

recovery

Recycling Technology Worldwide

 **Eggersmann**

Biowaste Composting with
Eggersmann Products
and Technologies



WASTE

SRF Production facility saves CO₂ | EBS-Anlage spart CO₂ 25

PLASTICS

Plastic waste in the oceans | Plastikmüll im Meer 34

SEWAGE SLUDGE

PARFORCE – innovative phosphorus recovery | PARFORCE – innovative Phosphor-Rückgewinnung 46

Read our COVER STORY p. 4:
Biowaste Composting – Eggersmann
Products and Technologies
Lesen Sie unsere COVER STORY S. 4:
Biogut-Kompostierung – Technologie
und Produkte von Eggersmann

Take out what's inside!

Reports on recycling of WEEE,
scrap metals, glass, paper, wood, plastics,
household and industrial waste.
recovery – Recycling Technology Worldwide

ORDER NOW!

Order the next 2 issues and save over 37%.

YOUR SPECIAL PRICE €25

Instead of €40 if purchased individually
[incl. VAT and postage, extra charge for air mail delivery]

All subscribers of recovery – Recycling Technology Worldwide benefit from

- latest market and competition news and new product developments
- Focus on profound and technical oriented contributions
- Interviews and reports on realized projects
- Case studies
- Bilingual: English/German issue

ORDER YOUR TRIAL SUBSCRIPTION NOW!

www.recovery-worldwide.com/order • +49 5241 8090884





Waste as valuable goods

Dear Readers,

Circular economy also in the field of composting – with regard to high-yield agriculture and with consideration of the constantly growing world population an exciting topic. The extraction of biogas fractions from waste streams – this is the focus of our cover story „Biowaste Composting“ on page 4, in which various process routes and the associated machines and plants are presented in detail.

A very similar concern is also pursued by the technical article „PARFORCE – an innovative phosphorus-recovery process“. With the amendment of the Sewage Sludge Ordinance in 2017, the recycling of phosphorus, especially from sewage sludge, plays an increasingly important role. The article from p. 46 presents a new, economically sensible process that produces phosphoric acid as a recycling product.

Thermal insulation composite systems – widely used in the form of expanded polystyrene as building insulation since the 1960s, represent a particular recycling challenge at the end of their lifetime, in particular due to the hexabromocyclododecane flame retardant used until 2015. In the article „Processing and recycling – Disposal of exterior external thermal insulation composite systems containing EPS“ from p. 56, different shredding methods are used and the sortability of the shredded fractions is tested.

Interesting hours with the recovery 03/2018 wishes

Abfälle als wertvolles Gut

Liebe Leserinnen, liebe Leser,

Kreislaufwirtschaft auch im Kompostbereich – im Hinblick auf ertragreiche Landwirtschaft und mit Berücksichtigung der ständig wachsenden Weltbevölkerung ein spannendes Thema. Die Gewinnung von Biogutfractionen aus Abfallströmen – so der Fokus unserer Coverstory „Kompostierung von Biogut“ ab S. 4, in der verschiedene Prozesswege und die zugehörigen Maschinen und Anlagen ausführlich vorgestellt werden.

Ein ganz ähnliches Anliegen verfolgt auch der Fachbeitrag „Parforce – ein innovatives Verfahren zur Phosphor-Rückgewinnung“. Durch die Novellierung der Abfallklärslammverordnung im Jahr 2017 hat die Rückgewinnung von Phosphor gerade aus Klärslamm einen ganz neuen Stellenwert erhalten. Im Fachbeitrag ab S. 46 wird ein neues, wirtschaftlich sinnvolles Verfahren vorgestellt, das als Recyclingprodukt Phosphorsäure erzeugt.

Wärmedämmverbundsysteme – seit den 1960er Jahren verbreitet in Form von expandiertem Polystyrol als Gebäudedämmung eingesetzt, stellen am Ende ihrer Nutzungsdauer eine besondere Herausforderung an das Recycling dar, insbesondere durch das bis 2015 verwendete Flammschutzmittel Hexabromcyclododecan. Im Beitrag „Aufbereitung und Entwertung – Entsorgung von Wärmeverbundsystemen mit EPS“ ab S. 56 werden unterschiedliche Zerkleinerungsverfahren angewandt und die Sortierbarkeit der zerkleinerten Fraktionen getestet.

Interessante Stunden mit der recovery 03/2018 wünscht

Petra Strunk

Dr. Petra Strunk, Editor-in-Chief recovery/Chefredakteurin der recovery



Credit/Quelle: Eggersmann

Biowaste Composting

Resource-efficient recycling management forms the basis for responsible and environmentally friendly action. The preservation of humus-rich and productive agricultural land or its improvement is playing an increasingly important role, not only in view of global population growth and increasing demands on food production. The biowaste fraction in the waste streams is thus becoming important as a „renewable“ resource.

Kompostierung von Biogut

Eine ressourceneffiziente Kreislaufwirtschaft bildet das Fundament verantwortungsvollen und umweltgerechten Handelns. Der Erhalt von humus- und ertragreichen landwirtschaftlichen Nutzflächen oder deren Verbesserung spielt nicht nur mit Blick auf das globale Bevölkerungswachstum und die steigenden Ansprüche an die Lebensmittelproduktion eine immer größere Rolle. Die Biogutfraktion aus den Abfallstoffströmen als „nachwachsende“ Ressource gewinnt so an Bedeutung.



Credit/Quelle: IWARU

Preparation and recycling

Increasingly stringent requirements made on building insulation systems and the associated rehabilitation and/or demolition projects will in the coming few decades result in significant increases in the quantities of waste yielded from external thermal insulation composite systems (ETICS). It will be necessary to develop and establish new recycling routes for these flows.

Aufbereitung und Verwertung

Bedingt durch steigende Anforderungen an die Gebäudedämmung und die damit verbundenen Sanierungs- oder Abbruchmaßnahmen werden in den nächsten Jahrzehnten die Abfallmengen aus Wärmedämmverbundsystemen (WDVS) deutlich ansteigen. Es müssen neue Verwertungswege für diese Stoffströme entwickelt und etabliert werden.



coverstory

Biowaste Composting

Eggersmann Products and Technologies
Kompostierung von Biogut
Technologien und Produkte aus dem Hause Eggersmann

4

waste recovery

Reliable partner – Service app provides global support 24/7

Zuverlässiger Partner – Service-App weltweit und rund um die Uhr (Vecoplan)

14

Preparation and recycling

Disposal of exterior external thermal insulation composite systems containing EPS

Aufbereitung und Verwertung

Entsorgung von Wärmedämmverbundsystemen mit EPS

16

230 000 times around the world – SRF Production facility saves one million tons of CO₂

230 000 mal um die Erde – Anlage zur Herstellung von Ersatzbrennstoffen spart über eine Million Tonnen CO₂ ein (Lindner)

25

plastics recovery

Cooperation – AMUT and CarbonLITE improve plastic bottles recycling

Kooperation – AMUT und CarbonLITE verbessern Recycling von Plastikflaschen

28

New lease of life – Industrial conversion towards a green economy

Neue Dynamik – Umstellung der Branche auf eine umweltfreundliche Wirtschaft (Tomra)

31

Global problem

Plastic waste in the oceans – consequences and strategy solutions

Globales Problem

Plastikmüll im Meer – Auswirkungen und Lösungsstrategien

34

paper recovery

Automation – Max-AI® AQC-2 available for paper sorting

Automatisierung – Max-AI® AQC-2 verfügbar für Papiersortierung (BHS)

44

sewage sludge recovery

From what sources, if not from abroad?
 PARFORCE – an innovative phosphorus-recovery process
 Woher nehmen, wenn nicht importieren?
 PARFORCE – ein innovatives Verfahren zur Phosphor-
 Rückgewinnung **46**

metal recovery

Cleanly-sorted – Mobile non-ferrous metal separator
 Sortenrein – Mobiler Nicht-Eisen-Metall-Abscheider
 (Komptech) **60**

Clean – Vibratory screen improves scrap metal quality
 Sauber – Schwingsieb verbessert die Qualität von
 Stahlschrott (interVIB) **62**

Imprint | Impressum **65**



Cover picture

The vast experience from decades of designing and building of plants makes Eggersmann one of the market leaders in the waste processing industry offering machines and mechanical processes, biological processes and the integration into turn key plants. For composting of organic waste Eggersmann offers several proven processes for all budgets and all requirements.

Die Eggersmann Gruppe ist einer der führenden Anbieter im Anlagen- und Sondermaschinenbau für die Abfallwirtschaft und verfügt über jahrzehntelange Erfahrung auf dem Gebiet der mechanischen und biologischen Abfallbehandlungsprozesse und -verfahren. Für das Kompostieren von Biogut hat Eggersmann gleich mehrere Technologien und Produkte im Angebot.

www.f-e.de

RECYCLING-TECHNIK

07 | 08 November 2018 **DORTMUND**

Trade show for recycling technologies

In parallel with SOLIDS Dortmund 2018





Trommel Screen Terra Select T 60
Trommelsieb Terra Select T 60

Biowaste Composting

Eggersmann Products and Technologies

Resource-efficient recycling management forms the basis for responsible and environmentally friendly action and has become an integral part of German and European legislation. In particular, the preservation of humus-rich and productive agricultural land or its improvement is playing an increasingly important role, not only in view of global population growth and increasing demands on food production. The biowaste fraction in the waste streams is thus becoming increasingly important as a "renewable" resource.



