnahmen

Abbildung 12: Messestand der Wintershall A.G. und der FUSOR GmbH auf der Automobil-Ausstellung 1938 in Berlin

ben zum Antrieb der Förderwagen verwendet worden sein, die den bisher eingesetzten aus Holz hinsichtlich Schlupf und Standzeit mit 18 Monaten gegenüber 4 Wochen deutlich überlegen gewesen seien [7].

Um den neuen Werkstoff MAGNEWIN bekannt zu machen, wurde er auf Industriemessen und Tagungen präsentiert. Die Wintershall A.G. nahm teil an der Kurhessischen Leistungsschau „Volk an der Arbeit“, die im September/Oktober 1937 in Kassel stattfand (Abbildung 9), sowie an den Magnesium-Ausstellungen des VDI im November 1937 in Berlin (Abbildung 10) und 1938 in Frankfurt [6]. Auch bei der technischen Messe und Baumesse in Leipzig 1938 wurde „MAGNEWIN, das leichteste Nutzmetall“ ausgestellt.

Vom 11.–18. September 1938 fand die Wiener Herbstmesse statt, die erste nach dem „Anschluss“ Österreichs. Die Aussteller aus dem deutschen „Altreich“ waren stark präsent, die wirtschaftliche Stärke sollte vorgeführt werden. Der Stand der Wintershall A.G. mit Halbzeugen sowie Schmiede- und Spritzgussteilen (Abbildung 11) befand sich in der „Halle der neuen deutschen Werkstoffe“, die allgemein von den Besuchern als die interessanteste und geheimnisvollste bezeichnet worden sei. Die angeschnittenen Magnesiumstäbe im Hintergrund waren indirekt beleuchtet, was damals eine besondere Anziehungskraft auf die Messebesucher erzeugt haben soll. Die Quelle vermerkt, dass die herausgegebenen Plaketten starkes Interesse bei Sammlern fanden [12].

In Abbildung 12 ist der Messtand der Wintershall A.G. und der FUSOR GmbH bei der Automobil-Ausstellung in Berlin 1938 zu sehen [13].



Abbildung 13: Leichtmetall-Ausstellung 1939 in Kassel. Im Vordergrund ist ein Block Carnallit auf einem Podest ausgestellt

Vom 15. bis 17. April 1939 veranstaltete die IHK Kassel-Mühlhausen zusammen mit dem Hessischen Bezirksverein des Vereins Deutscher Ingenieure VDI im NSBDT (NS-Bund Deutscher Techniker) und der Zweigstelle Kassel der Industrieabteilung der Wirtschaftskammer Hessen eine Leichtmetall-Tagung mit Ausstellung [14]. Bestandteil der Ausstellung war auch ein Carnallitblock, der im Vordergrund auf Abbildung 13 gut zu erkennen ist.

Bereits 1936 wurde das Leichtmetallwerk Heringen vom Wehrwirtschafts- und Rüstungsamt im OKW (Oberkommando der Wehrmacht) zum Rüstungsbetrieb erklärt [15]. Im Zuge der Kriegsvorbereitungen wurde die Produktion immer stärker auf „kriegswichtige“ Produkte verlagert, insbesondere auf die Herstellung von Flugzeugteilen. Hier war der leichte Werkstoff besonders gefragt. Während des Krieges waren schließlich 95 % der Magnesiumproduktion für die Luftwaffe bestimmt.

Bereits vor dem Krieg wurde MAGNEWIN im Flugzeugbau verwendet. Besonders stolz war man auf die Verwendung beim Bau der Focke-Wulf Fw 200, bekannt unter dem Namen „CONDOR“, des ersten viermotorigen Langstreckenflugzeugs der Welt, entwickelt von der Firma Focke-Wulf in Bremen. In Abbildung 14 ist die CONDOR in ihrer zivilen Ausführung zu sehen. Im Krieg wurde das 26-sitzige Passagierflugzeug als Seeaufklärer, Fernbomber und Transportflugzeug eingesetzt.

Werkstoffe für den Flugzeugbau wurden vom Reichsluftfahrtministerium für den Flugzeug- und Flugmotorenbau als „Fliegwerkstoffe“ zugelassen, die mit vierstelligen „Fliegwerkstoff-Kennzahlen“ (abgekürzt FIW) benannt wurden [17]. Dabei stand die erste Ziffer für die Werkstoff-Hauptgruppe, wobei die 3 ein Leichtmetall kennzeichnete. Die übrigen drei Ziffern kennzeichneten die Werkstoffart innerhalb der Hauptgruppe. Für Magnesiumlegierungen waren die Ziffern 500–599 reserviert [17]. Für



Abbildung 14: Das Flugzeug Fw 200 „Condor“ in ziviler Ausführung, veröffentlicht im Juni 1939 [16]

die Konstruktion war es besonders wichtig, dass Magnesiumteile gegebenenfalls durch baugleiche Aluminiumteile ersetzt werden konnten, falls es zu Engpässen kommen sollte. Einige der Flugzeugbauteile wurden auch direkt in Heringen hergestellt, etwa für den BMW 003 Jet-Flugzeugmotor [7].

Bei der Wintershall A.G. wurden die Legierungen FIW 3501 (mit 2 % Mangan), FIW 3510 (mit 6 % Aluminium und 1 % Zink) und FIW 3515 (mit 8 % Aluminium und 0,5 % Zink) hergestellt. Zur Herstellung der Manganlegierungen wurde Manganchlorid in die heiße Schmelze eingerührt [7]. Metallisches Mangan kann wegen seines hohen Schmelzpunkts von 1246 °C nicht direkt eingesetzt werden.

Sammlerstücke aus MAGNEWIN

Auch Sammlerstücke aus dem „deutschen Metall“ Magnesium waren beliebt. Es gab beispielsweise Reichsparteitagsabzeichen,

Abzeichen zum 1. Mai und Sammlerfiguren des Winterhilfswerks aus Magnesium. In Abbildung 15 ist eine Plakette zu sehen, die zum 1. Mai 1939 herausgegeben wurde [18]. Auf dem Spruchband ist zu lesen: OSTMARK (gemeint ist das 1938 „angeschlossene“ Österreich) – ALTREICH – SUDETENLAND.

Magnesium wurde auch als Münzmetall in Betracht gezogen. Es gab zumindest Versuche, MAGNEWIN in Reichspfennig-Münzen ein-



Abbildung 15: Plakette zum 1. Mai 1939 aus Magnesium

zusetzen [19]. Verbürgt ist, dass es 1943 im Getto Lodsch („Litzmannstadt“) Münzen aus Magnesium gab, die als lokale Gettowährung verwendet wurden.

MAGNEWIN nach dem 2. Weltkrieg

Nach dem Kriegsende 1945 wurde die Produktion von Magnesiummetall in Deutschland aufgrund der im Potsdamer Abkommen festgelegten Entmilitarisierung vom Alliierten Kontrollrat verboten.

Das Halbzeugwerk der Leichtmetallanlage in Heringen wurde zunächst mit noch vorhandenem und auch zugeliefertem Magnesiumschrott als Einsatzstoff weiterbetrieben. Auch zivile Güter wurden nun wieder produziert (Abbildung 16). 1951 wurde die Leichtmetallverarbeitung schließlich wegen Unwirtschaftlichkeit eingestellt, das Halbzeugwerk wurde an die Metallwerke Otto Fuchs in Meinerzhagen im Sauerland verkauft [2].

Ab Mitte der 50er Jahre betrieb die Chemische Fabrik Griesheim in Knapsack bei Köln einige Jahre lang eine kleine Anlage zur Magnesiummetallgewinnung durch silicothermische Reduktion [2] [20], nachdem das Verbot der Inbetriebnahme aufgehoben worden war, welches das Alliierte Sicherheitsamt in Koblenz 1953 ausgesprochen hatte [21].

Die Magnesiummetallherstellung aus Produkten der Kaliindustrie wurde nach dem 2. Weltkrieg in Deutschland nicht wieder aufgenommen, obwohl es immer wieder Planungen dafür gab. 1968/69 projektierte Norsk Hydro zusammen mit der Salzdetfurth AG eine Magnesiumhütte in Deutschland, Norsk Hydro entschied sich dann aber für eine Kapazitätserweiterung der norwegischen Anlagen. In den folgenden Jahrzehnten prüfte



Abbildung 16: Töpfe als Beispiel für zivile Handelsprodukte aus MAGNEWIN

Kali und Salz immer wieder die Wirtschaftlichkeit einer Magnesiumproduktion in Deutschland, z.T. auch konkret mit verschiedenen Industriepartnern, u.a. Dow, VAW, Shell/Billiton und BASF. Da die Rentabilität nicht gegeben war, kam es nie zur Umsetzung solcher Pläne.

1978 nahm Norsk Hydro in Porsgrunn, Norwegen, eine Anlage zur Produktion von wasserfreiem Magnesiumchlorid als Rohstoff für die Magnesiumproduktion in Betrieb, in die als alleiniger Rohstoff eine 33%ige Magnesiumchlorid-Lösung der Kali und Salz AG eingesetzt wurde [22], die vom Kaliwerk in Bad Salzdetfurth, wo sie verkaufsfähig aufbereitet wurde, geliefert wurde.

Das Werk in Porsgrunn wurde 1991 aus wirtschaftlichen Gründen stillgelegt, so dass dieser Absatzmarkt entfiel. Bereits 1989 hatte Norsk Hydro in Becancour, Quebec, Kanada, eine Magnesiummetallanlage in Betrieb genommen, die jedoch auf der Basis von Magnesit betrieben wurde.

Magnesiumproduktion heute

Heutzutage ist die Produktion von Magnesium vor allem auf Grund der hohen Energiekosten in Deutschland nicht mehr konkurrenzfähig. Mehr als 80 % der weltweiten Magnesiumproduktion kommen heute aus China. 2010 lag die weltweite Produktion an Primärmagnesium bei ca.

800.000 t, davon knapp 650.000 t in China. Die hohe Nachfrage nach Magnesium vor allem aus dem Leichtmetallbau-Sektor hat dafür gesorgt, dass sich die weltweite Produktion seit dem Jahr 2000 verdoppelt hat. „Die vorteilhaften Produktionsbedingungen in China ermöglichen, Magnesium am Weltmarkt zu einem relativ niedrigen Preis anzubieten. Im Wettbewerb sind andere Produzenten dazu angehalten, ihr Preisniveau für Magnesium anzupassen. Die Senkung des Angebotspreises und die Erwirtschaftung eines zufriedenstellenden Return on Investment ließen sich für westliche Anbieter nicht vereinen. Folglich führte diese Preispolitik in den letzten 20 Jahren zur Schließung von 13 Magnesiumwerken außerhalb Chinas. Insgesamt ersetzen chinesische Produzenten damit mehr als 250.000 t der jährlichen elektrolytischen Magnesiumproduktion. Zu den europäischen Unternehmensschließungen zählen Pechiney in Frankreich im Jahr 2001 und Norsk Hydro in Norwegen 2002. Seit 2003 besteht innerhalb der EU kein Produktionsstandort mehr für Primärmagnesium, wodurch eine 100%ige Importabhängigkeit besteht“ [24].

Neben der chinesischen Primärmagnesium-Industrie existieren Firmen in Israel (Dead Sea Magnesium), Russland (Avisma, Solikamsk) und den USA (US Magnesium LLC, Great Salt Lake), die Magnesiummetall nach dem Verfahren der Schmelzflusselektrolyse herstellen. Die sehr hohen Energiekosten machen diesen Prozess jedoch in westlichen Ländern wenig profitabel, zumal zunächst energieintensiv ein wasserfreies Ausgangsprodukt hergestellt werden muss. Neben dem brasilianischen Hersteller „Rima“ setzen

Werralon

Gewonnenes Rohmagnesium enthält nicht-metallische Verunreinigungen (Oxide, Nitride und Chloride) aus dem Verfahrensgang, die die Korrosionsbeständigkeit des Magnesiums herabsetzen. Um diese Verunreinigungen zu entfernen, wird ein Salzmisch aus Magnesium- oder Calciumchlorid mit einem Zusatz von Magnesiumoxid und Calciumfluorid in das flüssige Metall gegeben und die Schmelze gründlich durchgerührt. Die Oxide und Nitride werden gebunden und beim Abkühlen bleibt eine zusammenhängende Kruste auf der Oberfläche stehen, von der das Metall sauber abgegossen werden kann. Auf diese Weise enthält man ein chlorid-, nitrid- und sulfid-freies Metall.

Das Salzmisch wurde im Werk Wintershall für die eigene Magnesiumraffination hergestellt, aber auch unter dem Namen „WERRALON“ in den Handel gebracht. 1936 war zunächst der Name „WERRASAL“ verwendet worden. Ein entsprechendes Läuterungsmittel aus der Bitterfelder Magnesiumproduktion war unter dem Namen „ELRASAL“ (Abkürzung für ELEktro-RAffinations-SALZ) bekannt.

Auch nach dem Ende der Magnesiumproduktion in Deutschland wurde WERRALON noch bis zum Jahr 1965 in Heringen hergestellt und an die Magnesium verarbeitende Industrie verkauft, z.B. an die Volkswagen AG. Die Volkswagen AG hatte 1949 die Erlaubnis bekommen, Magnesiummetall zu verwenden. Hauptlieferanten waren Norsk Hydro, Norwegen, und Dow, Texas [23].

Silicothermische Reduktion

Die silicothermische Reduktion verläuft analog zur carbothermischen Reduktion nach der Grundgleichung



Die Reaktion verläuft bei niedrigerer Temperatur als die carbothermische Reduktion. SiO_2 fällt in fester Form an, so dass der Magnesiumdampf leicht abgetrennt werden kann und keine Rückreaktion in größerem Ausmaß stattfindet.

Das heute wichtigste Verfahren zur Magnesiumproduktion, der Pidgeon-Prozess, basiert auf dieser Reaktion. Als Magnesiumkomponente wird hauptsächlich Dolomit eingesetzt, welches mit Ferrosilicium umgesetzt wird.

daher auch die vielen kleinen chinesischen Produzenten auf thermische Herstellungsverfahren, die keine elektrische Energie benötigen. Die großen chinesischen Vorkommen an Dolomit ($\text{CaCO}_3 \cdot \text{MgCO}$) begünstigen die Herstellung von Magnesium über thermische Verfahren. Wegen der Schwierigkeiten bei der carbothermischen Reduktion wird ein

silicothermisches Reduktionsverfahren eingesetzt, bei dem die Umwandlung des Magnesiums mit Ferrosilicium bei 1300°C erfolgt (siehe Kasten oben). Der erhebliche Einsatz fossiler Brennstoffe hierfür und weitere für die thermische Herstellung von Magnesium erforderliche Chemikalien machen den so genannten Pidgeon-Prozess zu einem aus umweltpolitischer Sicht

diskussionswürdigen Verfahren. Auf Grund der in den aufstrebenden asiatischen Industrienationen geringeren Umweltstandards steht dieser Prozess in der westlichen Welt aber zunehmend in der Kritik.