Credit Quelle: Eggersmann

Kompostierung von Biogut

Technologien und Produkte aus dem Hause Eggersmann

Eine ressourceneffiziente Kreislaufwirtschaft bildet das Fundament verantwortungsvollen und umweltgerechten Handelns und ist mittlerweile fester Bestandteil der deutschen und europäischen Gesetzgebung. Besonders der Erhalt von humus- und ertragreichen landwirtschaftlichen Nutzflächen oder deren Verbesserung spielt nicht nur mit Blick auf das globale Bevölkerungswachstum und die steigenden Ansprüche an die Lebensmittelproduktion eine immer größere Rolle. Die Biogutfraktion aus den Abfallstoffströmen als „nachwachsende“ Ressource gewinnt so zunehmend an Bedeutung.



Credit/Quelle: Eggersmann

Shredder TEUTON Z 55 ▲
Zerkleinerer TEUTON Z 55

After biological treatment and preparation, the organic substance and the valuable nutrients contained can be returned to the cycle in an advantageous and targeted manner in the form of organic fertilisers. Contrary to resource-limiting or energy-intensive mineral fertilisers, the use of quality compost in the long run yields a noticeable improvement in humus content and promotes healthy and diverse soil life. Furthermore, greenhouse gas emissions (methane) are significantly reduced by proper composting of organic waste as opposed to simple or uncontrolled land filling as is still largely practised in developing and emerging countries. Moreover, using a fermentation system upstream from the composting process, one can ideally turn biowaste into regenerative energy in the form of biogas and electricity.

The Eggersmann Group is one of the leading plant and special machine suppliers for the waste management industry and possesses decades of experience in the field of mechanical and biological (aerobic and anaerobic) waste treatment methods and processes such as fermentation, composting and biological drying. Eggersmann's expertise ranges from the planning and construction to the operation of waste treatment systems.

Shredder FORUS FLX 85 – conversion from conventional synchronous shredding to asynchronous shredding in just a few simple steps
Zerkleinerer FORUS FLX 85 – Umstellung von der klassischen Synchron-Zerkleinerung auf das Asynchron-Zerkleinerungsverfahren mit wenigen Handgriffen



Credit/Quelle: Eggersmann

Generally speaking, organic resources can be returned to the natural cycle in two ways: Through the composting of fresh biowaste or the aerobic post-treatment of digestate from an upstream fermentation system. Both procedures have their justification. Eggersmann supplies the entire equipment and full know-how for both approaches.

Both process lines usually start with the shredding of the batches of biowaste that are being delivered. During treatment, its conversion into disintegrated grain sizes, which serve the composting process, and the separation of impurities are decisive. Compact, slow-speed shredders can best meet these requirements. For instance, Eggersmann's TEUTON Single-Shaft Universal Shredder – with its patented 19-teeth counter-blade construction – returns an end product ready for composting. Various adjustable parameters furthermore allow for maximum flexibility: Without the use of tools, the gap between the roller fitted with 30 exchangeable shredding tools and the counter-blade can be adjusted via ten different steps. The cutting gap can be varied depending on the desired final grain size in the material discharge up to a maximum of approx. 100 mm. Further adjustments to the final grain size can be made effortlessly by changing the shredding tool on the roller or by using a solid screen basket system (80 – 250 mm) which can be exchanged without the use of tools. This makes it possible, for instance, to produce biomass in a single work step, i.e. the TEUTON takes care of pre- and post-shredding in a single work cycle. Moreover, the TEUTON excels with a robust steel construction that withstands even the highest levels of stress and thus guarantees a continuous shredding process as well as an even delivery of the shredded material to the downstream conveying systems and/or the subsequent process stages. The TEUTON is available as a stationary and mobile version with wheels as well as a track version.

Under the brand name FORUS, the Eggersmann Group focusses exclusively on the development and further development of slow-speed two shaft shredders. With its brand-new FORUS FLX 85 model, Eggersmann introduces to the market the first shredder that can be converted from conventional synchronous shredding to asynchronous shredding in just a few simple steps. Its swing-hinged hopper walls and a platform built into the doors of the drive unit furthermore allow for comfortable access to the shredding shafts. These can be exchanged quickly and safely by means of a threaded flange coupling which means the machine can be effortlessly adjusted to various materials such as biowaste, garden waste, waste wood and more. In addition, the type of shredding and the grain size of the shredded material can be adjusted through one's choice of tools. In addition, a press-feed unit in the feed hopper prevents the bridging of light and bulky materials and thus ensures optimised throughput.

When leaving the shredder, the shredded material should not exceed a defined grain size of 100 – 120 mm. As a rule, the material is being highly frayed during shredding and numerous freshly broken

Die Unternehmensgruppe Eggersmann ist einer der führenden Anbieter im Anlagen- und Sondermaschinenbau für die Abfallwirtschaft und verfügt über jahrzehntelange Erfahrung auf dem Gebiet der mechanischen und biologischen (aeroben und anaeroben) Abfallbehandlungsverfahren und -prozesse, wie beispielsweise der Vergärung, Kompostierung und biologischen Trocknung. Die Expertise von Eggersmann erstreckt sich dabei von der Planung über den Bau bis hin zum Betrieb von Abfallbehandlungsanlagen.

Die Rückführung organischer Ressourcen in den natürlichen Kreislauf kann grob gesprochen auf zwei Arten vollzogen werden – durch die Kompostierung frischen Bioguts oder die aerobe Nachbehandlung von Gärresten einer vorgeschalteten Vergärungsanlage. Beide Verfahren haben ihre Berechtigung. Eggersmann liefert für beide Ansätze das komplette Equipment und das vollumfängliche Know-How.



Credit/Quelle: Eggersmann

Beide Prozesslinien starten normalerweise mit dem Zerkleinern der angelieferten Chargen Biogut. Bei der Aufbereitung sind die Überführung in aufgeschlossene, dem Kompostierungsprozess dienliche Korngrößen sowie die Abtrennung von Störstoffen entscheidend. Kompakte, langsamlaufende Zerkleinerer können den Anforderungen am besten gerecht werden. So lässt sich mit dem Ein-Wellen-Universalzerkleinerer TEUTON aus dem Hause Eggersmann dank der patentierten Konstruktion der mit 19 Zähnen bestückten Gegenschneide ein Endprodukt zur Kompostierung erzielen. Zahlreiche einstellbare Parameter sorgen zudem für größte Flexibilität: Der Abstand zwischen der mit 30 austauschbaren Zerkleinerungswerkzeugen ausgestatteten Walze und der Gegenschneide lässt sich über zehn verschiedene Einstellstufen werkzeuglos einstellen. Der Schnittpalt kann je nach gewünschter Stückgröße im Materialaustrag variiert werden, maximal bis ca. 100 mm. Zusätzliche Anpassungen der Endproduktgröße können problemlos über den Austausch der Zerkleinerungswerkzeuge an der Walze oder durch ein massives, werkzeuglos auswechselbares Siebkorbsystem (80 – 250 mm) vorgenommen werden. Dadurch ist es möglich z. B. Biomasse in nur einem Arbeitsschritt zu erzielen, d. h. der TEUTON erledigt das Vor- und Nachzerkleinern in einem Arbeitsgang. Darüber hinaus zeichnet sich der TEUTON durch eine robuste Stahlbaukonstruktion

▲ CONVAERO: Membrane-covered system for composting
CONVAERO: Membranabgedecktes System für die Kompostierung



Credit/Quelle: Eggersmann

Lane Turner BACKHUS LT ▲ up surfaces are created, which can then be optimally populated by the micro-organisms.

Zeilenumsetzer
BACKHUS LT

After shredding, various processes are available for composting the biowaste. These can be divided into different categories: open, quasi closed and closed processes and, according to the decomposed material's movement, into dynamic and static systems.

The static, quasi closed CONVAERO system is a membrane-covered system for the composting or biological drying of materials with organic content that excels with high efficiency, flexibility and user-friendliness as well as controlled treatment times. The optimum process conditions for the degradation of native organic waste components by micro-organisms are established by the specially designed membrane cover and the aeration setup consisting of the aeration base and the ventilation technology, which is optimised in terms of temperature, pressure and time. During composting, the waste is sanitised at 60 – 80°C. The setup parameters are selected in such a way that sufficient atmospheric oxygen is available for a continuously aerobic, stable process, while at the same time minimising energy costs.

After shredding, various processes are available for composting the biowaste

Another possibility for composting biowaste and biological drying of organic rich fractions from waste streams are the BACKHUS brand Lane Turner systems LT and LTC (Lane Turner Closed). Lane composting with the BACKHUS LT ranks among the open, dynamic methods since, during the process, the decomposing material is being moved and mixed mechanically several times and statically rests in between. The BACKHUS LTC is a perfect example for closed, dynamic lane composting with forced ventilation of the decomposing material. The compost is turned by the fully automated BACKHUS Turners

aus, die auch höchsten Belastungen standhält und so einen kontinuierlichen Zerkleinerungsprozess sowie eine gleichmäßige Abgabe des zerkleinerten Materials an die nachgeschalteten Fördersysteme und/oder die nachfolgenden Prozessstufen gewährleistet. Der TEUTON ist sowohl in stationärer als auch mobiler Radvariante oder als Kettenversion erhältlich.