Die Forschung und Entwicklung auf dem Gebiet der Herstellungsverfahren für metallisches Magnesium sind jedoch keineswegs abgeschlossen. Das australische Forschungsinstitut CSIRO hat erst kürzlich ein neues Verfahren entwickelt, durch das die bereits oben beschriebene carbothermische Reduktion ermöglicht werden soll [25]. Um das Problem der raschen Abkühlung des gasförmigen Magnesiums zu erreichen, haben die Forscher des australischen Instituts eine so genannten Supersonic Nozzle (also „Überschall-Düse“) entwickelt, die das entstandene Magnesiummetall so schnell abkühlt, dass es keine Möglichkeit hat, zu Magnesiumoxid zurückzureagieren. Dabei wird das gasförmige Magnesium durch die Überschalldüse auf ca. 4-fache

Schallgeschwindigkeit beschleunigt und kühlt dabei durch den Expansionsvorgang in sehr kurzer Zeit (ca. 10^6 K/s) ab. Durch Ansätze wie dieses Verfahren könnte eine Produktion von Magnesiummetall in westlichen Ländern ggf. wieder konkurrenzfähig werden, da hier weniger die Energie- oder Personalkosten im Vordergrund stehen, sondern die Beherrschung von hochtechnologisierten Anlagenkonzepten.

Literaturverzeichnis

- [1] G. Pistor, P. Rakowicz und Chemische Fabrik Griesheim Electron, „Article of Manufacture“. Patent US 965485, 1909.
- [2] W. Büchen, „Die deutsche Magnesiumgewinnung von 1886 bis 1945 – ein Rückblick“, *Erzmetall*, Bd. 48, pp. 462–470, 6/7 1995.
- [3] R. Grätzel, „Apparate zur Darstellung der Metalle alkalischer Erden mittelst Elektrolyse“. Patent DE 26962, 1883.
- [4] Aluminium- und Magnesiumfabrik in Hemelingen, „Verfahren zur Nutzbarmachung des natürlich vorkommenden Carnallits für die elektrolytische Herstellung von Magnesium und Chlor“. Patent DE 115015, 1899.
- [5] H. Grothe, „Neue Wege zur Leichtmetallgewinnung“, *Metall und Erz – Zeitschrift für Erzbergbau und Metallhüttenwesen*, Bd. 36, pp. 63–72, Februar 1939.
- [6] Wintershall Aktiengesellschaft, „Leichtmetall aus Kalisalzen“, *Der Kalibergmann – Wochenschrift für ihre Gefolgschaftsangehörigen*, Bd. 13(1), Nr. 8. Januar, pp. 1–3, 1938.
- [7] J.D. Hanawalt; Field Information Agency, Technical (F.I.A.T.), FINAL REPORT No. 89, „Metallurgical and Industrial Developments in Magnesium“, US Group Control Council for Germany, 1945.
- [8] N. MoczarSKI, „Kalibergbau in der Zeit des Nationalsozialismus 1933–1945“, in *Die Kaliindustrie an Werra und Fulda. Geschichte eines landschaftsprägenden Industriezweigs.*, Darmstadt, Schriften zur hessischen Wirtschafts- und Unternehmensgeschichte, Band 3., Hessisches Wirtschaftsarchiv, 1998, pp. 79–94.
- [9] H.-J. Hohmann und D. Mehnert, *Bunte Salz, weiße Berge – Wachstum und Wandel der Kaliindustrie zwischen Thüringer Wald, Rhön und Vogelsberg*, Verlag Ulmenstein, Hünfeld, 2004.
- [10] W. Morschel und A. Schmidt, „Magnesium“, in *Chemische Technologie*, Carl Hanser Verlag, München, 1953, p. 133.
- [11] *Generalluftzeugmeister*, „Bundesarchiv-Militärarchiv – Bestand RL 3 – Archivalienverzeichnis.“ [Online]. Available: <http://www.gyges.dk/RL-3%20Generalluftzeugmeister.pdf>. [Zugriff am 10. Oktober 2013].
- [12] Wintershall Aktiengesellschaft, „MAGNEWIN auf der Wiener Herbstmesse“, *Der Kalibergmann – Wochenschrift für ihre Gefolgschaftsangehörigen*, Bd. 13(42), Nr. 22. Okt., pp. 1, 302, 1938.
- [13] Wintershall Aktiengesellschaft, „Automobil-Ausstellung Berlin 1938“, *Der Kalibergmann – Wochenschrift für ihre Gefolgschaftsangehörigen*, Bd. 13(9), Nr. 5. März, p. 56, 1938.
- [14] Wintershall Aktiengesellschaft, „Leichtmetall-Tagung und -Ausstellung in Kassel“, *Der Kalibergmann – Wochenschrift für ihre Gefolgschaftsangehörigen*, Bd. 14(18), Nr. 6. Mai, pp. 140–141, 1938.
- [15] J. Scholtyseck, *Der Aufstieg der Quandts – Eine deutsche Unternehmerdynastie*, C.H. Beck, München, 2011.
- [16] Wintershall Aktiengesellschaft, *Der Kalibergmann – Wochenschrift für ihre Gefolgschaftsangehörigen*, Bd. 14, Nr. 24; 17. Juni, p. 1, 1939.
- [17] A. Beck, *Magnesium und seine Legierungen*, Springer, Berlin, 1939.
- [18] Wintershall Aktiengesellschaft, „Die Maiplakette – ein Symbol im Spiegel früher Dichtung“, *Der Kalibergmann – Wochenschrift für ihre Gefolgschaftsangehörigen*, Bd. 14(17), Nr. 29. April, pp. 131–132, 1939.
- [19] Reichsfinanzministerium, „Umstellung auf Magnesium-Legierungen und Beschaffung von Aluminium und Magnesium, Korrosionsversuche an Probemünzen aus ELEKTRON, Aluminium, Magnewin 3501 und Magnewin 3512 mit Zusammenstellung der Ergebnisse“, 1939.
- [20] F. Pawlek, *Metallhüttenkunde*, de Gruyter, Berlin, 1983.
- [21] „Industrieverbote – Potsdam lebt“, *DER SPIEGEL*, p. 13, 21. 10. 1953 (43).
- [22] W. Otto und D. Kunze, „Magnesiumchlorid aus Kalisalzen als Rohstoff für die Magnesiumherstellung“, *Erzmetall*, Bd. 31, pp. 313–317, 7/8 1978.
- [23] H. E. Friedrich und B. L. Mordike, Hrsg., *Magnesium Technology: Metallurgy, Design Data, Automotive Applications*, Springer, Berlin, 2006.
- [24] M. Höck, P. Zippel, S. Siefen und G. Schöche, „Primärmagnesiumgewinnung aus geeigneten Salzlösungen der Kaliindustrie“, *TU Bergakademie Freiberg*, 2013.
- [25] L. H. Prentice, M. W. Nagle, T. R. D. Barton, S. Tassios, B. T. Kuan, P. J. Witt und K. K. Constanti-Carey, „Carbothermal Production of Magnesium: CSIRO’s Magsonic™ Process“, in *Magnesium Technology 2012*, Orlando, Florida, USA, 2012.

Abbildung 4: Abdruck mit freundlicher Genehmigung des Carl Hanser Verlags, München

Development of Chloridic Molten Salt for use as Heat Transfer and Heat Storage Medium in Solar Thermal Power Plants

Within the context of the transition towards renewable energy resources, solar parabolic trough power plants are an especially promising alternative to conventional fossil fuel or nuclear power plants. However, the limited thermal stability of the currently used heat transfer fluids (thermal oil up to approx. 400°C, nitrate salt mixtures up to approx. 580°C) limits the efficiency of the steam turbines used for the generation of electrical power. In the project High Performance Solarthermie (HPS), innovative inorganic salt mixtures based on sodium chloride and potassium chloride have been identified as potential alternative heat transfer fluids for solar parabolic trough power plants. Apart from their availability, chloride salts feature an improved thermal stability, which allows for increased operating temperatures of up to approx. 600°C. To that aim, chloride salt mixtures have been investigated to find optimized compositions for future heat transfer fluids with low melting points ($T_m \leq 150^\circ\text{C}$) and high thermal stability.

Entwicklung von niedrigschmelzenden Salzmischungen auf Basis von NaCl/KCl zur Anwendung in solarthermischen Kraftwerken



Dr. Stefan Linsinger,
K+S-Forschungsinstitut



Dr. Thomas Radtke,
K+S-Forschungsinstitut

Im Rahmen der Energiewende und dem damit verbundenen nötigen Wechsels von fossilen Brennstoffen zu erneuerbaren Energien stellen solarthermische Kraftwerksanlagen und insbesondere Parabolrinnenkraftwerke eine vielversprechende Alternative dar. Da die bislang eingesetzten Wärmeträgerfluide (engl. heat transfer fluid; HTF) durch ihre limitierte thermische Belastungsfähigkeit (Thermoöle bis ca. 400°C, Nitratsalzmischungen bis max. 580°C) den Wirkungsgrad der nachgeschalteten Stromgewinnung (in der Regel Dampfturbinen) begrenzen, wurden innerhalb des Projektes High Performance Solarthermie (HPS) anorganische Salzmischungen auf Basis von Natrium- und Kaliumchlorid für den Einsatz als Wärmeträgermedien in Parabolrinnenkraftwerken entwickelt. Die Verwendung von Chloriden hat neben der guten Verfügbarkeit den Vorteil, dass diese temperaturstabil sind und dadurch eine Anhebung der Prozesstemperatur auf bis zu 600°C denkbar ist. Um dies zu realisieren, wurden chloridische Salzmischungen auf ihre optimale Zusammensetzung hin untersucht, um bestmögliche Stoffeigenschaften, niedrige Schmelztemperaturen ($T_m \leq 150^\circ\text{C}$) und hohe thermische Stabilität für zukünftige Wärmetransportmittel zu garantieren.



Abb. 1: Parabolrinnenkollektor „Ultimate Trough“, hier noch ohne Absorberrohr (Quelle: SBP GmbH).

1 Einleitung

Im Weltmaßstab gesehen ist Kohle noch immer der wichtigste Energieträger und besitzt zudem, im Vergleich zu anderen fossilen Energieträgern, die größten Reserven. Allerdings weist Kohle bei der Verbrennung naturgemäß auch den höchsten CO₂-Emissionsfaktor auf. Da die Bundesregierung im Rahmen der Energiewende vorsieht, bis 2050 den Ausstoß von Treibhausgasen um 80 % zu verringern, muss der Anteil erneuerbarer Energien in der Zukunft erheblich gesteigert werden. Eine mögliche Alternative stellen dabei im Sonnengürtel der Erde gebaute solarthermische Kraftwerksanlagen (engl. concentrated solar power; CSP) dar, die oftmals auf der Parabolrinne oder der Fresneltechnologie basieren. Neben diesen beiden Kraftwerkstypen,

bei denen die Sonnenstrahlung in langen Brennlinien gebündelt wird, werden auch Turmkraftwerke und so genannte Dish-Kraftwerke erprobt, in denen das Sonnenlicht in einem Punkt konzentriert wird.

1.1 Parabolrinnenkraftwerke

Bei Parabolrinnenanlagen bestehen die eingesetzten Kollektoren aus gewölbten Spiegeln, die das Sonnenlicht auf ein in der Brennlinie verlaufendes Absorberrohr, welches aus einem Glaszylinder mit innenverlaufenden Stahlrohr besteht, bündeln. Die Länge solcher Kollektoren liegt je nach Bautyp zwischen 20 und 240 Metern (siehe Abb. 1).

In den Absorberrohren wird die konzentrierte Sonnenstrahlung in Wärme umgesetzt und von dem zirkulierenden Wärmeträgerfluid (typischerweise ein Thermoöl)

gespeichert. Die Parabolrinnen sind in Nord-Süd-Richtung angeordnet und werden im Tagesverlauf von Ost nach West der Sonne nachgeführt. Aufgrund der begrenzten thermischen Stabilität des Thermoöls liegt die maximale Betriebstemperatur dieser Kraftwerkstypen bei ca. 390 °C.

Eine erste Anlage dieses Typs wurde bereits 1912 zur Dampferzeugung für eine 45-kW-Dampfmotorpumpe in Meadi (Ägypten) installiert, eine intensivere Forschung auf diesem Gebiet begann jedoch erst in den Jahren 1977 bis 1982 mit dem Bau zahlreicher Demonstrationsanlagen in den USA und Europa. Der kommerzielle Betrieb startete allerdings erst 1984 in den USA mit der Fertigstellung des ersten SEGS-Kraftwerks (SEGS = Solar Electricity Generation



Abb. 2: Fresnel-Kollektor auf der Plataforma Solar de Almeria. Die Fokussierung der Sonnenstrahlen in dem oben angeordneten Absorberrohr erfolgt durch die Ausrichtung der streifenförmigen Planspiegel. (Quelle: DLR)

System). Mittlerweile wurden in Südkalifornien neun Kraftwerke dieser Baureihe mit einer Gesamtleistung von insgesamt 354 MW errichtet. Ein weiteres Kraftwerk (Nevada Solar One) mit einer Leistung von 64 MW wurde in Boulder City (Nevada, USA) errichtet und ging im Juni 2007 ans Netz. In spanischen Andalusien wurden mit Andasol 1–3 (je 50 MW) die derzeit größten Solarkraftwerke Europas gebaut und in Betrieb genommen. Zur (teilweisen) Überbrückung der Nachtstunden kommt dort ein Flüssigsalz-Wärmespeicher (Solar Salt: 40 Gew.-% KNO_3 , 60 Gew.-% NaNO_3) zum Einsatz. Dazu werden in der „Ladephase“ 28.500 t Salzschnmelze von einem „kalten“ Tank ($T \approx 290^\circ\text{C}$) in einen „heißen“ Tank ($T \approx 385^\circ\text{C}$) gepumpt, wobei die in dem zirku-

lierenden Thermoöl gespeicherte Energie aufgenommen und bis in die Abend- und Nachtstunden gespeichert wird. Sobald die Sonne untergegangen und damit die Energiezufuhr unterbrochen ist, wird das flüssige Speichersalz über Wärmetauscher wieder zurück in den „kalten“ Tank transportiert, wobei die gespeicherte Wärme an den Dampfkreislauf der Stromgewinnung übertragen wird.

1.2 Fresneltechnik

Eine Alternative zu den Parabolrinnen sind die so genannten Fresnel-Spiegel-Kollektoren. Bei diesen wird das Sonnenlicht über mehrere eben angeordnete, planare Spiegelstreifen (nach dem Prinzip einer Fresnel-Linse) auf ein Absorberrohr gebündelt (siehe Abb. 2). Die Strei-

fen werden einachsigt nachgeführt und ein zusätzlicher Sekundärspiegel hinter dem Rohr lenkt die Strahlung auf die Brennlinie. Dieses Konzept befindet sich derzeit in der praktischen Erprobungsphase.

Diese Bauweise verbindet die Funktionsprinzipien von Parabolrinnenkollektoren und Turmkraftwerken miteinander, wobei sowohl auf gewölbte Spiegel als auch auf mehrachsige Sonnenstandsnachführungen verzichtet wird, wodurch erhebliche Kostenvorteile erwartet werden. Da zudem das Absorberrohr im Gegensatz zu den Parabolrinnenkonstruktionen nicht bewegt wird, können sehr lange Kollektoren gebaut werden, die durch die einseitige Kompensation durch flexible Verbindungen geringere Strömungswiderstände

für das Wärmeträgermedium aufweisen. Dem stehen allerdings Verschattungsverluste zwischen den Spiegelstreifen gegenüber.