Unter der Marke FORUS konzentriert man sich innerhalb der Eggersmann Gruppe ausschließlich auf die Entwicklung und Weiterentwicklung langsamlaufernder Zwei-Wellen-Zerkleinerer. Mit dem neuesten Modell FORUS FLX 85 präsentiert Eggersmann erstmals einen Zerkleinerer auf dem Markt, der sich von der klassischen Synchron-Zerkleinerung mit wenigen Handgriffen auf das Asynchron-Zerkleinerungsverfahren umstellen lässt. Die hydraulisch abschenkbaren Trichterwände und ein in den Türen der Antriebseinheit befindliches Podest ermöglichen zudem einen komfortablen Zugang zu den Zerkleinerungswellen. Diese lassen sich mittels einer Flansch-Schraubkupplung schnell und sicher austauschen und die Maschine sich somit einfach an unterschiedliche Materialien, wie Biogut, Grüngut, Altholz, etc. anpassen. Zusätzlich

sind die Art der Zerkleinerung und die Größe des zerkleinerten Materials durch die Wahl der Werkzeuge beeinflussbar. Eine Nachdrückvorrichtung im Aufgabetrichter verhindert darüber hinaus die Brückenbildung von leichten und sperrigen Materialien und sorgt so für

einen optimierten Durchsatz.

Beim Verlassen der Zerkleinerungsmaschine sollte das zerkleinerte Material eine definierte Korngröße von 100 – 120 mm nicht überschreiten. In der Regel wird das Material beim Zerkleinern stark aufgefasernd und es entstehen zahlreiche frische Bruchflächen, welche in der Folge von den Mikroorganismen optimal besiedelt werden können.

Im Anschluss an die Zerkleinerung stehen mehrere Verfahren zur Kompostierung des Bioguts zur Verfügung. Diese lassen sich in verschiedene Kategorien unterteilen: in offene, quasi geschlossene und geschlos-

◀ Windrow Turner
BACKHUS A 55
Dreiecksmietenumsetzer
BACKHUS A 55



Credit/Quelle: Eggersmann

LT or LTC that run on the lane walls. In the process, the BACKHUS Turners constantly provide loose filling, irrigation and aeration or allow for the material's aeration and thus enable the maximum decomposition of biologically, aerobically degradable organic dry substance resulting in a compost suitable for fine treatment. Windrow composting is an open method that is preferred by operators of garden waste composting plants

sene Verfahren sowie nach der Bewegung des Rotteguts in dynamische und statische Systeme.

Das statische, quasi geschlossene CONVAERO System ist ein membranabgedecktes System für die Kompostierung oder biologische Trocknung organikhaltiger Materialien, welches sich durch hohe Wirtschaftlichkeit, Flexibilität und Benutzerfreundlichkeit sowie kontrollierte Behandlungszeiten auszeichnet. Die optimalen Prozessbedingungen zum Abbau nativ-organischer Abfallbestandteile durch Mikroorganismen werden durch die speziell ausgelegte Membranabdeckung und die nach Temperatur, Druck und Zeit optimierte Belüftung aus Belüftungsboden und Lüftungstechnik gewährleistet. Bei der Kompostierung werden die Abfälle bei 60 – 80°C hygienisiert. Die Einstellparameter werden so gewählt, dass dem Haufwerk ausreichend Luftsauerstoff für einen durchgehend aeroben, stabilen Prozess zur Verfügung steht, während gleichzeitig die Energiekosten minimiert werden.

Eine weitere Möglichkeit zur Kompostierung von Biogut und biologischer Trocknung organikreicher Fraktionen aus Abfallströmen bieten die Lane Turner Systeme LT und LTC (Lane Turner Closed) der Marke BACKHUS. Die Zeilenkompostierung mit dem BACKHUS LT zählt zu den offenen, dynamischen Verfahren, da das Rottegut während des Prozesses mehrfach maschinell bewegt und durchmischt wird und zwischendurch statisch ruht. Der BACKHUS LTC ist beispielhaft für eine geschlossene, dynamische Zeilenkompostierung mit Zwangsbelüftung des Rottegutes. Mit den automatisch arbeitenden BACKHUS Umsetzern LT oder LTC, die sich auf den Zeilenwänden fortbewegen, wird das Kompostmaterial umgesetzt. Dabei gewährleisten die BACKHUS Umsetzer eine stets lockere Aufschüttung, die Bewässerung und Belüftung bzw. Belüftbarkeit des Materials und ermöglichen so den maximalen Abbau von biologisch, aerob abbaubarer organischer Trockensubstanz mit dem Ergebnis eines zur Feinaufbereitung tauglichen Kompostes.

Bei der Dreiecksmietenumsetzerkompostierung handelt es sich um ein offenes Verfahren, das aufgrund der geringeren



Credit/Quelle: Eggersmann

▲ BACKHUS CON 60 at IFAT 2018
BACKHUS CON 60 auf der IFAT 2018



Credit/Quelle: Eggersmann

▲ Tunnel composting is the most common process of aerobic treatment

Die Tunnelkompostierung stellt das gängigste Verfahren für die aerobe Behandlung dar

or for purposes of post-decomposition in the field of biowaste composting because of its low costs and simple operation. In this type of composting, the chimney draft effect is used, which is specifically linked to the shape of the windrow. The hot air inside the windrow rises to the top of the windrow. The draft effect sucks fresh air into the windrow's base. This creates a natural fresh air flow through the windrow, which in conjunction with the favourable ratio of windrow surface to windrow volume ensures excellent self-aeration. The BACKHUS A Series Turners' regular turning of the windrows mixes and homogenises the material. This enables a permanently loose windrow structure and thus secures the air void volume in the material, dissolves settlement effects and guarantees a homogeneous flow all the way to the core zones. The resulting optimised decomposition of the compost material leads to significantly shorter treatment times.

The turning of a membrane-covered lane with the BACKHUS CON is a quasi closed system

With the BACKHUS CON Series, Eggersmann introduces a combination between the flexible CONVAERO system and the proven BACKHUS technology. The turning of a membrane-covered lane with the BACKHUS CON, a turner with built-in membrane winder, is a quasi closed system. Membrane pick-up, repositioning, remoistening (optional) and covering are carried out simultaneously in one work cycle. This results in a short process time, low space requirements and minimal operating costs. Even materials with a higher water content can be composted or dried with a relatively low proportion of structural material. Apart from processing membrane-covered lanes with lateral walls, the BACKHUS CON Series is also designed to process windrows.

Tunnel composting is the most common process of aerobic treatment. This is a closed system with self-contained process rooms, i.e. the entire process takes place within a completely enclosed hall. All exhaust air flows are captured entirely. Composting in tunnels is also referred to as a static system with dynamic phases,

Kosten und einfachen Handhabung zumeist für den Betrieb von Anlagen der Grünabfallkompostierung oder zur Nachrotte bei der Biogutkompostierung gewählt wird. Bei dieser Art der Kompostierung wird der Kaminzug-Effekt genutzt, der speziell an die Form der Dreiecksmiete gebunden ist. Die heiße Luft im Mieteninneren steigt nach oben zur Mietenspitze auf. Durch den Sog wird im unteren Bereich frische Luft in den Mietenfuß gesaugt. Dadurch entsteht ein natürlicher Frischluftstrom durch die Miete, der in Verbindung mit dem günstigen Verhältnis von Mietenoberfläche zu Mietenvolumen eine gute Eigenbelüftung gewährleistet. Durch das regelmäßige Umsetzen der Mieten mit den Umsetzern der BACKHUS A Serie wird das Material gemischt und homogenisiert. Dies ermöglicht eine stets lockere Mietenstruktur und sichert somit das Luftporenvolumen im Material, löst Setzungserscheinungen auf und garantiert eine homogene Durchströmung bis in die Kernzonen. Die dadurch erzielte optimierte Verrottung des Kompostmaterials führt zu deutlich kürzeren Behandlungszeiten.

Mit der BACKHUS CON Serie präsentiert Eggersmann eine Kombination des flexiblen CONVAERO Systems und der bewährten BACKHUS Technologie. Das Umsetzen der membranabgedeckten Zeile mit der BACKHUS CON, einem Umsetzer mit integriertem Membranwickler, ist ein quasi geschlossenes System. In einem Arbeitsgang erfolgen Membranaufnahme, Umsetzen, Rückbefeuchtung (optional) und Abdecken gleichzeitig. Dadurch ergeben sich eine kurze Prozessdauer, ein geringer Platzbedarf und minimale Betriebskosten. Selbst Materialien mit einem höheren Wassergehalt können mit relativ geringem Strukturmaterialanteil kompostiert oder getrocknet werden. Die BACKHUS CON ist neben der Bearbeitung von membranabgedeckten Zeilen mit seitlichen Wänden auch zur Bearbeitung von Dreiecksmieten konstruiert.

Die Tunnelkompostierung stellt das gängigste Verfahren für die aerobe Behandlung dar. Es handelt sich hierbei um ein geschlossenes System mit in sich geschlossenen Prozessräumen, d.h. der gesamte Prozess findet innerhalb einer komplett eingehausten Halle statt. Sämtliche Abluftströme werden vollständig erfasst. Weiterhin spricht man bei der Kompostierung in Tunneln von einem statischen System mit dynamischen Phasen, die durch frei wählbare Umsetzvorgänge erzeugt werden. Das Verfahren zeichnet sich zudem durch eine optimale und flexible Adaptierbarkeit an die jeweilige Aufgabenstellung aus. Diese wird sowohl durch die Umluftführung als auch durch die Einkopplung externer Wärme hervorgerufen.