Versuchs- und Demonstrationsanlagen existieren in Australien (ca. 1.800 m², seit 2004) und Spanien (352 m², seit 2004). Seit August 2012 ist das Fresnelkraftwerk PE 2 der Karlsruher Firma Novatec Solar im kommerziellen Dauerbetrieb. Es hat eine elektrische Leistung von 30 MW und basiert auf linearer Fresnelkollektortechnologie. PE 2 umfasst neben einem konventionellen Kraftwerksblock einen solaren Dampferzeuger mit einer Spiegelfläche von ca. 302.000 m².

1.3 Weiterentwicklungen mit Salzschnmelzen als Wärmeträgerfluid

In den bereits vorgestellten Kraftwerken dient Flüssigsalz lediglich als Speichermaterial, um auch in den Nachtstunden Energie liefern zu können. In heutigen kommerziellen Parabolrinnenkraftwerken wird die eingestrahelte Energie in Form von Wärme mittels Thermoölen, wie z. B. VP-1 der Firma Solutia®, einem eutektischen Gemisch aus 73,5 Gew.-% Biphenylether und 23,5 Gew.-% Biphenyl mit einer Schmelztemperatur von 12 °C, vom Kollektorfeld zu den Wärmetauschern transportiert, wo diese entweder auf den Speicher- oder auf den Dampfkreislauf übertragen wird. Zur Erhöhung der maximalen Betriebstemperatur sollen bei einer neuen Generation von solarthermischen Kraftwerksanlagen geschmolzene Salze (Molten Salt) sowohl als Speichermaterial als auch als Wärmeträgerfluid in den Receiverrohren eingesetzt werden. Vom Wegfall des zweiten Kreislaufes (HTF/Speicher & HTF/Dampferzeu-

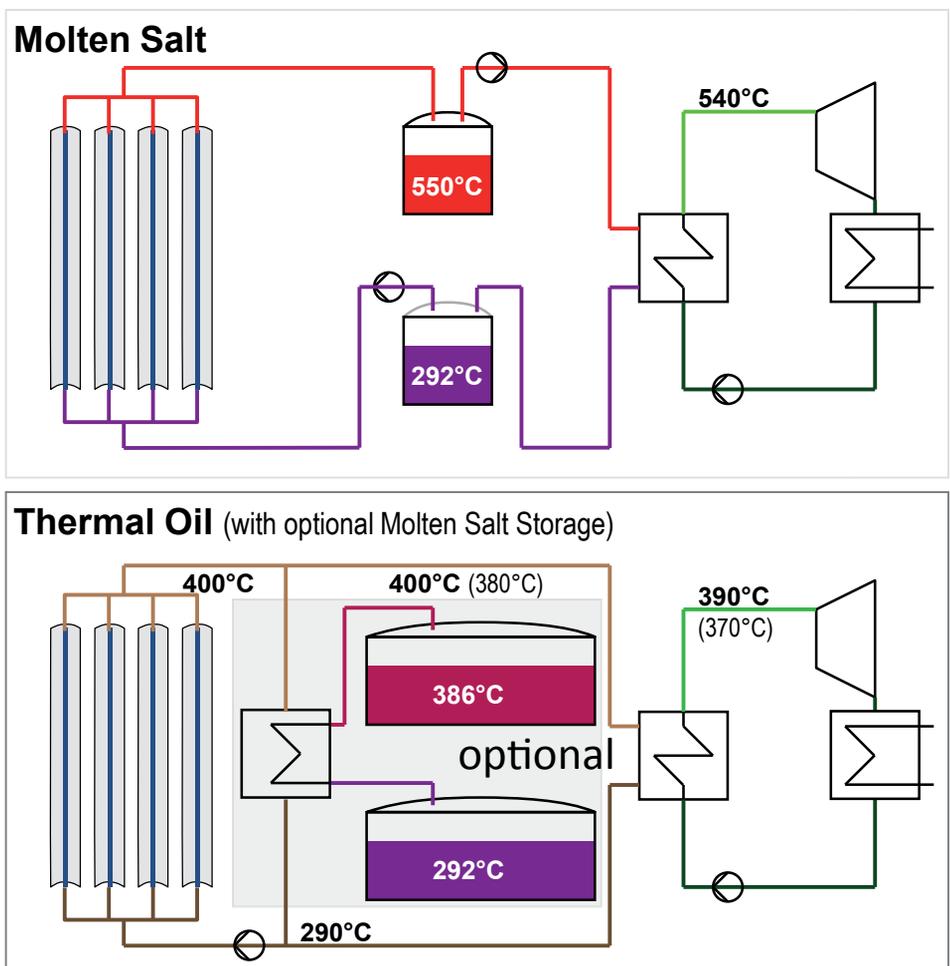


Abb. 3: Schema zweier CSP-Anlagen, oben: Ein Kreislauf mit Salzschnmelze für Absorber und Speicher unten: Konventioneller Aufbau mit Thermoöl im Primärkreislauf und Salzschnmelze nur als Speichermedium. (Quelle: Siemens)

ger → Molten Salt/Dampferzeu- ger) erwartet man sich neben einer erheblichen Kosteneinsparung eine zusätzliche Effizienzsteigerung.

Ein Beispiel für diesen Bautyp ist die Anlage Archimede im italienischen Priolo Gargallo, welche als Prototyp eines Parabolrinnenkraftwerks mit flüssigem Salz als Wärmeträgermedium im Kollektorfeld gilt. Sie weist mit einer oberen Betriebstemperatur von 550 °C eine Bruttoleistung von ca. 5 MW und eine Speicherkapazität von acht Volllaststunden auf. In Fuentes de Andalucía wurde dahingegen ein Solarturmkraftwerk mit flüssi-

gem Salz als Wärmeträgermedium errichtet. Das so genannte Gemasolar (ursprünglich: SolarTres) Kraftwerk hat eine elektrische Leistung von 17 MW, eine Speicherkapazität von 15 Volllaststunden und eine obere Salztemperatur von bis zu 565 °C.¹

Als Flüssigsalzkomponente werden überwiegend binäre und ternäre Nitratmischungen, wie z. B. Solar Salt (60 Gew.-% NaNO₃, 40 Gew.-% KNO₃) und HitecXL (48 Gew.-% Ca(NO₃)₂, 7% Gew.-% NaNO₃, 45 Gew.-% KNO₃) eingesetzt.² Aufgrund der chemischen Zersetzung bei hohen Temperaturen weisen die Nitratschnmelzen



Abb. 4: Errichtung der Anlagenkomponenten auf der Baustelle in Evora (Quelle: Siemens)

eine unzureichende Stabilität im Temperaturbereich $> 550\text{ }^{\circ}\text{C}$ auf und begrenzen somit den Wirkungsgrad der nachgeschalteten Stromgewinnung.

2 Untersuchungen niedrigschmelzender Chloridmischungen

Im Rahmen des vom Bundesministerium für Bildung und Forschung (BMBF) geförderten Forschungsprojekts High Performance Solarthermie hat die K+S AG zusammen mit Projektpartnern aus der Industrie und Forschung (Siemens AG, Deutsches Zentrum für Luft- und Raumfahrt [DLR], Senior Berghöfer GmbH und Steinmüller Engineering GmbH) an der Errichtung einer Kraftwerksteanlage mitgearbeitet, bei der geschmolzenes Salz

als Wärmeträgermedium in den Receivern eingesetzt werden soll. Dabei bestand das Aufgabenpaket der K+S AG hauptsächlich darin,

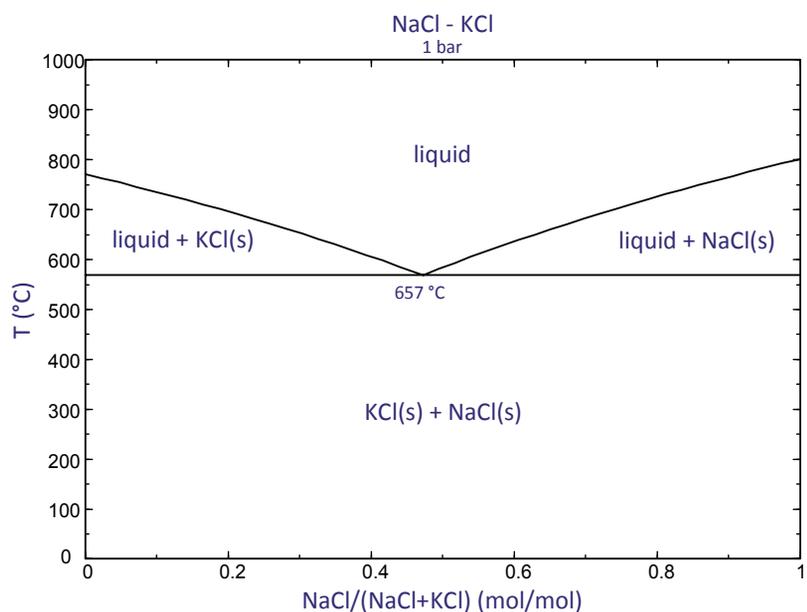


Abb. 5: Berechnetes binäres Phasendiagramm für das System NaCl | KCl bei 1 bar⁴

innovative niedrigschmelzende Salzmischungen auf Chloridbasis zu entwickeln. Um die Hauptanforderung – Mischung mit einem Schmelzpunkt von unter 150 °C – zu erreichen, wurde beabsichtigt, bevorzugt firmeneigene Produkte zu verwenden.

Im Oktober 2011 begann der Bau der Testanlage auf dem Gelände der Universität Evora, rund 130 Kilometer südöstlich von Lissabon (Abb. 4).

Nachdem Siemens dieses Jahr den Ausstieg aus der Solarbranche ankündigte, führt das DLR das Projekt als „HPS2“ in Kooperation mit deutschen, schweizerischen und portugiesischen Partnern weiter und strebt einen ersten Testbetrieb Ende 2014 an.

2.1 Binäre Zusammensetzungen

Ausgehend von preisgünstigen und gut verfügbaren Alkalichloriden, wie z. B. Natrium- und Kaliumchlorid, können naturbedingt keine Schmelztemperaturen im angestrebten Temperaturbereich realisiert werden. Das K+S-Produkt Montanal, das als Schmelzsatz bei der Sekundäraluminiumproduktion eingesetzt wird, besteht aus einer Mischung aus NaCl (68 Gew.-%) und KCl (29 Gew.-%) mit einem geringen Zusatz an Flussspat (CaF₂) und hat einen Schmelzpunkt von ca. 720 °C.³ Wie Abb. 5 zeigt, wird das nahezu äquimolare Gemisch des NaCl|KCl-Systems ab 657 °C flüssig. Alle hier gezeigten Phasendiagramme wurden unter Verwendung der Software FactSage⁴ berechnet. Die Temperatur ist jedoch bei weitem noch zu hoch, um als Wärmetransportmedium in solarthermischen Kraftwerksanlagen zum Einsatz zu kommen. Daher musste durch

Zusammensetzung	MgCl ₂ [mol-%]	KCl [mol-%]	NaCl [mol-%]	Schmelzpunkt [°C]
1	28,17	18,25	53,58	356,0
2	45,62	26,90	27,48	353,4
3	31,96	22,07	45,97	338,2
4	40,39	30,24	29,37	338,0
5	37,61	30,38	32,01	331,5
6	34,25	25,16	40,59	330,8

Tabelle 1: Molare Zusammensetzungen und berechnete Schmelztemperaturen innerhalb des Systems MgCl₂|NaCl|KCl

ZnCl ₂ [mol-%]	NaCl [mol-%]	KCl [mol-%]	T _{m(theo.)} [°C]	T _{m(exp.)} [°C]	T _{f(exp.)} [°C]
29,4	11,4	59,2	395,0	405,0	377,3
38,6	22,1	39,3	279,7	266,8	222,5
44,4	13,8	41,8	228,8	210,4	137,3
59,5	18,6	21,9	212,8	210,1	162,5
52,9	13,4	33,7	203,5	223,6	164,7

Tabelle 2a: Berechnete und experimentelle Schmelz- und Erstarrungspunkte (T_{m(theo.)}, T_{m(exp.)} und T_{f(exp.)}) binärer sowie ternärer Zusammensetzungen des [ZnCl₂]|NaCl|KCl-Systems

FeCl ₃ [mol-%]	NaCl [mol-%]	KCl [mol-%]	T _{m(theo.)} [°C]	T _{m(exp.)} [°C]	T _{f(exp.)} [°C]
48,3	–	51,7	234,5	–	–
50,2	49,8	–	162,0	162,6	147,8
50,0	31,8	18,2	124,2	140,1	132,6
51,6	29,0	19,4	114,8	–	–

Tabelle 2b: Berechnete und experimentelle Schmelz- und Erstarrungspunkte (T_{m(theo.)}, T_{m(exp.)} und T_{f(exp.)}) binärer sowie ternärer Zusammensetzungen des [FeCl₃]|NaCl|KCl-Systems

Zugabe weiterer Salze als dritte oder auch vierte Komponente der Schmelzpunkt in Richtung der im Projekt angestrebten Temperatur von 150 °C gesenkt werden.

2.2 Ternäre Zusammensetzungen

2.2.1 Das System $MgCl_2 | NaCl | KCl$

Bei der Suche nach weiteren Komponenten wurde das Hauptaugenmerk zuerst auf die Chloride gerichtet, die, zumindest von ihrer chemischen Zusammensetzung her, in den Bergwerken der K+S KALI GmbH vorkommen. Aus der Literatur war bereits bekannt, dass der Schmelzpunkt durch Zugabe von Magnesiumchlorid weiter abgesenkt werden kann.⁵ Das berechnete ternäre Phasendiagramm (Abb. 6) weist jedoch lediglich definierte Zusammensetzungen mit Schmelzpunkten von 330,8 bis 356,0 °C aus, wobei sich dieser Temperaturbereich ebenfalls außerhalb des Anforderungsprofils befindet. Eine detaillierte Auflistung der einzelnen molaren Zusammensetzungen und der dazugehörigen Schmelztemperaturen ist in Tabelle 1 gegeben.

2.2.2 Die Systeme $X^{+II/III}Cl_{2/3} | NaCl | KCl$ ($X^{+II} = Zn$ und $X^{+III} = Fe, Al$)

Aus der Literatur war zudem bekannt, dass durch geeignete Mischung von Alkalichloriden mit Metallchloriden, wie z. B. $ZnCl_2$, $FeCl_3$ oder $AlCl_3$, eine deutliche Absenkung der Schmelzpunkte (teilweise auf unter 200 °C) erzielt werden kann.⁶⁻⁷ Mithilfe der Software FactSage wurden, basierend auf den jeweiligen ternären Systemen, Phasendiagramme berechnet. Die erhaltenen Daten sind in Tabellen 2 und 4 aufgelistet.