Zur Feinaufbereitung oder Konfektionierung des ausgereiften Rohkompostes ist der Einsatz von Sieb- und Trenntechnik erforderlich. Unter der auf Sieb- und Separationstechnik spezialisierten Marke Terra Select bietet Eggersmann ein umfangreiches Maschinensortiment für die Aufbereitung von Biomasse an. So ist das Sternsieb Terra Select S 60 für hohe Durchsätze ausgelegt und kann in einem Arbeitsgang sowohl den Feinanteil von beispielsweise < 10 mm als auch das

BEKON offers the optimum fermentation process for every input material
BEKON bietet für jeden Inputstoff das optimale Vergärungsverfahren



Credit/Quelle: Eggersmann



which are generated by freely selectable turning processes. The process is furthermore characterised by optimal and flexible adaptability to the respective task. This is caused both by the recirculation of air and by the incorporation of external heat.

The use of screening and separation technology is required for the fine treatment or packaging of the matured raw compost. Under the Terra Select brand, which specialises in screening and separation technology, Eggersmann offers a wide range of biomass treatment machines. The Terra Select S 60 Star Screen, for instance, was developed for high throughput and is capable of separating both the fines content of, for instance, < 10 mm and the oversize grain of > 150 mm in a single work cycle. The result is a marketable compost product, separated impurities and a middle fraction that can be returned to the cycle.

Instead of star screening technology, one can also use the Terra Select Double Trommel Screening technology – with it, one can produce three fractions in a single work cycle. The Terra Select DT 60 Double Trommel Screen is suitable for a throughput of up to 120 m³/h and achieves fines and oversize grain separation in a single work step. Alternatively, Terra Select offers two fraction trommel screens such as the proven Terra Select T 60 or the brand-new Terra Select T 55. Like the other models, these are characterised by clever detail solutions, service-friendliness and durability. The fine fraction obtained in this type of screening is a marketable compost product. The resulting screen overflow (screen residue) can usually be reused as a structural material for composting. In the context of the packaging of finished products or the preparation of screen overflows as structural material, it is also possible to use Terra Select Windsifters to reduce contamination with light materials (foil particles) or heavy materials (stones).

As already mentioned, not only fresh organic material can be composted; composting of digestate from an upstream fermentation process is also possible. Shredding also comes before fermentation at the top of the process chain.

The digested material is then introduced into the fermentation process. BEKON, a member of the Eggersmann Group, offers the optimum solution for every input material. The percolation process, in which

Überkorn > 150 mm abscheiden. Das Ergebnis sind ein vermarktungsfähiges Kompostprodukt, abgetrennte Störstoffe sowie eine rückführbare Mittelfraktion. Anstelle von Sternsiebtechnik kann ebenso mit der Terra Select Doppeltrommelsiebtechnik gearbeitet werden – denn auch hier sind drei Fraktionen in einem Arbeitsgang zu erzielen. Das Doppeltrommelsieb Terra Select DT 60 eignet sich für einen Durchsatz von bis zu 120 m³/h und erreicht die Fein- und Überkornabscheidung in nur einem Arbeitsschritt.

Alternativ bietet Terra Select auch Zwei-Fraktionentrommelsiebe wie beispielsweise die bewährte Terra Select T 60 oder die brandneue Terra Select T 55 an. Diese zeichnen sich wie die anderen Modelle durch clevere Detaillösungen, Servicefreundlichkeit und Langlebigkeit aus. Die bei dieser Art der Siebung gewonnene Feinfraktion ist ein vermarktungsfähiges Kompostprodukt. Der entstandene Siebüberlauf (Siebrest) kann in der Regel als Strukturmaterial erneut zur Kompostierung eingesetzt werden. Im Rahmen der Konfektionierung von Fertigprodukten oder der Aufbereitung von Siebüberläufen als Strukturmaterial können darüber hinaus Terra Select Windsichter zur Reduzierung von Verunreinigungen mit Leichtstoffen (Folienstückchen) oder Schwerstoffen (Steine) eingesetzt werden.

Wie bereits erwähnt kann nicht nur frisches Biogut kompostiert werden; eine Kompostierung von Gärresten eines vorgeschalteten Vergärungsprozesses ist ebenso möglich. Die Zerkleinerung steht auch vor der Vergärung an erster Stelle der Prozesskette.

Anschließend wird das aufgeschlossene Material in den Vergärungsprozess eingebracht. Die zur Eggersmann Gruppe gehörende Firma BEKON bietet für jeden Inputstoff das optimale Verfahren. Für strukturreichen und gut belüftbaren Abfall eignet sich besonders das Perkulationsverfahren, bei dem die Inokulation des Abfalls durch erhöhte Perkulationsraten erfolgt. Die Temperierung erfolgt beim Perkulationsverfahren über eine aerobe Startphase und die in den Beton integrierte Fußbodenheizung. Für Abfälle mit höheren Wassergehalten und/oder wenig Struktur eignet sich das Gärrestverfahren besser. Beim Gärrestverfahren erfolgt die Temperierung durch die in den Beton integrierte Fußboden- und

▲ The BRT HARTNER DM Digestate Mixer is an aggregate that is used upstream from the composting unit for the optimal production of mixes from digestate and structuring materials

Der Gärrestmischer BRT HARTNER DM ist ein vor der Kompostierung zum Einsatz kommendes Aggregat zur Herstellung von optimalen Mischungen aus Gärrest und strukturbildenden Materialien



the waste is inoculated through increased percolation rates, is particularly suitable for highly structured waste and waste with good aeration properties. In the percolation process, the temperature is controlled by means of an aerobic starting phase and underfloor heating integrated into the concrete. The digestate process is more suitable for waste with higher water contents and/or little structure. In the digestate process, the temperature is controlled by the underfloor and wall heating integrated into the concrete. The inoculation takes place by returning approx. 40 % digestate. Thanks to digestate return, the process can be run at minimised percolation rates. The space requirement is the same for both methods, depending on the boundary conditions.

In general, both processes produce digestate with very good structural properties and comparatively low water content, which is very well suited for aerobic composting and further treatment into compost/fertiliser.

However, the digestate varies depending on the quality of the input material and the fermentation process used, so that the conditions for the subsequent composting process may not or only to a limited extent be met without appropriate pre-treatment.

The BRT HARTNER DM Digestate Mixer is an aggregate that is used upstream from the composting unit for the optimal production of mixes from diges-

Wandheizung. Die Inokulation erfolgt durch die Rückführung von ca. 40 % Gärrest. Durch die Gärrestrückführung kann der Prozess mit minimierten Perkolationsraten gefahren werden. Der Platzbedarf ist, abhängig von den Randbedingungen, bei beiden Verfahren gleich.

Generell liefern beide Verfahren Gärreste mit sehr guten Struktureigenschaften und vergleichsweise geringem Wassergehalt, die sich für eine aerobe Kompostierung und Weiterbehandlung zu Kompost/Dünger sehr gut eignen.

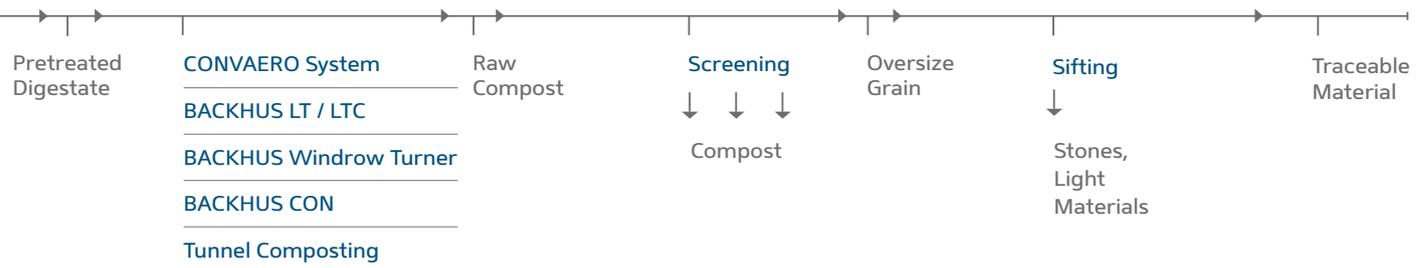
Die Gärreste variieren jedoch in Abhängigkeit der Qualität des Inputmaterials und des angewendeten Vergärungsverfahrens, sodass die Voraussetzungen für den nachfolgenden Kompostierungsprozess ohne eine entsprechende Vorbehandlung unter Umständen nicht oder nur bedingt gegeben sind.

Der Gärrestmischer BRT HARTNER DM ist ein vor der Kompostierung zum Einsatz kommendes Aggregat zur Herstellung von optimalen Mischungen aus Gärrest und strukturbildenden Materialien wie Grünabfall, Rohkompost oder Siebüberlauf. Auf Grund der Systematik des Mischens der Substrate durch Mischwalzen im dynamischen Materialfluss werden Verdichtungs- oder Kneteffekte wirksam vermieden und das Substrat homogenisiert und aufgelockert.



Credit/Quelle: Eggersmann

▲ Process Line 2: aerobic post-treatment of digestate from an upstream fermentation system
 Prozessschema 2: aerobe Nachbehandlung von Gärresten einer vorgeschalteten Vergärungsanlage



tate and structuring materials such as garden waste, raw compost or screen overflow. The system of mixing the substrates with the aid of mixing rollers in the dynamic material flow effectively prevents compaction or kneading effects and loosens up and homogenises the substrate.

Excessive water content in the digestate leads to problems when processing it further into compost. The BRT HARTNER DCD Digestate Conditioner/Dryer can help. To perfectly pretreat digestate mixtures before the aerobic treatment of the material, the input substrates are mixed into the dynamic material flow, then homogenised and loosened up. The pressure ventilation of the material with pre-heated air, optionally with circulating air, and active floor heating of the closed machine are the basis for an optimised ammoniac and water discharge through the exhaust air. This exhaust air is processed by the exhaust air treatment system. The production of the mixture and treatment of the substrates in the digestate conditioner return an optimum substrate for composting. Alternatively, the unit can also be used for thermal drying of a wide variety of materials.

The marketable compost obtained through the above-mentioned processing steps can then be applied to agricultural land for a natural increase in yield.

Ein zu hoher Wassergehalt der Gärreste führt zu Problemen bei der Weiterverarbeitung zu Kompost. Der Gärrestkonditionierer BRT HARTNER DCD kann hier Abhilfe schaffen. Für eine perfekte Vorbehandlung von Gärrest-Mischungen vor der aeroben Behandlung des Materials werden die Eingangssubstrate im dynamischen Materialfluss gemischt, homogenisiert und aufgelockert. Die Druckbelüftung des Materials mit vorgeheizter Luft, optional mit Umluft und aktiver Bodenerwärmung der geschlossenen Maschine, sorgt für einen optimierten Wasser- und Ammoniakaustrag über die Abluft, die in Abluftbehandlungssystemen weiterbehandelt wird. Nach Herstellung der Mischung und Behandlung der Substrate im Gärrestkonditionierer erhält man ein optimales Substrat für die Kompostierung. Alternativ ist das Aggregat auch zur thermischen Trocknung unterschiedlichster Materialien einsetzbar.

Der durch die genannten Verarbeitungsschritte gewonnene, vermarktfähige Kompost kann nun zur natürlichen Ertragssteigerung auf landwirtschaftlichen Nutzflächen aufgebracht werden.

www.f-e.de

Reliable partner

Service app provides global support 24/7

Zuverlässiger Partner

Service-App weltweit und rund um die Uhr

With the new app from ►
Vecoplan, the user can
contact the service team
quickly, easily and directly
via his smartphone
Mit der neuen App
von Vecoplan kann
der Anwender schnell,
unkompliziert und direkt
über sein Smartphone
mit dem Service-Team in
Kontakt treten



Credit/Quelle: Vecoplan AG

Vecoplan AG has developed 'Live Service' to get machines up and running again quickly in the event of a fault. This Industry 4.0 maintenance tool, which is unique in the sector, provides users with immediate online support. Vecoplan has now extended this service tool with the addition of an app. With this app, customers can contact the service team quickly, easily and directly via their mobile devices – globally and 24/7. This ensures high availability of all machines, and, with the Westerwald machine builder, customers have a reliable partner at their side.

Damit Maschinen bei Störungen schnell wieder im Einsatz sind, hat die Vecoplan AG den 'Live-Service' entwickelt: Mit diesem Industrie 4.0-Wartungs-Tool erhalten Anwender sofort Online-Unterstützung. Vecoplan hat dieses Service-Tool nun um eine App erweitert. Damit können Kunden schnell, unkompliziert und direkt über ihre mobilen Endgeräte mit dem Service-Team in Kontakt treten – weltweit und rund um die Uhr. Dies stellt eine hohe Verfügbarkeit aller Anlagen sicher, und Kunden haben mit dem Maschinenbauer aus dem Westerwald einen zuverlässigen Partner an ihrer Seite.

The new app is part of Vecoplan's Live Service package and can be downloaded free of charge using the iOS and Android operating systems. After approval, customers can trigger a request at any time.

Die neue App ist Teil des Live-Service-Pakets von Vecoplan und lässt sich für Betriebssysteme iOS und Android kostenlos herunterladen. Nach einer Freigabe können Kunden jederzeit eine Anfrage auslösen. Durch die Verknüpfung mit dem Live-Service werden alle relevanten Daten der Maschinenkomponenten wie Füllstände, Drehzahlen, Betriebsstunden, Antriebe und Stromverbrauch auf dem Smartphone oder Tablet angezeigt. So hat

The application can also be used without the Live Service package

Thanks to the Live Service link, all data relevant to the machine components, such as filling level, speeds, operating hours, drives and current consumption, are displayed on the smartphone or tablet. This gives the responsible plant superintendent or works manager

der zuständige Betriebs- oder Werksleiter stets den Überblick über alle Funktionen der Anlage, kann sie überwachen und rechtzeitig eingreifen. Zudem sind über die App wichtige Dokumente wie die Betriebsanleitung abrufbar.



◀ The app provides a continuous overview of all machine functions
Die App bietet stets einen Überblick über alle Funktionen der Anlage

Credit/Quelle: Vecoplan AG

an overview of all system functions, enabling him to monitor them and take action in good time. Important documents, such as the operating manual, can also be accessed via the app.

The application can also be used without the Live Service package. This places customers in the comfortable position of being able to respond immediately in the event of operating faults and to trigger a request without delay. The app also makes it possible to communicate online, to provide detailed information on existing faults and to upload photos directly. The service team is therefore well-informed and is able to act immediately. With or without the package, once he has initiated his request, the user is informed without delay of its progress and how long it will take.

Die Anwendung lässt sich auch ohne das Live-Service-Paket nutzen. Damit sind Kunden in der komfortablen Situation, bei Störungen im Betrieb sofort aktiv zu werden und unmittelbar einen Request auslösen zu können. Die App bietet in diesem Fall die Möglichkeiten, online zu kommunizieren, detaillierte Angaben zur vorliegenden Störung anzugeben sowie Fotos direkt hochzuladen. Damit ist das Service-Team gut informiert und kann unmittelbar handeln. Ob mit oder ohne Paket: Der Anwender erhält nach Auslösen seiner Anfrage unverzüglich die Information über Bearbeitung und Bearbeitungsdauer.

www.vecoplan.com



Die Spezialisten des Recyclings
The specialists for recycling



WIR GEBEN ABFALL
EINEN WERT...

WE TURN WASTE
INTO VALUE...

THM
recycling solutions

Anwendungen von Recyclingmaschinen
Applications of recycling machines



Preparation and recycling

Disposal of exterior external thermal insulation composite systems containing EPS

Increasingly stringent requirements made on building insulation systems and the associated rehabilitation and/or demolition projects (Fig. 1) will in the coming few decades result in significant increases in the quantities of waste yielded from external thermal insulation composite systems (ETICS), which have been in use since the 1960s. Since, simultaneously, ever greater attention is focussing on resources efficiency, and since the existing disposal routes for these material flows are suitable only to a limited extent, if at all, it will be necessary to develop and establish new recycling routes for these flows.

Aufbereitung und Verwertung

Entsorgung von Wärmedämmverbundsystemen mit EPS

Bedingt durch steigende Anforderungen an die Gebäudedämmung und die damit verbundenen Sanierungs- oder Abbruchmaßnahmen (Bild 1) werden in den nächsten Jahrzehnten die Abfallmengen aus Wärmedämmverbundsystemen (WDVS), die seit den 1960er Jahren verwendet wurden, deutlich ansteigen. Da gleichzeitig ein immer größerer Fokus auf die Ressourceneffizienz gelegt wird und die bestehenden Entsorgungswege für diese Stoffströme nicht oder nur bedingt geeignet sind, müssen neue Verwertungswege für diese Stoffströme entwickelt und etabliert werden.

Autoren/Authors:

Niklas Heller M.Sc., wissenschaftlicher Mitarbeiter, FH Münster, IWARU – Institut für Infrastruktur · Wasser · Ressourcen · Umwelt, Münster/Deutschland

www.fh-muenster.de/iwaru

Martin Simons M.Sc., wissenschaftlicher Mitarbeiter, RWTH Aachen, I.A.R. – Institut für Aufbereitung und Recycling, Aachen/Deutschland

www.iar.rwth-aachen.de

1 Background

As a result of increasingly stringent energy-efficiency requirements made on the thermal insulation of buildings, facades have, since the 1960s, been insulated using external thermal insulation composite systems (ETICS). Expanded polystyrene (EPS) has generally been used as the insulating material, thanks to its easy processing and low costs. The long service-life of ETICS, of up to 60 years, means that the flow requiring recycling remains relatively small at present. The disposal route currently customary for this waste, via refuse incineration, nonetheless presents a challenge. Materials-route recycling methods have not yet been established [2]. Restrictions concerning the treatment of the waste yielded also result from the hexabromocyclododecane (HBCDD) flame retardant used in EPS materials up to 2015.