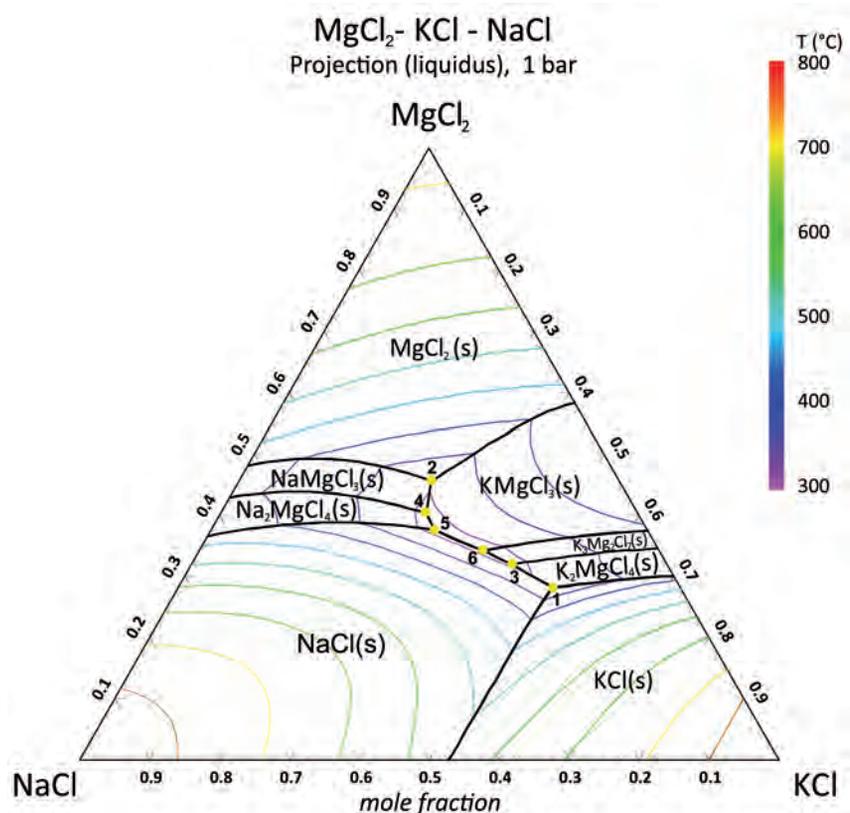


Abb. 6: Berechnetes ternäres Phasendiagramm für das System $MgCl_2 | NaCl | KCl$ bei 1 bar⁴

Durch Zugabe von Zinkdi- und Eisenrichlorid gelingt es, im Labor Mischungen herzustellen, deren Schmelzpunkte eine gute Übereinstimmung mit den theoretisch berechneten Werten aufweisen. Einzig bei der zinkreichsten Probe und der ternären eisenhaltigen Mischung liegen die experimentellen Schmelztemperaturen merklich höher. Diese Ergebnisse belegen, dass innerhalb des Systems

$ZnCl_2 | NaCl | KCl$ keine Zusammensetzungen im angestrebten Temperaturbereich ($T_m \leq 150$ °C) zu realisieren sind. Des Weiteren wiesen die Proben, die $FeCl_3$ enthielten, ein stark hygroskopisches Verhalten auf, so dass an eine industrielle Anwendung nicht zu denken ist.

2.2.3 Das System $AlCl_3 | NaCl | KCl$

Als die vielversprechendste Option zum Erreichen niedriger Schmelz-

Binär	Ternär	Quaternär
$AlCl_3-LiCl$	$AlCl_3-NaCl-KCl$	–
$AlCl_3-NaCl$	$AlCl_3-LiCl-NaCl$	$AlCl_3-LiCl-NaCl-KCl$
$AlCl_3-KCl$	$AlCl_3-LiCl-KCl$	–

Tabelle. 3: Übersicht über die untersuchten Stoffsysteme

temperaturen erwiesen sich die Systeme mit AlCl_3 und optional mit einem oder mehreren Alkali-halogeniden (LiCl , NaCl , KCl). Die Untersuchungen befassten sich im Einzelnen mit den dazugehörigen binären, ternären und quaternären Systemen. Die experimentellen Arbeiten erstreckten sich auf die in Tab. 3 zusammengefassten Systeme. In äquimolaren Verhältnissen bildet das Alkalichlorid (MCl mit $M = \text{Li}, \text{Na}, \text{K}$) zusammen mit dem Aluminiumtrichlorid die Verbindungen MAlCl_4 .⁸ Diese besitzen im Gegensatz zu den Edukten andere physikalische Eigenschaften und zeichnen sich durch sehr niedrige Schmelztemperaturen aus. Bei jeder Einwaage muss ein geringer Überschuss an Aluminiumtrichlorid hinzugegeben werden. Dadurch wird gewährleistet, dass selbst, wenn eine kleine Menge sublimiert, noch genügend AlCl_3 vorhanden ist, damit das gesamte jeweils eingesetzte Alkali-halogenid während des Aufheizens unter Einhaltung der stöchiometrischen Zusammensetzung umgesetzt werden kann. Die in Tabelle 4 gezeigten Daten belegen zum einen, dass die theoretischen und die experimentellen Werte sehr gut übereinstimmen, und zum anderen, dass sich die Ergebnisse gut reproduzieren lassen.

Für die relativ großen Unterschiede bei den ermittelten Erstarrungspunkten T_f gibt es mehrere Erklärungen. Den größten Einfluss übt dabei die Abkühlrate aus. Wird die Probe sehr schnell abgekühlt, so erstarrt die gesamte Probe erst bei tieferen Temperaturen. Gewährt man der Probe ausreichend Zeit, um sich auf den einwirkenden Temperaturunterschied einzustellen, so erhält man

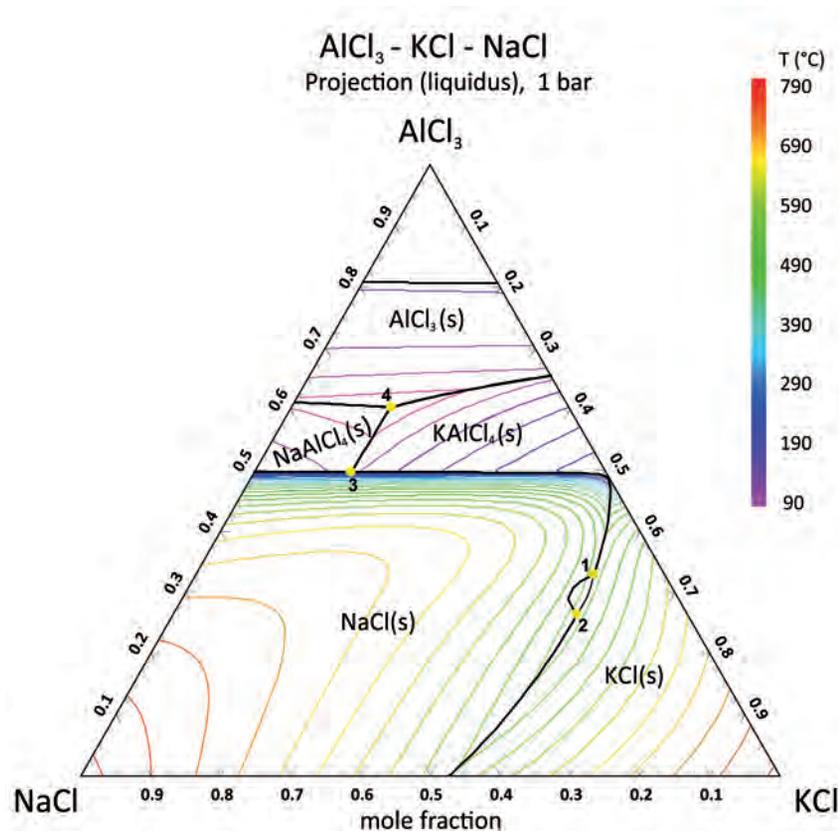


Abb. 7: Berechnetes ternäres Phasendiagramm für das System $\text{AlCl}_3|\text{NaCl}|\text{KCl}$ bei 1 bar⁴

die tatsächliche Erstarrungstemperatur. Im Fall von NaAlCl_4 wurde die erste Probe ($T_f = 126,4 \text{ }^\circ\text{C}$) mit 5 K/min abgekühlt, die zweite Probe ($T_f = 110,5 \text{ }^\circ\text{C}$) mit einer Rate von 10 K/min und die dritte ($T_f = 110,5 \text{ }^\circ\text{C}$) mit 20 K/min. Es ist also anzuneh-

men, dass der tatsächliche Erstarrungspunkt von NaAlCl_4 bei ca. $126 \text{ }^\circ\text{C}$ oder sogar noch höher liegt.

Eine weitere Rolle spielt die Anwesenheit von Kristallisationskeimen. Sind solche Keime (eventuell durch geringfügige Oxidations-

Probe	AlCl_3 [mol-%]	MCl [mol-%]	$T_{m(\text{theo.})}$ [$^\circ\text{C}$]	$T_{m(\text{exp.})}$ [$^\circ\text{C}$]	$T_{f(\text{exp.})}$ [$^\circ\text{C}$]
$M = \text{Li}$	50,2	49,8	145,3	143,7	110,2
$M = \text{Na}$	50,2	49,8	156,1	154,7	126,4
				155,3	119,1
				155,2	110,5
$M = \text{K}$	50,2	49,8	257,1	257,8	235,9

Tabelle 5: Berechnete und experimentelle Schmelz- und Erstarrungspunkte ($T_{m(\text{theo.})}$, $T_{m(\text{exp.})}$ und $T_{f(\text{exp.})}$) binärer sowie ternärer Zusammensetzungen bestehend aus AlCl_3 und MCl

vorgänge oder Gefäßverunreinigungen entstanden) bereits vor dem eigentlichen Erstarren in der Schmelze vorhanden, so wachsen Kristalle aus der Schmelze an diesen Keimen, und die im Experiment beobachtete Erstarrung tritt bereits bei höheren Temperaturen ein.

Durch die Hinzugabe eines zweiten Alkalichlorids kann die Schmelztemperatur weiter verringert werden. Die Abb. 7 zeigt das theoretisch berechnete Phasendiagramm der Komponenten AlCl₃, NaCl und KCl, welches zuvor durch Robelin et al.⁷ vorausgesagt wurde und durch eigene Berechnung im K+S-Forschungsinstitut bestätigt werden konnte.

Da die Zusammensetzung mit 50 mol-% AlCl₃ einen Schmelzpunkt von 132,1 °C⁷ und zusätzlich noch einen moderaten Dampfdruck aufweist, wurde auch bei diesen Untersuchungen die eutektische Mischung (Zusammensetzung im Punkt 4) nicht genauer betrachtet. Diese besäße zwar mit 91,4 °C einen niedrigeren Schmelzpunkt, jedoch würde der höhere Anteil an AlCl₃ den Dampfdruck bei steigender Temperatur viel schneller anwachsen lassen.

Auch die dargestellten ternären Salzmischungen wurden mittels des thermogravimetrischen Analysegeräts (TGA/DSC1) der Firma Mettler-Toledo in Bezug auf die jeweiligen Schmelz- bzw. Erstarrungspunkte untersucht. Die beobachteten Messergebnisse sind in Tabelle 5 zusammengefasst. Die theoretischen Schmelz- und Erstarrungspunkte der einzelnen Zusammensetzungen wurden wie zuvor mit dem Programm FactSage berechnet. Für die Mischungen von AlCl₃, NaCl und KCl konnte auch hier wieder die Abhängigkeit der Erstarrungstemperatur von der Abkühlrate (5, 10 und 20 K/min) gezeigt werden.

2.2.4 Korrosionseigenschaften des Systems AlCl₃|NaCl|KCl

Die Korrosion in Salzschnmelzen wurde u.a. bereits 1970 durch A. Wieber untersucht.⁹ Wieber führt die beobachteten Korrosionserscheinungen auf a) oxidativen und b) protolytischen Angriff zurück. Möglicherweise spielen aber auch Lewis-Säuren vom Typ [Al₂Cl₇]⁻ oder Brønsted-Supersäuren HCl(Al₂Cl₇)⁻ eine wesentliche Rolle^{10,11}. In allen Fällen setzt

dies zumindest die Anwesenheit von Spuren von H₂O in der Salzschnmelze voraus. Da AlCl₃ stark hygroskopisch reagiert, sind die völlig wasserfreie Präparation und das Handling solcher Schmelzen unter den Feldbedingungen von CSP-Anlagen auch heute noch eine technologische Herausforderung. Das Fraunhofer-Institut für Werkstoffmechanik (IWM) in Freiburg hat im Auftrag von K+S in der Tat an Proben gängiger Werkstoffe, die im HPS-Projekt Verwendung finden, unter Luft-Atmosphäre bei 400 °C einen verstärkten Korrosionsangriff feststellen können¹². Ob sich die Korrosion durch den Einsatz von Sauerstoff- oder Protonen-Scavengers in der Schmelze bzw. den vollständigen Ausschluss dieser Spezies in der Herstellung und Handling solcher AlCl₃-haltiger Salzschnmelzen beherrschen lässt, bleibt zukünftigen Untersuchungen vorbehalten.

2.2.5 Quaternäre bzw. quasi-ternäre Systeme und Salzschnmelzen

Durch eigens im K+S-Forschungsinstitut erstellte theoretische Berechnungen bezüglich des quaternären Systems, bestehend aus AlCl₃ und

Zusammensetzung	LiCl [mol-%]	NaCl [mol-%]	KCl [mol-%]	T _m (theo.) [°C]	T _m (exp.) [°C]	T _f (exp.) [°C]
	27,5	22,5	–	103,0	107,5	69,2
jeweils 50 mol-% AlCl ₃	37,2	–	12,8	123,8	122,6	105,2
	–	36,4	13,6	132,1	132,9 132,7 132,2	111,0 103,6 85,8

Tabelle 4: Berechnete und experimentelle Schmelz- und Erstarrungspunkte (T_m(theo.), T_m(exp.) und T_f(exp.)) ternärer bzw. quasi-binärer eutektischer Zusammensetzungen mit 50 mol-% AlCl₃

allen drei vorher eingesetzten Alkalichloriden (LiCl, NaCl, KCl), konnte eine weitere niedrigschmelzende Zusammensetzung (50 mol-% AlCl₃, 23 mol-% LiCl, 19 mol-% NaCl, 8 mol-% KCl) identifiziert werden. Durch diese Quaternisierung ist es gelungen, den Schmelzpunkt auf unter 100 °C zu senken. Bei etwa 95,4 °C ($T_{m(\text{exp.})}$) ist das gesamte Salz vollständig geschmolzen. Auch in diesem Fall stimmt der experimentelle Schmelzpunkt in guter Näherung mit dem theoretischen ($T_{m(\text{theo.})} = 92,3 \text{ °C}$) überein.

3 Fazit

Anhand der gezeigten Ergebnisse kann belegt werden, dass die innerhalb des Systems AlCl₃-MCl ($M = \text{Li, Na, K}$) identifizierten und charakterisierten Salzmischungen mit Schmelztemperaturen von unter 150 °C den gestellten Projektanforderungen entsprechen. Die Zusammensetzungen, die einen höheren Gehalt als 50 mol-% Aluminiumtrichlorid aufweisen oder die Eisentrichlorid enthalten, werden für eine mögliche industrielle Anwendung nicht in Betracht gezogen, da sich die Dampfdrücke der Schmelzen und/oder die Lagerung des fertigen Produkts als äußerst kritisch erweisen.

Reines wasserfreies Aluminiumtrichlorid reagiert mit Wasser zwar heftig unter Bildung von Salzsäuredämpfen, und selbst schon die vorhandene Luftfeuchtigkeit löst diesen Vorgang in abgeschwächter Form aus. Liegen die Edukte allerdings in bereits miteinander reagierter Form (MAlCl₄ mit $M = \text{Na, K}$) vor, so sind die beschriebene hohe Reaktivität nicht mehr gegeben

und die weitere Verarbeitung und Lagerung erheblich unkomplizierter. Die Verbindung NaAlCl₄ wird bereits seit Jahren großtechnisch als Schmelzelektrolyt in Natrium/Nickelchlorid-Batterien (ZEBRA-Batterien = Zero Emission Batterie Research Activity) eingesetzt.¹³ Dies zeigt, dass eine Anwendung in solarthermischen Kraftwerken durchaus denkbar wäre, vorausgesetzt, die Korrosion lässt sich durch geeignete Materialwahl oder Inhibitoren beherrschen.