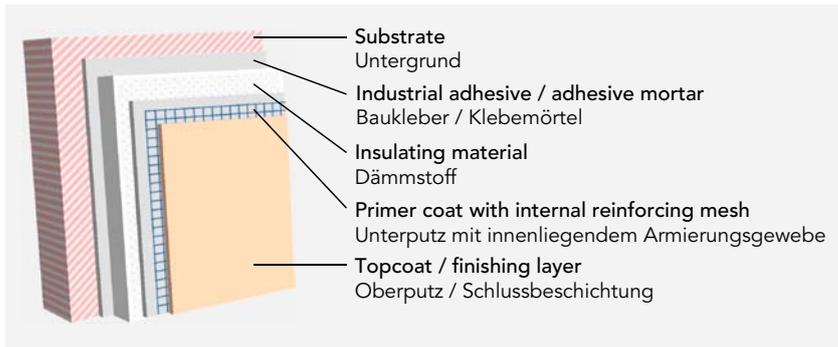
1 Hintergrund

Aufgrund steigender energetischer Anforderungen an die Wärmedämmung von Gebäuden, werden Fassaden seit den 1960er Jahren mit Wärmedämmverbundsystemen (WDVS) gedämmt. Als Dämmstoff wurde zumeist expandiertes Polystyrol (EPS) verwendet, da es leicht zu verarbeiten und kostengünstig ist. Aufgrund der langen Nutzungsdauer von WDVS von bis zu 60 Jahren ist aktuell die Rücklaufmenge noch gering. Dennoch stellt die derzeit übliche Entsorgungsform für diesen Abfall in der Müllverbrennung bereits eine Herausforderung dar. Stoffliche Verwertungsverfahren sind bisher nicht etabliert [2]. Einschränkungen in der Behandlung der anfallenden Abfälle ergeben sich zudem durch das bis 2015 im EPS eingesetzte Flammenschutzmittel Hexabromcyclododecan (HBCD).



Credit/Quelle: IWARU - Institut für Infrastruktur · Wasser · Ressourcen · Umwelt

▲ 1 Demolition project
Rückbaumaßnahme



Credit/Quelle: IWARU

2 Schematic structure of an external thermal insulation composite systems
Schematischer Aufbau eines Wärmedämmverbundsystems

2 External thermal insulation composite systems

The structure of an ETICS is shown schematically in Fig. 2. It consists of a number of components, which are applied to the building shell in layers composed of differing materials. The greatest amount by volume is made up here by the insulating material. The insulating tiles are fixed across large areas to the substrate by means of industrial adhesives and/or mechanically, using fixing dowels, depending on the surface quality of this substrate. A primer coat with an internal reinforcing mesh, consisting generally of a glazed glass-fibre fabric, is applied onto the insulating tile. A large range of different minerally and organically bound plasters, and also flat-facing and brick-facing systems, glass and even hewn stone, are used as the top finishing layer (Fig. 3).

EPS insulating tiles currently dominate the market for the insulating materials used, at around 66 % [1]. Where greater fire-safety requirements apply (in public buildings, for example), mineral wool-products

2 Wärmedämmverbundsysteme

In Bild 1 ist der schematische Aufbau eines WDVS dargestellt. Dieses besteht aus mehreren Komponenten, die in Schichten aus unterschiedlichen Materialien auf die Gebäudehülle aufgebracht werden. Den volumenmäßig größten Anteil hat hierbei das Dämmmaterial. Je nach Untergrundbeschaffenheit werden die Dämmplatten großflächig mittels Baukleber und/oder mechanisch mit Dübeln auf dem Untergrund befestigt. Auf der Dämmplatte ist ein Unterputz mit innenliegendem Armierungsgewebe, meistens Glasfasergewebe mit Appretur, aufgebracht. Als Schlussbeschichtung kommen eine Vielzahl verschiedener mineralisch und organisch gebundener Putze sowie Flachverblender, Klinkerriemchen, Glas oder auch Natursteine zum Einsatz (Bild 3).

Den überwiegenden Marktanteil bei den verwendeten Dämmstoffen haben mit aktuell etwa 66 % Dämmplatten aus EPS [1]. Bei erhöhten Brandschutzanforderungen (z.B. bei öffentlichen Gebäuden) kommen häufig auch Mineralwolleprodukte zum Einsatz. Sonstige Dämmstoffe sind z.B. Polyurethan-Hartschaum oder Dämmplatten aus nachwachsenden Rohstoffen, wie z.B. Holzweichfaser.

Laut Angaben des Fachverbandes Wärmedämm-Verbundsysteme, veröffentlicht in einer Studie des Fraunhofer IBP, wurden in Deutschland von 1960 bis 2012 insgesamt 900 Mio. m² WDVS verbaut [2]. Davon entfallen 720 Mio. m² auf WDVS mit EPS als Dämmstoff, was einer Masse von über 9 Mio. t entspricht. Im Jahr 2016 wurden rund 63 000 t EPS-Dämmstoffe für WDVS produziert [6].

3 External thermal insulation composite systems in detail
Wärmedämmverbundsystem im Detail



Credit/Quelle: IWARU

3 Entsorgung von WDVS

Im Vergleich zur verbauten Menge an WDVS werden zurzeit nur wenige Systeme zurückgebaut. Aber auch die daraus resultierenden noch vergleichsweise geringen Abfallmengen stellen eine Herausforderung für die Entsorgung dar.

3.1 Abfallmengen und -zusammensetzung

WDVS-Abfallmengen aus dem Rückbau werden in den Abfallstatistiken zurzeit nicht separat, sondern nur zusammen mit anderen Abfällen aus dem Bau- und Dämmstoffbereich erfasst (Bild 4). Daher kann das aktuelle Abfallaufkommen aus WDVS nur abgeschätzt werden.

In Tabelle 1 sind ausgewählte Mengenberechnungen und Prognosen aus zwei Studien angegeben. Die Angaben beider Studien beziehen sich nicht auf die Menge der anfallenden und zu bewirtschaftenden EPS-haltigen WDVS-Abfälle, sondern nur auf den EPS-Anteil dieser WDVS bzw. auf sämtliche EPS-Abfälle aus dem Abbruch und der Sanierung von Gebäuden und damit u.a. auch auf Dach-, Perimeter- und Trittschalldämmung.

Das Fraunhofer Institut geht von rund 9400 t/a EPS-Dämmstoff nur aus WDVS-Abfällen aus. Betrachtet man sämtliche EPS-Abfälle aus dem Baubereich, sind laut Conversio im Jahr 2016 etwa 34 500 t EPS-Abfall angefallen. Beide Studien rechnen mit einem starken Anstieg dieser Mengen bis zum Jahr 2050, verweisen

◀ Table/Tabelle 1
Quantities of
EPS waste
EPS-Abfallmengen

	Fraunhofer study: Removal and recycling of ETICS [2] Fraunhofer-Studie: Rückbau und Recycling von WDVS [2]	Conversio study: Yield and management of EPS and XPS waste [6] Conversio-Studie: Aufkommen und Management von EPS- und XPS-Abfällen [6]
Reference variable Bezugsgröße	EPS-content from ETICS waste EPS-Anteil aus WDVS-Abfällen	EPS waste from demolition and modernisation projects* EPS-Abfälle aus Abbruch und Sanierung*
Current quantities Aktuelle Mengen	9400 t/a (status/Stand 2011)	34 500 t/a (status/Stand 2016)
Forecast for 2050 Prognose 2050	50 000 t/a	85 000 t/a

*EPS from ETICS, roof, perimeter and structure-borne sound insulation, and also other EPS products from the construction-materials sector

*EPS aus WDVS, Dach-, Perimeter-, Trittschalldämmung sowie sonstigen EPS-Produkten aus dem Baustoffbereich

are frequently also used. Other insulating materials include, for instance, rigid polyurethane foam and also insulating tiles consisting of regenerative input materials, such as softwood fibres.

According to information supplied by the German external thermal insulation composite systems association and published in a Fraunhofer IBP study, a total of 900 million m² of ETICS was installed in Germany between 1960 and 2012 [2]. Of this amount, ETICS featuring EPS as an insulating material accounted for some 720 million m², equating to more than 9 million t of this material. Around 63 000 t of EPS insulating materials were produced for ETICS during 2016 [6].

3 Disposal of ETICS

At present, only few systems are being de-installed, when referred to the overall quantity of installed ETICS. The still comparatively small quantities of waste resulting from these operations nonetheless present challenges for disposal.

3.1 Quantities and composition of the waste materials

The quantities of ETICS waste resulting from system removal are currently not registered separately in waste statistics, but are instead recorded only together with other waste accruing from the construction and insulating-material sectors (Fig. 4). It is therefore possible only to estimate the current yield of waste originating from ETICS.

Selected quantity calculations and forecasts from two studies are shown in Table 1. The data from both studies relates not to the quantities of EPS-containing ETICS-waste occurring and requiring management, but instead only to the EPS-content of these ETICS and/or to all EPS-waste originating from the demolition and the modernisation of buildings, and thus also, inter alia, to roof, perimeter and footfall sound insulation.

The Fraunhofer Institute assumes around 9400 t/a of EPS insulating material from ETICS waste alone. When all EPS waste from the building sector is studied, some 34 500 t of EPS waste occurred in 2016, according to Conversio. Both studies anticipate a steep rise in these amounts up to the year 2050, but also draw attention to the variability of the computed scenarios.

aber auch auf die Variabilität der gerechneten Szenarien. Die EPS-Dämmschicht hat im WDVS den größten Volumenanteil. Aufgrund der geringen Dichte der Polystyrol-Dämmplatten (meist 15 – 20 kg/m³) beträgt der Massenanteil der Putze und Kleber aber, je nach Ausführung des Systems, das Fünf- bis mehr als das Zwölfwache der EPS-Masse, so dass auch diese Stoffströme bei der Entwicklung von abfallwirtschaftlichen Konzepten berücksichtigt werden müssen. Somit ist für das Jahr 2050 von einer Gesamtabfallmenge aus WDVS von rund 500 000 t/a auszugehen. Die darin enthaltene EPS-Menge von rd. 50 000 t/a EPS-Abfall weist ein Volumen von über 3 Mio. m³ auf.

3.2 Einschränkungen in der Entsorgung

Ein problematischer Inhaltsstoff des EPS-Dämmstoffes ist das seit den 1960er Jahren zugefügte Flammenschutzmittel HBCD, welches seit August 2015 in neuen EPS-Platten verboten ist. Seit Mai 2013 gilt HBCD als persistenter organischer Schadstoff (Persistent Organic Pollutant, kurz POP). Produkte mit einem Gehalt von mehr als 100 mg/kg HBCD dürfen in der EU mittlerweile nicht mehr hergestellt oder in Verkehr gebracht werden. Daher werden seit Ende 2014 in Deutschland EPS-Dämmstoffe mit dem neuen Flammenschutzmittel Polymer-FR produziert [4].

**Prozesswasser- und
Abwasseraufbereitung**

Leiblein

Überzeugen Sie sich von unseren innovativen Komponenten und Lösungen für die Aufbereitung von Prozesswasser und Abwasser.

LEIBLEIN GmbH • 74736 Hardheim
Tel.: 06283/2220-0 • Fax: 2220-50
E-Mail: leiblein@leiblein.de
Internet: <http://www.leiblein.de>



4 Deconstruction of a building
Rückbau eines Gebäudes



Credit/Quelle: IWARU

The EPS insulating layer occupies the greatest percentage volume in an ETICS. Due to the low density of the polystyrene insulating tiles (generally 15 to 20 kg/m³), however, the percentage of the plasters and adhesives by mass may be five- to more than twelve-fold that of the EPS, with the consequence that these material flows must also be taken into account in the elaboration of relevant waste-management concepts. A total waste quantity of around 500 000 t/a originating from ETICS can thus be assumed for the year 2050. The around 50 000 t/a quantity of EPS waste contained in this will have a volume of more than 3 million m³.

A total waste quantity of around 500 000 t/a originating from ETICS be assumed for 2050

3.2 Restrictions on disposal

The HBCDD flame retardant added since the 1960s and prohibited in new EPS tiles since August 2015 is a problematical component of EPS insulating materials. HBCDD has been classified as a persistent organic pollutant (POP) since May 2013. Products with a content of more than 100 mg/kg HBCDD may now no longer be produced in or imported into or traded within the EU. Since late 2014, EPS insulating materials manufactured in Germany have therefore contained the new polymer FR flame retardant [4]. EPS waste from current demolition and modernisation projects generally contains HBCDD and care must therefore be taken to ensure that correct methods are used for disposal (Fig. 5). In Germany the disposal of HBCDD-containing waste is governed, inter alia, by a regulation on POP-containing waste [8], which

Da EPS-Abfälle aus aktuellen Rückbau- und Sanierungsmaßnahmen i.d.R. HBCDD-haltig sind, ist bei der Entsorgung darauf zu achten, dass diese in geeigneten Verfahren entsorgt werden (Bild 5). Die Entsorgung HBCDD-haltiger Abfälle wird u.a. durch die POP-Abfall-Überwachungsverordnung [8] geregelt, welche ein Getrenntsammlungsgebot/Vermischungsverbot, Nachweispflichten und Registerpflichten regelt. Die Regelungen orientieren sich an der Nachweisverordnung [9], ohne dass die betroffenen Abfälle als gefährlich eingestuft sind. Abfallgemische mit einem HBCDD-Gehalt von weniger als 1000 mg/kg werden nicht von der Verordnung erfasst und können ohne Nachweis befördert werden. Gemischt anfallende WDVS-Abfälle mit Dämmstoffstärken von z.B. 6 cm unterschreiten aufgrund des hohen Masseanteils des Putzes in der Regel diesen Grenzwert, sodass hier die o.g. Verordnung nicht greift. Bei einem selektiven Rückbau oder beim Abriss von Systemen mit höherer Dämmstärke ist dies aber nicht der Fall, so dass die besonderen Anforderungen beachtet werden müssen.

Die Abfälle, die aktuell beim Rückbau von Wärmedämmverbundsystemen anfallen, werden in der Regel in Müllverbrennungsanlagen (MVA) entsorgt. Der Heizwert von Polystyrol liegt mit 38 MJ/kg weit über dem Heizwert, für den die Anlagen üblicherweise ausgelegt sind (i.d.R. 8 – 12 MJ/kg). Daher sollte, um einen reibungslosen Prozessablauf zu gewährleisten, nach einer Untersuchung in der MVA Würzburg der EPS-Anteil im Input einer MVA von 2 Masse-% nicht überschritten werden [3]. Sofern die WDVS-Abfälle als Gesamtsystem verbrannt werden, senken zwar die massenmäßig überwiegenden Anteile an Putz und Kleber im WDVS-Abfall den Heizwert des Gemisches. Gleichzeitig weisen diese Abfälle dann aber einen in Müllverbrennungsanlagen unerwünscht hohen Aschegehalt auf.

imposes a requirement for separate collection/prohibition of mixing, documentation obligations and registration requirements. These provisions are orientated around the Certified Disposal Ordinance [9], although the waste in question is not classified as hazardous. These regulations do not apply to mixtures of waste with an HBCDD content of lower than 1000 mg/kg, and these can be handled and transported without special documentation. ETICS waste occurring in mixtures and with insulating-material thicknesses of, for example, 6 cm, generally fall below this limit, as a result of the high plaster content by mass, with the consequence that the above-mentioned regulations do not apply in these instances. This is not the case in the context of the selective removal or complete demolition of systems featuring greater insulation thicknesses, with the result that it is then necessary to adhere to the special requirements.

Disposal of waste currently yielded in the removal of external thermal insulation composite systems is generally accomplished in waste-incineration plants (WIPs). At 38 MJ/kg the calorific value of polystyrene is well above that for which these plants are generally designed (usually 8 to 12 MJ/kg). According to a study performed at the Würzburg WIP, the EPS content in the feed material to a WIP should not exceed 2 % by mass, in order to assure trouble-free processing [3]. Where ETICS waste is incinerated as a complete system, the predominating plaster and adhesives contents by mass in the ETICS lower the calorific value of the mixture as a whole. Such waste then produces, at the same time, an undesirably high ash yield in such waste-incineration plants.

Against the background of rising flows of waste, the legal and technical disposal requirements, and the general aims of attainment of the circular economy, it will therefore be necessary to develop and establish alternative disposal strategies.

4 Recycling strategies

Materials-route utilisation of pure-fraction, HBCDD-free EPS waste is already practised today. This applies, however, only to cutting/trimming waste and to uncontaminated packaging waste. Waste resulting from the removal of ETICS cannot at present be fed to materials-route recycling.

The recycling of HBCDD-containing waste must assure that the HBCDD is removed from the circuit: under the Basle Convention, thermal utilisation in waste-incineration plants, alongside incineration as hazardous waste, is one of a number of processes permitted for the destruction of HBCDD. Use in cement-industry rotary kilns and removal of the



Credit/Quelle: IWARU

◀ 5 EPS waste from a demolition projects
EPS-Abfall einer Rückbaumaßnahme

Vor dem Hintergrund der steigenden Abfallmengen, den rechtlichen und technischen Anforderungen bei der Entsorgung sowie den allgemeinen Zielen der Kreislaufwirtschaft, ist es daher notwendig alternative Entsorgungsstrategien zu entwickeln und etablieren.

4 Verwertungsstrategien

Schon heute findet eine werkstoffliche Verwertung von sortenreinen und HBCDD-freien EPS-Abfällen statt. Dabei handelt es sich aber um Verschnittabfälle sowie saubere Verpackungsabfälle. Abfälle auf dem WDVS-Rückbau kommen für die werkstoffliche Verwertung aktuell nicht in Frage.

Bei der Verwertung HBCDD-haltiger Abfälle muss sichergestellt werden, dass das HBCDD dem Kreislauf entzogen wird: Die thermische Verwertung in Müllverbrennungsanlagen ist gemäß Basler Konvention neben der Sonderabfallverbrennung eins von mehreren zulässigen Verfahren, um HBCDD zu zerstören. Des Weiteren sind auch der Einsatz in Drehrohröfen in der Zementindustrie und die Abtrennung des HBCDD aus dem EPS mittels Solvolyse rechtlich zulässig. [7]

Für diesen letztgenannten Weg soll bis Ende 2018 in den Niederlanden unter dem Namen „PolyStyreneLoop“ eine Pilotanlage in Betrieb genommen werden, in der mittels Solvolyse 3000 t/a EPS-Abfälle verarbeitet und dabei Polystyrol und Brom zurückgewonnen werden. [5]



Umschaltventilatoren zur automatischen Kühlerreinigung





mehr
Kühlung



mehr
Leistung



mehr
Nutzung





HBCDD content from the EPS by means of solvolysis are also legally permitted [7].