Salzschmelzen auf der Basis von MgCl₂, NaCl und KCl stellen eine interessante Alternative für den Temperaturbereich oberhalb 330 °C dar. Allein im Bereich bis 356 °C besitzt dieses Phasensystem sechs diskrete Umwandlungspunkte, was es besonders für Phasenwechspeicher qualifiziert. Aber auch für sensible Speicher oberhalb 330 °C ist eine solche Salzschmelze geeignet. Die Materialeigenschaften dieser Salzschmelzen bedürfen aber noch der weiteren Untersuchungen.

Literaturverzeichnis

- 1 http://www.solarpaces.org/Tasks/Task1/solar_tres.htm (abgefragt 19.09.2013).
- 2 W. Vogel, H. Kalb, Large-Scale Solar Thermal Power: Technologies, Costs and Development, Wiley-VCH Verlag, Weinheim, (2010).
- 3 http://www.ks-entsorgung.com/de/pdf/technisches_merkblatt_montanal.pdf (abgefragt 19.09.2013).
- 4 FactSage, GTT Technologies, Herzogenrath (2011).
- 5 C. W. Bale, P. Chartrand, S. A. Degterov, G. Eriksson, K. Hack, R. Ben Mahfoud, J. Melaçon, A. D. Pelton,

S. Peterson, Calphad Journal, 26(2), 189–228 (2002).

6 A. D. Pelton, J. M. Skeaff, C. W. P. L. Lin, Can. J. Chem., 60, 1664 (1982).

7 C. Robelin, P. Chartrand, J. Chem. Thermodynamics, 43, 377, (2011).

8 H. A. Øye, Metall. Mat. Trans. B, 31B, 641 (2000).

9 A. Wieber, „Über die Korrosion von Metallen in chloridhaltigen Salzschmelzen“, Inauguraldissertation an der Phil.-Nat.wiss. Fakultät, Universität Basel, (1970).

10 M. Dötterl, K+S-Forschungsinstitut, interne Mitteilung, (2013)

11 M. Dötterl, H.G. Alt, ChemCat-Chem, 3, 1799 (2011).

12 E. Piedra, W. Pfeiffer, Fraunhofer IWM, Freiburg, Interner Zwischenbericht, (27.06.2013)

13 H. Böhm, „Eine neue Hochenergiebatterie“, Technische Rundschau, 45, (1990).

Bildnachweis

Abb. 1: © sbp sonne gmbh, Schwabstrasse 43, 70197 Stuttgart, www.sbp.de

Abb. 2: © Deutsches Zentrum für Luft- und Raumfahrt e.V. (DLR), Organisationseinheit Kommunikation, Abteilung Crossmedia, Linder Höhe, 51147 Köln
Abb. 3+4: © Siemens AG, Energy Sector, Solar, Hugo-Junkers-Str. 15–17, 90411 Nürnberg

Potassium and Magnesium for an efficient Water Use and Yield Security

Agriculture depends, like no other sector, on climatic conditions. Unfavourable weather conditions like drought or severe frost expose the plants to high stress, increase the risk of yield losses and thus directly affect the economic success of the farm. In addition to the site-specific choice of crops and varieties and appropriate agronomic practices, plant nutrition has a significant influence on the stress resistance of plants. A balanced fertilisation therefore allows good yields even under unfavourable conditions. With a balanced nutrient supply to their crops, farmers can increase yields and minimise the risks of damages due to drought. In particular, potassium and magnesium play an important role, among others by preventing unproductive water losses and by promoting root growth. On a global scale, fertilisation with potassium and magnesium is thus making a significant contribution to food security as water is a scarce resource in many regions of the world.

Kalium und Magnesium für eine effiziente Wassernutzung und sichere Erträge



Prof. Dr. Andreas Gransee,
Leiter Angewandte
Forschung und Beratung
Agro, K+S KALI GmbH

Die Landwirtschaft ist wie kein zweiter Wirtschaftszweig von den klimatischen Verhältnissen abhängig. Wetterextreme wie Trockenheit oder starker Frost setzen die Pflanzen hohem Stress aus, erhöhen das Risiko von Ertragseinbußen und beeinträchtigen damit unmittelbar den wirtschaftlichen Erfolg des landwirtschaftlichen Betriebes. Neben der standortgerechten Wahl von Kulturen und Sorten sowie passenden Anbauverfahren hat die Pflanzenernährung einen maßgeblichen Einfluss auf die Stressresistenz der Pflanzen. Eine ausgewogene Düngung ermöglicht daher auch unter ungünstigen Bedingungen gute Erträge. Mit einer optimalen Nährstoffversorgung ihrer Kulturen können Landwirte die Erträge steigern und die Risiken von Trockenschäden minimieren. Insbesondere Kalium und Magnesium spielen hier eine wichtige Rolle, unter anderem indem sie unproduktive Wasserverluste verhindern und das Wurzelwachstum fördern. Im weltweiten Maßstab leistet die Düngung mit Kalium und Magnesium damit einen entscheidenden Beitrag zur Ernährungssicherung, denn Wasser ist in vielen Regionen der Welt eine knappe Ressource.

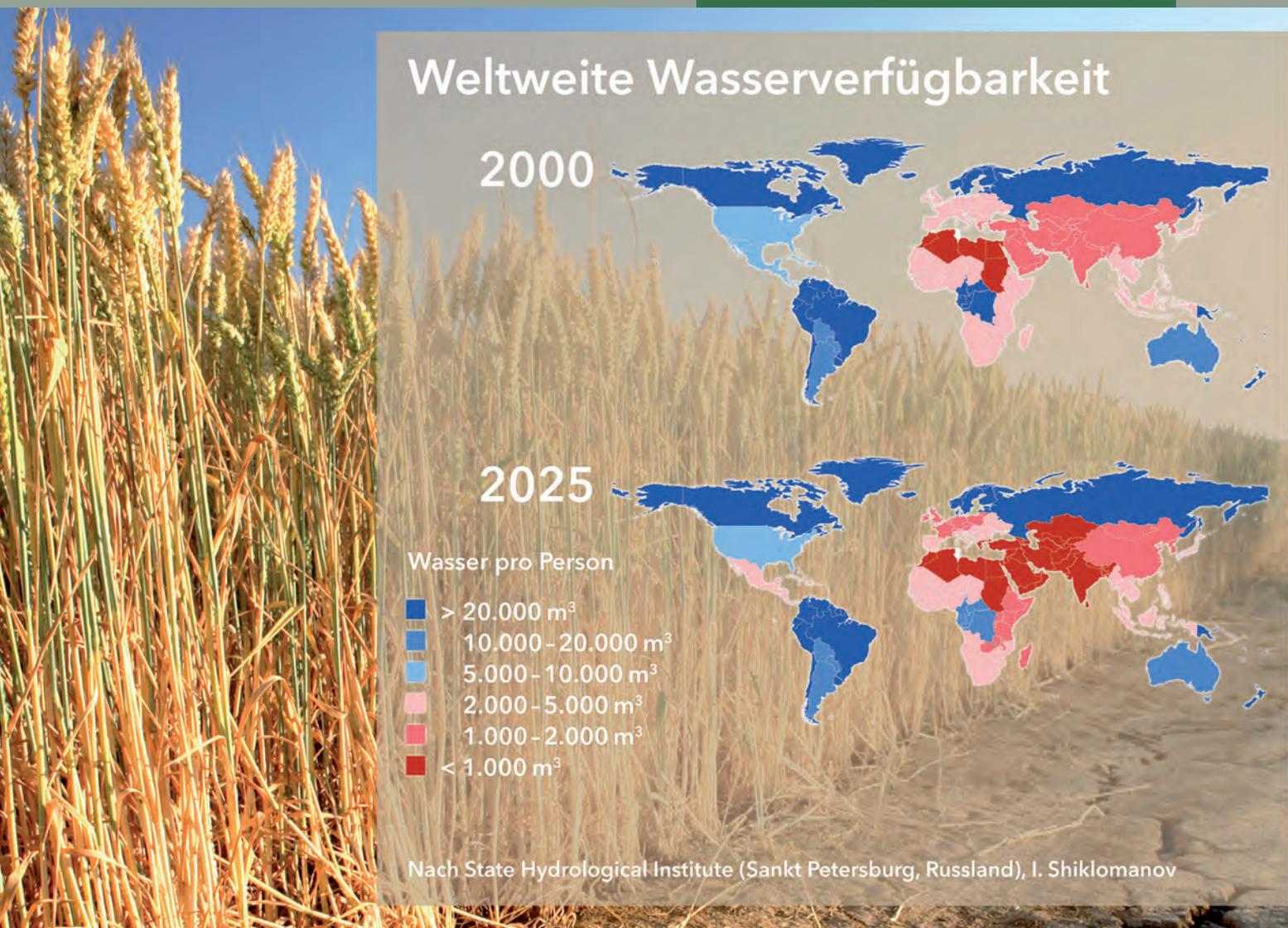


Abb. 1: In den nächsten Jahren und Jahrzehnten wird Wasser in vielen Regionen der Welt knapp, in denen heute noch ausreichend Niederschläge fallen.

Das Klima verändert sich

In den vergangenen Jahren waren immer wieder Wetterextreme zu beobachten. Trockene und heiße Perioden im Frühjahr und Frühsommer haben in Deutschland und anderen europäischen Ländern zugenommen. Das gilt auch für Winterperioden mit extrem niedrigen Temperaturen. In Zukunft wird sich der Klimawandel fortsetzen, Witterungsextreme werden häufiger auftreten. Dies hat dramatische Auswirkungen auf den Anbau landwirtschaftlicher Kulturen und damit auch auf die Lebensmittel-, Energie- und Rohstoffherzeugung.

Die Landwirtschaft ist wie kein zweiter Wirtschaftszweig von

den klimatischen Verhältnissen abhängig. Wetterextreme setzen die Pflanzen hohem Stress aus, erhöhen das Risiko von Ertragseinbußen und beeinträchtigen damit unmittelbar den wirtschaftlichen Erfolg des landwirtschaftlichen Betriebes.

Global betrachtet verknappen ungünstige Wetterbedingungen wie Trockenheit oder extremer Frost die Agrarproduktion, die zur Ernährungssicherung einer wachsenden Weltbevölkerung dringend benötigt wird. Wissenschaftler arbeiten mit Hochdruck an der Frage, wie sich die Folgen des Klimawandels global, aber auch regional auswirken werden. Zugleich suchen sie nach Lösungs-

ansätzen, wie die Landwirtschaft diesen Herausforderungen begegnen kann. Auch für die angewandte Forschung der K+S KALI GmbH ist die Ertragssicherheit unter ungünstigen Wetterbedingungen ein zentrales Thema.

Risikominimierung gewinnt für die Landwirtschaft an Bedeutung

Wetterextreme stellen für die Landwirtschaft ein ernst zu nehmendes Risiko dar, das den wirtschaftlichen Erfolg gefährden kann. Während sich gegen Hagelschäden Versicherungen etabliert haben, ist ein Versicherungsschutz vor Frost oder Trockenheit in vielen Ländern bisher nicht realisierbar. Dennoch gibt es gute Möglichkeiten, die

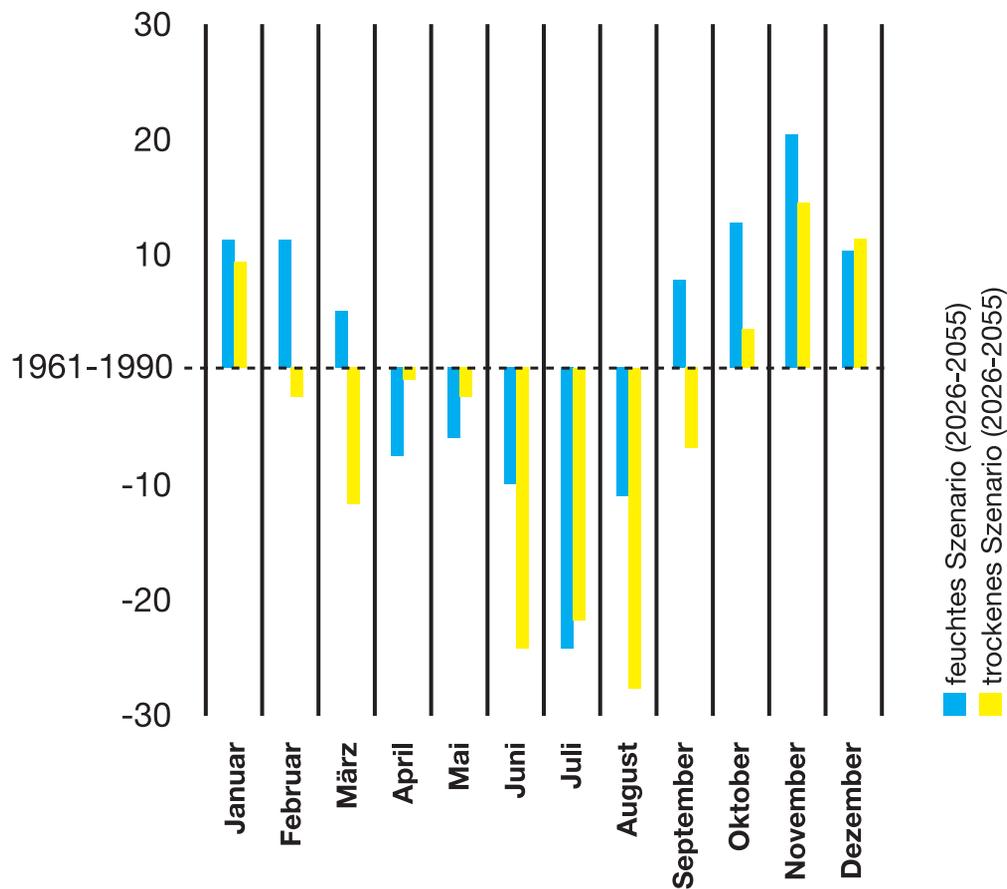


Abb. 2: Selbst bei optimistischen Schätzungen ist davon auszugehen, dass die Wintermonate feuchter und die Sommer trockener werden. Die Grafik zeigt die Veränderung der klimatischen Wasserbilanz (verfügbares Wasser) für den Zeitraum 2026–2055 zum Zeitraum 1961–1990 für den Raum Kassel. Sie ist die Differenz von Niederschlag und Evapotranspiration (Gesamtverdunstung). (Quelle: Potsdam-Institut für Klimafolgenforschung, 2009)

Risiken zu minimieren. Neben der standortgerechten Wahl von Kulturen und Sorten sowie passenden Anbauverfahren hat die Pflanzenernährung einen maßgeblichen Einfluss auf die Stressresistenz der Pflanzen. Eine ausgewogene Düngung ermöglicht daher auch unter ungünstigen Bedingungen gute Erträge.

Mit einer optimalen Nährstoffversorgung ihrer Kulturen können Landwirte die Erträge steigern und die Risiken von Wetterextremen minimieren. Im weltweiten Maßstab leistet die Düngung damit

einen entscheidenden Beitrag zur Ernährungssicherung.

Infolge des Klimawandels wird Wasser immer knapper

Wasser ist in vielen Regionen der Welt so knapp, dass es die limitierende Ressource der landwirtschaftlichen Produktion ist. Diese Situation wird sich in den nächsten Jahren durch den Klimawandel noch verschärfen. Regionen, in denen heute noch ausreichend Niederschläge fallen, werden in Zukunft zu Trockengebieten (Abb. 1). Wetterereignisse wie die

schwere Dürre in den USA im Jahr 2012 oder Hungersnöte in verschiedenen Regionen Afrikas führen uns immer wieder vor Augen, welche Folgen Trockenheit für die Landwirtschaft und die Menschen haben kann.

Auch in Deutschland ist Wasser eine limitierende Ressource

Prognosen zufolge wird sich die Wasserverfügbarkeit auch in Deutschland verändern. Grundsätzlich steht hier durch das gemäßigte Klima ausreichend Wasser zur Verfügung. Auch

in Zukunft werden sich die Niederschlagsmengen im Jahresdurchschnitt voraussichtlich auf einem guten Niveau halten. Jedoch wird sich die Verteilung über das Jahr verändern: mehr Niederschlag im Winter, aber weniger Regen in den Sommermonaten. Trockenphasen werden damit verstärkt in der Zeit der höchsten Wachstumsraten unserer Kulturpflanzen auftreten, also genau dann, wenn deren Wasserbedarf besonders hoch ist und die Weichen für die Ertragsbildung gestellt werden (Abb. 2).

Erste Auswirkungen dieser Klimaveränderung mussten viele Landwirte bereits in den vergangenen Jahren erfahren. Sie waren von einer ausgeprägten Vorsommertrockenheit betroffen, die die Entwicklung der Pflanzen bereits zu Beginn der Wachstumsphase beeinträchtigte. Die entstandenen Schäden konnten auf vielen Standorten im weiteren Vegetationsverlauf nicht kompensiert werden. Die Folge sind teils drastische Ertrags einbußen.

Forschung der K+S KALI GmbH zur Wassernutzungseffizienz

Die zunehmenden Trockenphasen hat die K+S KALI GmbH zum Anlass genommen, die Zusammenhänge zwischen der Pflanzenernährung und dem Wasserbedarf der Kulturen näher zu betrachten. In einem umfangreichen Forschungsprojekt in Kooperation mit den Universitäten Gießen, Halle, Kiel und Istanbul wurde nachgewiesen, dass eine Düngung mit Kalium und Magnesium die Wassernutzungseffizienz erhöht.

In dem Forschungsprojekt konnten viele Zusammenhänge erklärt werden. Einige Fragen sind aber auch noch offen. Deshalb hat die K+S KALI GmbH ihr Forschungsengagement zur Wassernutzungseffizienz verstärkt. Gemeinsam mit der Georg-August-Universität Göttingen betreibt das Unternehmen das Institute of Applied Plant Nutrition, IAPN. Die Wissenschaftler am Institut erforschen die effiziente Nutzung von Ackerland, Wasser und Pflanzennährstoffen und haben es sich zur Aufgabe gemacht, neue wissenschaftliche Kenntnisse an die Landwirtschaft weiterzugeben. Der Forschungsschwerpunkt am IAPN liegt nun zunächst auf dem Zusammenhang zwischen Pflanzenernährung und Wassernutzungseffizienz. Das Ziel ist, die Wirkung der Nährstoffe noch besser zu verstehen und auf Basis der neuen Erkenntnisse Düngempfehlungen zu entwickeln, mit denen Landwirte das Risiko von Ertragsausfällen minimieren können.

Trockenstress – Was passiert in Boden und Pflanze?

Die Landwirtschaft steht vor der Herausforderung, den Kulturpflanzen im Vegetationsverlauf über trockene Perioden hinwegzuhelfen und ihnen das Rüstzeug für eine hohe Wassernutzungseffizienz zu geben. Aber welche Faktoren beeinflussen die Wassernutzungseffizienz? Wie genau nimmt Trockenheit Einfluss auf die Ertragsbildung?

Und wie lässt sich die Wassernutzungseffizienz gezielt durch die Pflanzenernährung beeinflussen?

Um diese Fragen beantworten zu können, müssen zunächst die Auswirkungen von Trockenstress auf Boden und Pflanze betrachtet werden. Sowohl in der Pflanze als auch im Boden verändert Trockenheit eine Reihe von Prozessen.

Was bedeutet Wassernutzungseffizienz?

Die Wassernutzungseffizienz misst die Fähigkeit einer Pflanze, die Ressource Wasser in Biomasse umzusetzen. Sie lässt sich als Menge produzierter Biomasse pro Einheit Wasserverbrauch messen (z. B. g Trockenmasse/Liter Wasser). Das Ziel ist, den Ertrag pro Liter verbrauchtem Wasser zu maximieren.

Der Boden: Wasser- und Nährstofflieferant

Dem Boden kommt in der landwirtschaftlichen Produktion eine übergeordnete Rolle zu. Neben der Verankerung der Pflanze versorgt er diese mit Wasser und mit Nährstoffen. Bei Trockenheit steht der Pflanze nicht nur weniger Wasser zur Verfügung, sondern auch die Nährstoffaufnahme wird beeinträchtigt. Denn damit eine Pflanze Nährstoffe aufnehmen kann, müssen diese an die Wurzel herantransportiert werden. Dafür ist ein ausreichender Wassergehalt im Boden erforderlich.



Abb 3: Die Kaliumdüngung macht den Unterschied: Während im Vordergrund die Zuckerrüben ohne Kaliumdüngung starke und irreversible Welkesymptome zeigen, stehen die mit Kalium gedüngten Zuckerrüben noch immer gut da. (Foto: W. Grzebisz)

Die Pflanze: Optimierte Wassernutzung

Die Pflanze kann auf Trockenstress in einem gewissen Rahmen reagieren. Tatsächlich reguliert eine Pflanze ihren Wasserhaushalt sehr sorgfältig, um unproduktive Wasserverluste zu minimieren. Zum Beispiel bilden Pflanzen eine Wachsschicht (Kutikula) auf den Blättern, die Wasserverluste über die gesamte Blattfläche minimiert.

Die Aufnahme von CO₂ und die Abgabe von Wasserdampf über das Blatt sind jedoch notwendig, damit die Pflanze effektiv Photosynthese betreiben kann. Die Abgabe von Wasserdampf erfolgt durch die Spaltöffnungen (Stomata) an der Unterseite des Blattes. Eine ungestörte Regulation dieser Stomata ist somit für eine hohe Wassernutzungseffizienz besonders wichtig. Ein weiterer

wichtiger Faktor gerade unter Trockenstressbedingungen in frühen Wachstumsstadien ist ein gut ausgebildetes Wurzelsystem, das auch bei längeren Perioden ohne Niederschläge eine kontinuierliche Wasseraufnahme aus tieferen Bodenschichten ermöglicht, in denen noch Wasser gespeichert ist.

Trockenstress begegnen – wie Nährstoffe das Risiko von Ertragsausfällen minimieren

Landwirte haben die Möglichkeit, den Boden und die Pflanze auf ein vermindertes Wasserangebot vorzubereiten und so dem Trockenstress zu begegnen. Neben einer angepassten Sortenwahl und Bodenbearbeitung hat vor allem die Pflanzenernährung einen maßgeblichen Einfluss auf die Wassernutzungseffizienz. Aktuelle Forschungsergebnisse belegen,

dass Kalium mit Magnesium der Pflanze dabei hilft, dem Trockenstress zu begegnen und auch unter ungünstigen Bedingungen noch gute Erträge zu erzielen (Abb. 3).

Die beiden Nährstoffe verbessern die Wassernutzungseffizienz einer Pflanze auf verschiedenen Wegen (Abb. 4):

1. Über eine gut regulierte Transpiration wird das verfügbare Wasser effizient von der Pflanze zur Biomasseproduktion genutzt. Kalium zusammen mit Magnesium ermöglicht einen sparsamen Umgang der Pflanze mit Wasser, da weniger Flüssigkeit unproduktiv verdunstet (Abb. 5). Kalium wirkt als Osmotikum entscheidend beim Öffnen und Schließen der Blattöffnungen mit und hat damit eine wichtige Rolle im Wasserhaushalt der Pflanze. Da die Blattöffnungen

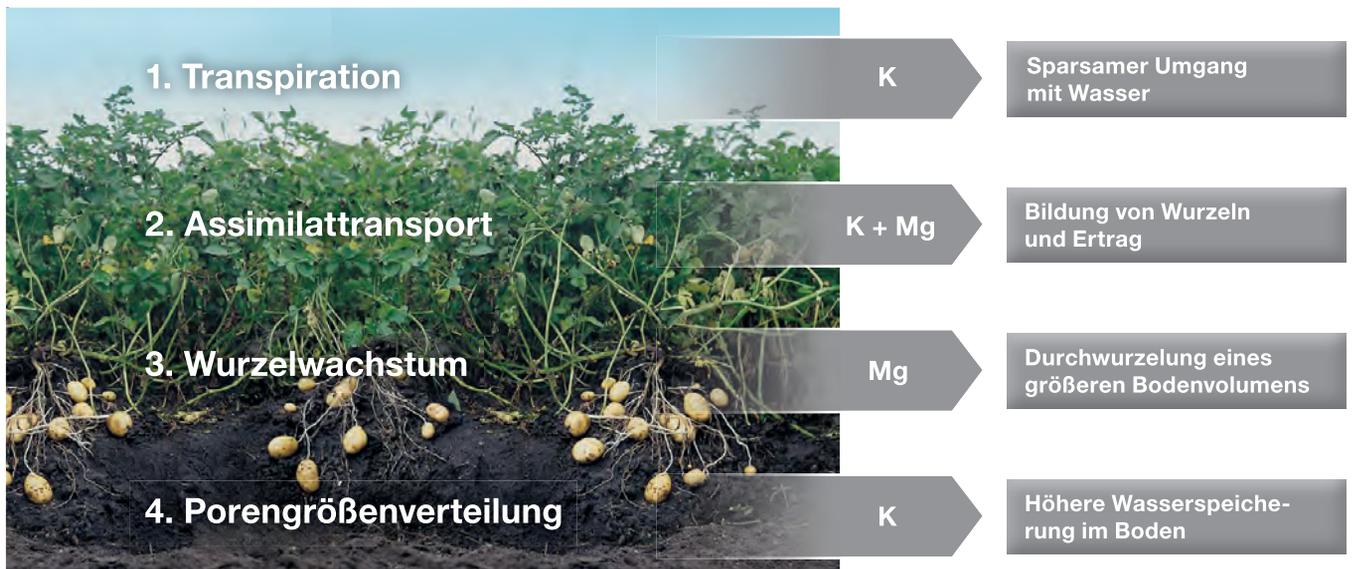


Abb 4: Kalium und Magnesium verbessern die Trockentoleranz von Kulturpflanzen sowohl über die Pflanze als auch über den Boden.

bei Kalium-Mangel nicht optimal funktionieren, ist ein typisches Symptom die so genannte Welketracht.

optimale Lichtausbeute durch die Pflanze – eine Voraussetzung für eine hohe Biomasseproduktion. Dies ist auch der Grund, weshalb

starker Magnesiummangel zu Blattaufhellungen, den so genannten Chlorosen, führt. Ein weiterer Effekt unter Magnesiummangel ist

2. Eine effiziente Photosynthese in Verbindung mit einem ungestörten Transport der Photosyntheseprodukte hält auch unter erschwerten Wachstumsbedingungen die Bildung von Wurzeln und Ertrag aufrecht.

Die Photosynthese und der anschließende Transport der gebildeten Kohlenhydrate sind eine Abfolge komplexer Prozesse. Deshalb führen Störungen dieser Prozesse schnell zu vermindertem Wachstum und nicht selten auch zu reduzierten Erträgen. Magnesium greift auf verschiedenen Wegen in die Photosynthese und den Assimilattransport ein. Die bekannteste Aufgabe von Magnesium ist die Funktion als Zentralatom des Chlorophylls. Damit ist Magnesium essenziell für eine

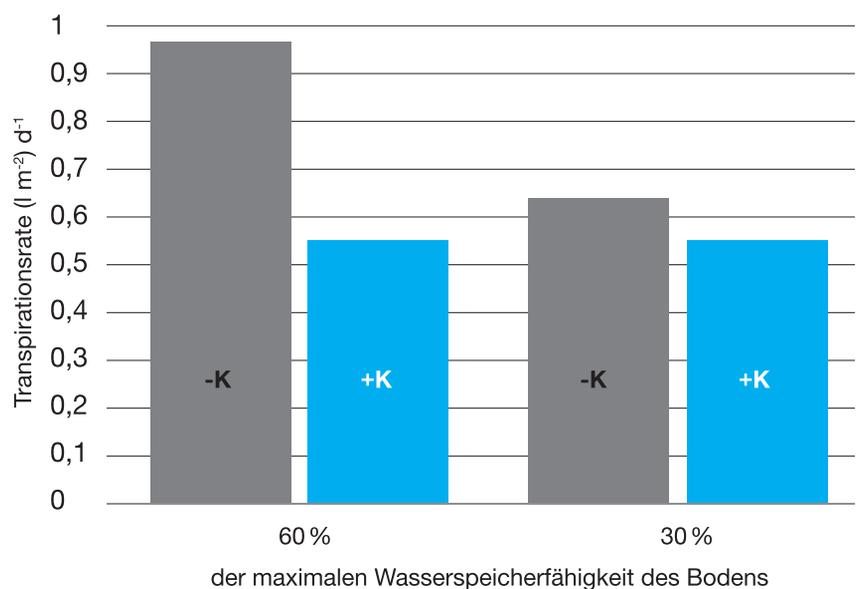


Abb. 5: Eine gute Kaliumversorgung ist entscheidend für den Wasserhaushalt der Pflanze, denn Kalium spielt eine zentrale Rolle bei der Regulation der Transpiration. Leidet eine Pflanze unter Kaliummangel, ist die Transpirationsrate erhöht, was zu vermehrten unproduktiven Wasserverlusten führt. (Quelle: Forschungsprojekt der K+S KALI GmbH und der Universität Gießen; veröffentlicht in: Fritz, 2009)



Abb. 6: Das Wurzelwachstum ist noch deutlich vor dem Sprosswachstum durch Magnesiummangel betroffen. Reduziertes Wurzelwachstum lässt sich auf dem Feld jedoch nur schwer diagnostizieren. (Foto: Cakmak)

die Schädigung des Blattapparates durch eine vermehrte Bildung von Sauerstoffradikalen und damit Sonnenbrand. Während der Spross dazu in der Lage ist, Photosynthese zu betreiben und sich somit mit Energie zu versorgen, kann die Wurzel dies nicht. Die Wurzel, aber auch andere Pflanzenorgane, die nicht Photosynthese betreiben können, sind also auf die Belieferung mit Kohlenhydraten durch den Spross angewiesen. Auch hier kommen die beiden Nährstoffe Kalium und Magnesium ins Spiel. Die Verteilung der Kohlenhydrate innerhalb der Pflanze erfordert die Beladung der Leitbahnen in den Blättern und den anschließenden zielgerichteten Transport zum Ort des Bedarfs. Bei Magnesiummangel ist häufig zu beobachten, dass sich die Kohlenhydrate in den Blättern ansammeln, während die Leitbahnen an Kohlenhydraten verarmen.

Dasselbe Phänomen kann auch bei Kaliummangel beobachtet werden.

3. Mit einem gut entwickelten Wurzelnetz kann sich die Pflanze den Boden intensiv erschließen. Sie erhält dadurch verbesserten Zugang zu Wasser und Nährstoffen.

Welche Konsequenzen hat eine gehemmte Verteilung von Kohlenhydraten in der Pflanze? Chlorosen sind z. B. ein recht spätes Symptom für Magnesiummangel. Wenn diese auftreten, muss man bereits von irreversiblen Ertragsdepressionen ausgehen. Deutlich früher ist das Wurzelwachstum beeinträchtigt, noch bevor das Sprosswachstum gehemmt wird (Abb. 6). Ein gesundes Wurzelwachstum ist jedoch wichtig für den Zugang zu Wasser und Nährstoffen – insbesondere in Phasen ungünstiger Wachstumsbedingungen.

4. Neueste Forschungsergebnisse belegen, dass Kalium die Wasserspeicherfähigkeit des Bodens verbessern kann.

Die Wasserspeicherfähigkeit eines Bodens wird im Wesentlichen durch die Poren im Boden bestimmt. Für das Pflanzenwachstum entscheidend ist die Porengrößenverteilung des Bodens: Zu kleine Bodenporen binden das Bodenwasser so fest, dass es von den Pflanzen nicht aufgenommen werden kann. Sind die Poren jedoch zu groß, versickert das Wasser in tiefere Bodenschichten, wo es das Wurzelnetz der Pflanzen nicht mehr erreichen kann. Wichtig für den pflanzenverfügbaren Anteil des Bodenwassers sind die Mittelporen. Eine sehr wichtige Kenngröße eines Standortes bezüglich der Wasserverfügbarkeit ist die nutzbare Feldkapazität (nFK), die vor allem durch den Anteil an Mittelporen bestimmt wird. Die

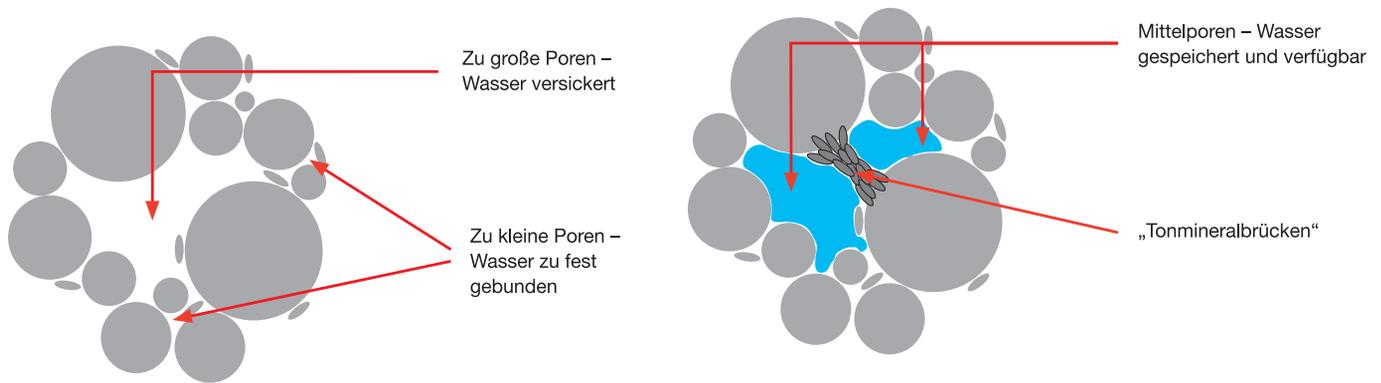


Abb. 7: Eine ausreichende Kaliumversorgung erhöht das Wasserspeichervermögen des Bodens durch die Bildung von Mittelporen. Dies geschieht über „Tonmineralbrücken“.

Forschungsergebnisse belegen, dass eine gute Kaliumversorgung von Böden die nutzbare Feldkapazität erhöht.

Die Versuchsergebnisse weisen darauf hin, dass die Veränderungen in der Wasserspeicherung mit veränderten Stabilitätseigenschaften der Böden einhergehen. In gut mit Kalium versorgten und austrocknenden Böden fallen Feintonminerale aus und verkiten die Bodenaggregate, sie bilden „Tonmineralbrücken“ (Abb. 7).

Vier Wege – eine Wirkung: Kalium und Magnesium lindern den Trockenstress

Die Wirkung von Kalium und Magnesium auf die Transpiration, den Assimilattransport, das Wurzelwachstum und das Wasserspeichervermögen des Bodens ermöglicht gemeinsam eine hohe Wassernutzungseffizienz. Auch bei reduziertem Wasserangebot können daher gute Erträge erzielt werden. In Jahren mit Trockenereignissen zahlt sich die Düngung daher besonders stark aus: Die Pflanze steht unter

Stress und profitiert daher umso mehr von den Eigenschaften der Nährstoffe.

Feldversuche belegen, dass der Ertragszuwachs einer Kalium- und Magnesiumdüngung in Form von Korn-Kali gegenüber der ungedüngten Variante in trockenen

Jahren besonders hoch ist (Abb. 8). Umgekehrt betrachtet sinkt durch die regelmäßige Düngung das Risiko, dass ungünstige Wetterverhältnisse vermeidbare Ertragseinbußen verursachen. Eine ausgewogene Kalium- und Magnesiumdüngung minimiert also das Risiko von Ertragsausfällen.

Ertragszuwachs bei Sommergerste durch Kalium- und Magnesiumdüngung in Form von Korn-Kali®. In trockenen Jahren ist die Düngung besonders wirksam.

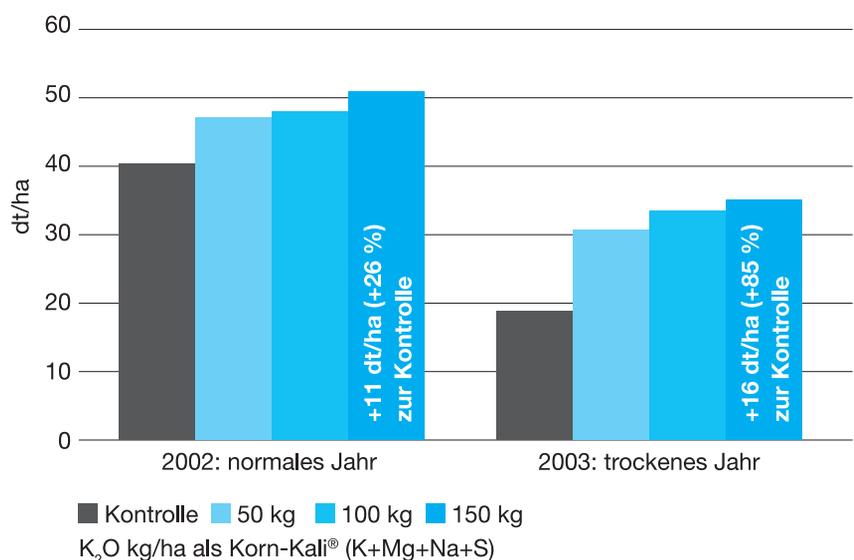


Abb. 8: Quelle: Feldversuch der K+S KALI GmbH, Langwedel

K+S Gruppe

Firmennachrichten

Die **K+S Gruppe** hat von Juli bis September 2013 sowohl beim Umsatz als auch beim operativen Ergebnis die Werte des Vorjahres nicht erreichen können. Niedrigere Preise infolge der Unsicherheiten auf dem Markt für kaliumhaltige Produkte sowie geringere Absatzmengen im Geschäftsbereich Kali- und Magnesiumprodukte waren dafür maßgeblich verantwortlich. In den ersten neun Monaten des laufenden Jahres hat K+S einen im Vergleich zum Vorjahreszeitraum nahezu stabilen Umsatz von 2.972,5 Mio. € erreicht. Der Umsatz des dritten Quartals ging vor allem preisbedingt um 98,9 Mio. € auf 817,7 Mio. € zurück. Das operative Ergebnis EBIT I sank in diesem Zeitraum um 10,6 % auf 556,3 Mio. €. Im dritten Quartal verringerte sich das operative Ergebnis EBIT I um 39,9 Mio. € auf 115,8 Mio. €.

Zur nachhaltigen Verbesserung der Kosten- und Organisationsstruktur arbeitet K+S bereits seit einiger Zeit an einer Reihe von Projekten mit dem Ziel, die Produktion sowie Verwaltungs- und Vertriebsfunktionen effizienter zu gestalten. Zur weiteren Stärkung seiner Wettbewerbsfähigkeit bündelt das Unternehmen nun diese Vorhaben mit zusätzlichen Aktivitäten im Programm „Fit für die Zukunft“.

K+S strebt an, über die nächsten drei Jahre Kosten in einer Größenordnung von insgesamt 500 Millionen Euro gegenüber der bisherigen Planung für diesen Zeitraum einzusparen. Im Jahr 2014 erwartet K+S eine Kostenreduktion von gut 150 Millionen Euro. Die geplanten Sparmaßnahmen beziehen sich in erster Linie auf Sachaufwendun-

gen, beinhalten aber auch Überlegungen, die zu einem Abbau von Personal führen könnten.

Der **Geschäftsbereich Kali- und Magnesiumprodukte** verzeichnete in den ersten neun Monaten einen Umsatzrückgang um 10% auf 1.630,5 Mio. €. Der Absatz lag mit 5,43 Mio. t auf dem Niveau des Vorjahres. Im dritten Quartal 2013 sank der Umsatz um 18,5% auf 456,7 Mio. €.

Im **Geschäftsbereich Salz** hingegen stieg der Umsatz in den ersten neun Monaten mengen- sowie preisbedingt um 14,7 % auf 1.220,7 Mio. € an. Im dritten Quartal lag der Umsatz mit 321,0 Mio. € etwas über dem Vorjahresniveau.

Im Geschäftsbereich Kali- und Magnesiumprodukte lag das operative Ergebnis EBIT I in den ersten neun Monaten mit 498,2 Mio. € um 17,8% unter dem Vorjahreszeitraum. Das operative Ergebnis EBIT I des Geschäftsbereichs Salz stieg hingegen in den ersten neun Monaten auf 68,8 Mio. € (9M/12: 38,6 Mio. €).

In den ersten neun Monaten investierte die K+S Gruppe insgesamt 488,5 Mio. € und damit mehr als doppelt so viel wie im Vorjahreszeitraum (221,4 Mio. €). Im dritten Quartal 2013 betrug das Investitionsvolumen 186,4 Mio. € (+ 82%). Der Großteil der Investitionen erfolgte im Geschäftsbereich Kali- und Magnesiumprodukte – im Wesentlichen durch die Umsetzung des Maßnahmenpakets zum Gewässerschutz im hessisch-thüringischen Kalirevier und das zeitlich und kostenseitig planmäßige Voranschreiten des Legacy Projekts.

Der Umsatz der K+S Gruppe dürfte im Geschäftsjahr 2013 nahezu auf dem Niveau des Vorjahres (2012:

3.935 Mio. €) liegen. Das operative Ergebnis EBIT I der K+S Gruppe dürfte für das Gesamtjahr 2013 über 600 Mio. € liegen (2012: 804,1 Mio. €). Dieser Entwicklung folgend sollte das bereinigte Konzernergebnis nach Steuern im Jahr 2013 knapp unter 400 Mio. € (2012: 637,4 Mio. €) betragen. Das erwartete Investitionsvolumen für das Jahr 2013 liegt für die K+S Gruppe bei rund 800 Mio. € (2012: 465,5 Mio. €), wovon rund 620 Mio. € auf den Geschäftsbereich Kali- und Magnesiumprodukte entfallen. Davon werden rund 375 Mio. € (etwa 500 Mio. CAD) auf das Legacy Projekt entfallen. Der verbleibende Anstieg ist maßgeblich auf die Durchführung des Maßnahmenpakets zum Gewässerschutz im hessisch-thüringischen Kalirevier (rund 110 Mio. €) zurückzuführen.

Mit dem ersten Spatenstich hat am 25. September 2013 der Bau des **Analytik- und Forschungszentrums (AFZ)** der K+S Gruppe in Unterbreizbach (Wartburgkreis) begonnen. Gemeinsam mit Vertretern der Landes- und Lokalpolitik gaben die K+S-Vorstände Gerd Grimmig und Dr. Thomas Nöcker grünes Licht für den Beginn der Arbeiten. Das neue Analytik- und Forschungszentrum ist ein wichtiger Baustein im Bestreben der K+S Gruppe, Forschungs- und Analyseverfahren deutlich voranzutreiben. Der Neubau in einem jüngst erschlossenen Gewerbegebiet bietet mit rund 9.000 Quadratmetern Nutzfläche ausreichend Platz für über 90 Mitarbeiterinnen und Mitarbeiter, die umfangreiche Forschungsarbeiten und Analytikdienstleistungen durchführen. Die zentrale Position im Werra-Revier ermöglicht „Arbeiten auf kurzem Weg“ mit den Produktionsstandorten Unterbreizbach, Hattorf und Wintershall des Werkes Werra

sowie dem Werk Neuhoft-Ellers bei Fulda und liegt auch zentral für die anderen deutschen Werke der K+S Gruppe.

Das AFZ setzt die lange Geschichte der Kaliforschung in der immer internationaler werdenden K+S Gruppe fort. Eine erste Einrichtung dieser Art, die Kaliforschungsanstalt, wurde 1919 in Staßfurt gegründet. Sie zog 1927 nach Berlin um, wurde 1948 nach Hannover verlegt und neun Jahre später in Kaliforschungs-Institut umbenannt. 1989 folgte ein weiterer Umzug nach Heringen und im Jahr 2000 schließlich die Umbenennung in K+S-Forschungsinstitut.

Heute arbeiten im K+S-Forschungsinstitut Wissenschaftler, Techniker, Ingenieure und Fachkräfte in Forschung und Entwicklung. Zentrale Kompetenzen sind auf die Bereiche verfahrenstechnische Grundlagenforschung, Aufbereitungsverfahren und Salz-Analytik konzentriert. Eine weitere wichtige Aufgabe besteht in der fachlichen Ausbildung von Nachwuchskräften. Zukünftig wird das AFZ, das Ende 2015 seine Arbeit am neuen Standort aufnehmen soll, verstärkt auch zentrale Forschungs- und Analytaufgaben für die ausländischen Tochtergesellschaften und Produktionsstandorte der K+S Gruppe übernehmen.

Sie müssen gut aufeinander eingespielt sein und die Produktionsanlagen aus dem „Effeff“ kennen – die Mitglieder der **Werk- und Betriebsfeuerwehren** der K+S Gruppe. Alle drei Jahre stellen sie ihre Einsatzbereitschaft im Rahmen einer gemeinsamen Großübung unter Beweis. In diesem Jahr war das Werk Salzdetfurth der K+S AG Gastgeber dieser Leistungsschau. Mehr als 100 Feuerwehrleute von Kali-, AG- und esco-Standorten aus Niedersach-

sen, Sachsen-Anhalt, Hessen und Thüringen haben dabei das Zusammenspiel mit den Freiwilligen Feuerwehren aus Bad Salzdetfurth sowie Wehrstedt und Bodenburg geübt. Verschiedene Szenarien standen auf dem von K+S-Fachleuten und externen Feuerwehrexperten ausgearbeiteten Übungsprogramm. Bei allen Übungen – teils unter Atemschutz – ging es darum, in kritischen Situationen die richtigen Maßnahmen zu ergreifen, das Zusammenspiel der Wehren zu üben, die eigene Ortskenntnis (Lage der Werksanlagen) zu verbessern und vor allem Menschen aus lebensbedrohlichen Situationen zu retten. Ein nicht immer leichtes Unterfangen, zumal es für die Wehren aus dem direkten Standortumfeld von Salzdetfurth das erste Mal war, mit Wehren anderer K+S-Standorte zusammenzutreffen.

Personalien

Der Ehrenvorsitzende des Aufsichtsrates der K+S Aktiengesellschaft, **Gerhard R. Wolf**, ist am 24. Oktober 2013 im Alter von 77 Jahren verstorben. Er hat 19 Jahre lang – von 1989 bis 2008 – die Geschicke des Unternehmens als Vorsitzender des Aufsichtsrates begleitet. Große Verdienste um die K+S Gruppe hat er sich insbesondere bei der Zusammenführung der west- und ostdeutschen Kaliindustrie nach der deutschen Wiedervereinigung erworben. Auch die internationale Ausrichtung des Unternehmens hat er maßgeblich mitgestaltet. Seit 2008 war Gerhard R. Wolf Ehrenvorsitzender des Aufsichtsrates.

Stefan Weckesser nahm am 1. September 2013 seine Tätigkeit als Leiter Konzerncontrolling der K+S Aktiengesellschaft auf. **Dr. Hans Georg Bähge**, Leiter Umwelt, Arbeitssicherheit und Qua-

litätsmanagement der K+S Aktiengesellschaft, feierte am 20. September 2013 seinen 60. Geburtstag.

Andreas Goebel, Leiter Recht / Compliance der K+S Aktiengesellschaft, feierte am 24. Oktober 2013 sein 25-jähriges Dienstjubiläum.

esco – european salt company GmbH & Co. KG

Personalien

Dr. Stefan Mutz hat zum 1. Juni 2013 die Funktion des Leiters Produktion und Technik über Tage im Salzwerk Bernburg übernommen.

Thomas Jacob, Head of Production der esco – european salt company (Hannover), feierte am 15. Dezember 2013 sein 25-jähriges Dienstjubiläum.

K+S KALI GmbH

Firmennachrichten

Bei dem am 1. Oktober 2013 beim Gewinnungssprengen ausgelösten **Kohlensäure-Ausbruch** sind im **Bergwerk Unterbreizbach** drei Bergleute im Alter von 24, 50 und 56 Jahren ums Leben gekommen. Vier der zunächst sieben vermissten Bergleute wurden von der Grubenwehr gerettet. Im Bergwerk Unterbreizbach mussten daraufhin Rohsalzförderung und Produktion über Tage bis Ende November ruhen. Nach dem außergewöhnlich starken Gasausbruch konzentrierten sich die Arbeiten unter Tage auf die Bewetterung der Grube, um das dort noch vorhandene Kohlendioxid zu beseitigen. Rund 80 Mitarbeiter des Standortes Unterbreizbach wurden deshalb als Verstärkung in den Gruben- und Fabrikbetrieben der hessischen Standorte des Werkes Werra einge-

setzt. Für den überwiegenden Teil der Belegschaft aus Unterbreizbach wurde Kurzarbeit beantragt.

Die LKW-Transporte mit salzhaltigen Abwässern des Werkes **Neuhof-Ellers** an die Werra sind nach sechs Jahren beendet. Mit der **Inbetriebnahme der Rohrfernleitung** von Neuhof nach Philippsthal am 4. Oktober wurde die Übergangslösung, die jahrelang die Geduld der Straßenanlieger mit durchschnittlich 70 Lastwagen pro Tag auf die Probe gestellt hat, durch einen umweltverträglichen und dem Stand der Technik entsprechenden Transportweg ersetzt. Der Bau der 63 Kilometer langen Rohrleitung hatte im Juli 2012 begonnen und konnte planmäßig nach rund 14-monatiger Bauzeit beendet werden. Nach ausführlichen Sicherheits- und Funktionsprüfungen durch externe Sachverständige wurde die Leitung anschließend im Probetrieb mit Süßwasser auf den Dauerbetrieb vorbereitet. Die Baukosten für die Leitung, durch die jährlich im Durchschnitt 700.000 Kubikmeter Salzabwasser geleitet werden sollen, betragen rund 50 Millionen Euro.

Die Inbetriebnahme der Leitung ist zulässig trotz der Entscheidung des Verwaltungsgerichts Kassel vom 11. Juli 2013. Damals hatte das Gericht nicht die Genehmigung für den Betrieb der Leitung aufgehoben, sondern den Sofortvollzug einer separaten Einleiterlaubnis der Neuhof-Abwässer im Werk Werra außer Kraft gesetzt. Gegen diese Entscheidung haben das Regierungspräsidium Kassel und K+S beim Hessischen Verwaltungsgerichtshof Beschwerde eingelegt. Die salzhaltigen Abwässer aus Neuhof-Ellers werden auf Grund einer gültigen Einleiterlaubnis des Wer-

kes Werra über die Einleitstelle des Standortes Hattorf entsorgt.

Die K+S KALI GmbH setzt sich intensiv für die Verbesserung der Nahrungssicherheit in Afrika ein. Im April 2013 wurde dazu das gemeinsame **Projekt „Growth for Uganda“** der K+S KALI GmbH und der Nicht-Regierungsorganisation Sasakawa Africa Association (SAA), einer Einrichtung von Sasakawa Global Agriculture 2000, für die Bezirke Dokolo und Apac begründet. Diese beiden Bezirke Ugandas waren bis 2006 besonders von dem Bürgerkrieg betroffen, der massive Vertreibungen und eine gravierende Nahrungsunsicherheit zur Folge hatte. Nach dem Startsignal im April in Kassel wurde das Projekt am 19. Juli 2013 in Uganda offiziell aus der Taufe gehoben.

Eines der Kernziele des Projekts ist der Aufbau eines landwirtschaftlichen Beratungswesens in Uganda, das die örtlichen Bauern dabei unterstützt, die Fruchtbarkeit und Produktivität ihrer Böden zu erhalten und zu steigern, um so den Grad der Selbstversorgung und die Einkommenssituation der Kleinbauern zu verbessern.

Um die Situation der örtlichen Bevölkerung zu verbessern, müssen ganz verschiedene Ansätze verfolgt werden, die u.a. auf verbesserte Kenntnisse zur Pflanzenernährung abzielen. Neben dem Wissensstand über den Bedarf der Pflanzen müssen auch die Kenntnisse zu Düngungsplänen und Applikationstechniken als Voraussetzungen für eine effiziente Ausnutzung der Dünger und damit eine umweltverträgliche Anwendung verbessert werden.

Darüber hinaus bestehen wesentliche Aufgaben auch darin, eine verlässliche Versorgung mit Düngemitteln sicherzustellen und den Bauern den Bezug der Pflanzen-

nährstoffe zu ermöglichen, die sie für eine Steigerung der Produktion benötigen. Neben der Logistik sind dazu Anstrengungen nötig, um ein System zur Bereitstellung von Kleinkrediten, die für die Betriebe außerordentlich wichtig sind, auf- und auszubauen.

Seit mehr als 100 Jahren engagiert sich die K+S KALI GmbH in der landwirtschaftlichen Forschung und sucht nach Lösungen für agronomische Herausforderungen wie etwa die Steigerung der Produktion, die Förderung der Bodenfruchtbarkeit und eine effiziente Nutzung der Ressourcen. Intensive Feldversuche in den wichtigsten Anbaugebieten der Welt bilden bis heute die Basis dieser Forschungsarbeiten, deren Ergebnisse dann im Rahmen der Beratungsaktivitäten der K+S KALI GmbH an die Landwirte weitergegeben werden. Auf der Grundlage von über 100 Jahren Forschung verfügt das Unternehmen über umfassende Daten, die sowohl die optimale Ernährung der Kulturpflanzen als auch Strategien zur Verbesserung der Bodenfruchtbarkeit abdecken. Diese Expertise wird nun auch mit den Projektpartnern von K+S KALI GmbH in Uganda geteilt.

Das **Fahrsicherheitskonzept** des Kaliwerkes Werra mit dem Titel **„Fit for Fahr'n“** wurde am 6. November 2013 auf der A+A in Düsseldorf mit dem zweiten Platz ausgezeichnet. Die A+A ist die weltweit größte und wichtigste Fachmesse für Arbeitsschutz und Arbeitssicherheit. Der Verband Deutscher Sicherheitsingenieure e.V. (VDSI) und der Deutsche Verkehrssicherheitsrat (DVR) präsentierten die Gewinner des Wettbewerbs „Unterwegs – aber sicher!“ im Rahmen der A+A-Kongressveranstaltung „Arbeit und Gesundheit in Logistik und Trans-

portgewerbe“. Das Fahrsicherheitskonzept „Fit for Fahr'n“ wird bereits seit Jahren erfolgreich im Kaliwerk Werra angewendet. Im Werk Werra sind fast 2.000 Fahrzeuge, Maschinen und Anhänger im Einsatz – das Gros davon unter Tage. Ziele des Fahrsicherheitskonzeptes sind es, die Fahrkompetenz der Mitarbeiter zu stärken, sie für Gefahren zu sensibilisieren und zu umsichtigem und verantwortungsvollem Fahren sowohl im beruflichen als auch im privaten Umfeld zu motivieren. Die vielfältigen Angebote richten sich an alle Altersgruppen: vom Auszubildenden bis hin zum Bergmann mit langjähriger Berufserfahrung und Fahrpraxis.

„Fit for Fahr'n“ umfasst unter anderem ein Verkehrssicherheitstraining für Auszubildende, den sicheren Fahrzeugeinsatz über und unter Tage sowie Motorrad- und Mannschaftstransporttrainings und die Messung von Verkehrsgeschwindigkeiten über und unter Tage. Die Trainings werden sowohl von internen als auch externen Spezialisten durchgeführt. Die auf die verschiedenen Teilnehmergruppen zugeschnittenen und auf den jeweiligen Bedarf abgestimmten Angebote werden kontinuierlich angepasst und erweitert.

Mit der Landesplanerischen Feststellung hat der Landkreis Hildesheim als verfahrensführende Behörde das **Raumordnungsverfahren** für das **Reservebergwerk Siegfried-Giesen** abgeschlossen. Darin wird das geplante Großvorhaben als raumordnerisch verträglich eingestuft. Allerdings werden eine Reihe von Forderungen formuliert. Bei einigen Vorhabensbestandteilen musste der Landkreis zwischen verschiedenen Alternativen abwägen und hat präferierte Vorschläge unterbreitet. So wurde für die Halde die Variante

Flachhalde westlich der Schachtstraße als am verträglichsten ermittelt, für die Bahnanbindung der Übergabebahn östlich des Stichkanals mit Ausfahrtmöglichkeiten nach Norden und Süden und für die Stromleitung das Erdkabel. Weitere Maßgaben betreffen die Bahnanbindung an die DB-Strecke sowie die geplante Zufahrt zum Standort Glückauf-Sarstedt.

Am 11. Oktober 2012 wurde in den Räumen des Landkreises Hildesheim eine Antragskonferenz zum Raumordnungsverfahren durchgeführt, auf der den betroffenen Trägern öffentlicher Belange das Vorhaben und der vorgesehene Untersuchungsrahmen vorgestellt wurden. Am 10. April 2013 hat die K+S KALI GmbH die Durchführung des Raumordnungsverfahrens beantragt und die vollständigen Antragsunterlagen zur Vorprüfung eingereicht. Mit Versand der Unterlagen an die Gemeinden, Verbände und sonstigen Träger öffentlicher Belange verbunden mit der Aufforderung um Stellungnahme ist das Raumordnungsverfahren am 30. Mai 2013 eingeleitet worden. Die Einbeziehung der Öffentlichkeit erfolgte durch ortsübliche Bekanntmachung und Auslegung der Verfahrensunterlagen in den Standortgemeinden Giesen, Harsum und Nordstemmen sowie der Stadt Sarstedt. Beim Landkreis Hildesheim wurden die Unterlagen ebenfalls ausgelegt und zusätzlich auf der Homepage im Internet bereitgestellt. Neben den beteiligten Trägern öffentlicher Belange wurden 19 Stellungnahmen von Bürgern bzw. Verbänden, die nicht als Träger öffentlicher Belange am Verfahren beteiligt waren, abgegeben. Der Erörterungstermin fand am 27. September 2013 im Kreishaus Hildesheim statt. Nach der Landesplanerischen Fest-

stellung ist als nächster Schritt im mehrstufigen Genehmigungsverfahren das nach Bundesberggesetz notwendige Planfeststellungsverfahren vorgesehen. Dabei werden die Öffentlichkeit, deren Belange durch das Vorhaben betroffen sind, und die Behörden, deren Aufgabenbereiche durch das Vorhaben berührt werden, von Anfang an einbezogen. Verfahrensführende Behörde ist das Landesamt für Bergbau, Energie und Geologie des Landes Niedersachsen.

Personalien

Am 26. Oktober ist **Martin Wagner**, Leiter Produktion unter Tage der Grube Hattorf-Wintershall des Werkes Werra, im Alter von 52 Jahren verstorben.

Roland Keidel, bisher Leiter Produktion über Tage am Standort Hattorf des Werkes Werra, nahm am 1. Juli 2013 seine Tätigkeit als Werkleiter Produktion/Technik des Werkes Werra auf. Seine Nachfolge übernahm am 1. Oktober **Norbert Raschka**, bisher Leiter Produktion über Tage am Standort Unterbreizbach des Werkes Werra.

Johannes Zapp, Projektleiter Siegfried-Giesen am Standort Hildesheim, feierte am 1. September 2013 sein 25-jähriges Dienstjubiläum.

K+S Entsorgung GmbH

Personalien

Dr. Franz Xaver Spachtholz, zum 1. August 2013 in die K+S Entsorgung GmbH versetzt, übernimmt mit Wirkung zum 1. Januar 2014 die Tätigkeit als Leiter der Einheit Technik und Betrieb und tritt die Nachfolge von Dr. Volker Lukas an. Dr. Spachtholz berichtet in seiner Funktion direkt an Matthias Plomer, Geschäftsführer der K+S Entsorgung GmbH.

Impressum

Kali und Steinsalz

herausgegeben vom VKS e.V.

VKS e. V.:

Reinhardtstraße 18A
10117 Berlin
Tel. +49(0)30.8 47 10 69.0
Fax +49(0)30.8 47 10 69.21
E-Mail: info.berlin@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)30.8 47 10 69 13

Redaktionsausschuss:

Dr. Wolfgang Beer, K+S Aktiengesellschaft
Hartmut Behnsen, VKS e.V.
Holger Bekemeier, esco GmbH & Co. KG
Uwe Handke, K+S KALI GmbH
Frank Hunstock, K+S Aktiengesellschaft
Dr. Volker Lukas, K+S Entsorgung GmbH
Dr. Ludger Waldmann, K+S Aktiengesellschaft

Herstellung und Layout:

Dirk Linnerz
Lausitzer Straße 31
10999 Berlin
Tel. (0 30) 81 79 74 80
Fax (0 30) 81 79 74 81
E-Mail: info@linnerz.com

Dieses Werk ist urheberrechtlich geschützt. Jede Verwertung außerhalb der Grenzen des Urheberrechts ist ohne schriftliche Genehmigung des VKS e.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.