In the case of the latter route, a pilot plant in which 3000 t/a of EPS waste will be processed by means of solvolysis, with recovery of polystyrene and bromide, is to be commissioned under the „PolyStyreneLoop“ name in the Netherlands by the end of 2018 [5].

A research project aimed at investigating, inter alia, the materials-/energy-route utilisation of ETICS waste in cement plants is also currently being prepared at the Münster University of Applied Sciences. Here, the focus will not be solely on EPS as a high-calorific-value fuel, but also on the recycling of the predominantly mineral plaster and adhesive components.

ETICS waste can be incinerated in a WIP without extra pre-treatment, whereas the materials- and energy-route utilisation processes make specific requirements on waste properties, with the consequence that preconditioning is a requirement.



Darüber hinaus ist an der FH Münster ein Forschungsprojekt in Vorbereitung, welches u.a. die stofflich-energetische Verwertung von WDVS-Abfällen in Zementwerken untersuchen soll. Hier liegt der Fokus nicht ausschließlich auf EPS als hochkalorischer Brennstoff, sondern auch auf der Verwertung der weitgehend mineralischen Putze und Kleber.

Während WDVS-Abfälle in einer MVA ohne weitere Vorbehandlung verbrannt werden können, sind mit den stofflichen und energetischen Verwertungsverfahren spezifische Anforderungen an die Abfalleigenschaften verbunden, sodass eine Vorkonditionierung erforderlich ist.

5 Mechanische Aufbereitung / Vorkonditionierung

Zurzeit existieren noch keine speziellen Aufbereitungsanlagen für WDVS-Abfälle. Da sich dieser Abfallstrom in seiner Zusammensetzung von anderen Bauabfällen unterscheidet, lassen sich Konzepte bestehender Anlagen, wie z.B. für die Aufbereitung von Baustellenabfällen, nicht direkt übertragen.

5.1 Aufschlusszerkleinerung als Vorkonditionierungsschritt

Der Prozessschritt der Zerkleinerung spielt in der mechanischen Aufbereitung eine zentrale Rolle.

No dedicated preparation facilities for ETICS waste exist at present

5 Mechanical preparation/preconditioning

No dedicated preparation facilities for ETICS waste exist at present. Concepts for existing plants – for the preparation of construction-site waste, for example – can also not be directly applied, since the composition of this particular flow of waste differs from those of other forms of construction-industry waste.

5.1 Comminution as a preconditioning operation

The „comminution“ process operation plays a central role in mechanical preparation. Comminution prepares the material flows for the downstream processes and exposes the recyclable values. The aim of comminution is critically dependent on the requirements made by the downstream processes and the product-qualities specified. The following targets can

6 Test object (left), non-digested composite (top right), EPS product (bottom right)
 Probekörper (links), nicht aufgeschlossener Verbund (rechts oben), EPS Produkt (rechts unten)





be derived from mineral preparation and then applied to preparation of ETICS [11, 13]:

- ▶ Comminution („digestion“) of the composite structure yielded, exposure of recyclable values
- ▶ Modification of specific particle surface area
- ▶ Modification of particle-size distribution

The application of differing stress loads is intended to exploit the differing comminution properties of the components being processed, in order to comminute them selectively [14]. Unlike purely minerals preparation, which focuses primarily on brittle rock minerals, an ETICS consists of a range of different materials, each with differing comminution behaviour, making selective comminution a viable option. The feed material contains elastic to viscoelastic components in the form of the insulating material (EPS) and the reinforcing mesh (composed, for example, of glass-fibre-reinforced plastics), in addition to mineral components, such as adhesives and plaster, for instance. These components are bonded to each other by means of adhesives, and can optionally also be additionally geometrically locked together by means of fixing dowels, making the attainment of selectivity in comminution more difficult [12].

Special test objects were prepared for the performance of repeatable series of tests at the RWTH Aachen University, since original de-installed ETICS exhibit a high level of material complexity as a consequence of differing product types, varying processing methods and a range of different removal methods. Among other factors, the overall fractions by mass, values yield and the purity of the product material were determined, in order to assess the success of comminution [10].

The structure of such a test object is shown by way of example in **Fig. 6** (at left). The photo at top right shows the fraction not susceptible to digestion by means of comminution. The EPS adhering here is lost for further processing. The lower image on the right shows the pure EPS fraction. The process aim is to maximise this fraction by optimising comminution. A further fraction, not shown here, contains larger lumps of EPS, depending on the loads applied, and also the reinforcing mesh.

5.2 Further operations in preparation

Further operations are necessary in order to separate the comminuted waste into a range of fractions

Durch die Zerkleinerung werden die Stoffströme für die nachfolgenden Prozesse vorbereitet sowie Wertstoffe freigelegt. Das Ziel der Zerkleinerung ist maßgeblich von den Anforderungen der nachfolgenden Prozesse sowie den geforderten Qualitäten abhängig. Aus der Mineralaufbereitung lassen sich folgende Ziele ableiten und auf die WDVS-Aufbereitung anwenden [11,13]:

- ▶ Aufschluss der vorliegenden Verbundkonstruktion bzw. Freilegung des Wertstoffs
- ▶ Änderung der spezifischen Kornoberfläche
- ▶ Veränderung der Korngrößenverteilung.

Durch den Einsatz unterschiedlicher Beanspruchungen sollen die verschiedenen Zerkleinerungseigenschaften der verarbeiteten Komponenten genutzt werden, um selektiv zu zerkleinern [14]. Im Unterschied zur reinen Mineralaufbereitung, die sich überwiegend mit spröden Gesteinen beschäftigt, besteht ein WDVS aus verschiedenen Materialien mit unterschiedlichem Zerkleinerungsverhalten, so dass sich eine selektive Zerkleinerung anbietet. Neben den mineralischen Komponenten, wie z.B. Kleber oder Putz, liegen mit dem Dämmstoff (EPS) und dem Armierungsgewebe (z.B. aus Glasfaserkunststoff) elastische bis zäh-elastische Komponenten vor. Die Komponenten sind stoffschlüssig mittels Kleber miteinander verbunden, optional können sie formschlüssig mittels Dübel zusätzlich verbunden werden, wodurch die Selektivität der Zerkleinerung erschwert wird [12].

Für die Durchführung von reproduzierbaren Versuchsreihen an der RWTH Aachen wurden spezielle Probekörper hergestellt, da rückgebautes Original-WDVS eine hohe Materialkomplexität in Folge unterschiedlicher Produktausführungen, der variierenden Verarbeitung sowie den unterschiedlichen Rückbaumethoden, aufweist. Um den Erfolg der Zerkleinerung zu bewerten, werden u.a. die Massenanteile insgesamt, das Wertstoffausbringen und die Reinheit des Produktmaterials bestimmt [10].

Der Aufbau eines Probekörpers ist exemplarisch in **Bild 6** (links) dargestellt. Im Foto oben rechts ist die Fraktion dargestellt, die durch die Zerkleinerung nicht aufgeschlossen werden konnte. Das anhaftende EPS ist hier für die weitere Aufbereitung verloren. Im unteren Bild auf der rechten Seite ist die reine EPS-Fraktion dargestellt. Diesen Anteil gilt es durch Optimierung der Zerkleinerung zu maximieren. Eine weitere, hier

▲ 7 Comminuted EPS, reinforcement and plaster (left to right)

EPS-Bruch, Armierung und Putz (von links nach rechts)

effectively. The success of such further preparation is critically dependent on the upstream comminution process. Tests have been performed for this purpose at the Münster University of Applied Sciences.

Screening of material fines permits the obtainment of a largely EPS-free fraction consisting of comminuted plaster and adhesive. This fraction can account for up to 50 % of the feed material by mass, depending on the scope of selective comminution and the composition of the original starting materials.

It is possible, thanks to the great differences in density between EPS and the other ETICS components, to further concentrate the EPS fraction by means of density-based sorting, such as air classifying. Tests have shown that a pure EPS fraction can be generated, depending on machine setting. The magnitude of the yield of this fraction referred to the total EPS content of the waste depends on the degree of liberation achieved in comminution. The purity of the EPS fraction will inevitably fall if an attempt is made to increase yield despite insufficient digestion. The respective specifications for the targeted utilisation process are the critical factors here.

A pure EPS fraction can be generated, depending on machine setting

If necessary, it is also possible to further separate the remaining „heavies“ fraction by means of air classifying, permitting separation of the mineral constituents and the reinforcing mesh (Fig. 7).

6 Conclusion

The future rise in the amounts of ETICS waste will necessitate alternative disposal concepts aimed at achieving a „circular economy“. New utilisation processes are currently being developed, and make particular demands on the waste fed, with the consequence that preconditioning of the relevant material flows becomes necessary. These requirements must be described in quantitative terms, in order to permit systematic orientation of the necessary preparation processes around their attainment. Initial tests at the Münster University of Applied Sciences and RWTH Aachen University have demonstrated that largely pure fractions can be recovered from an ETICS waste using mechanical preparation methods. Comminution is of crucial significance in this context.

The focus in many recycling processes has, up to now, been on the EPS content. It will also be necessary to find resources-efficient disposal routes for the other constituents contained in ETICS, i.e., the plasters and the adhesives. These fractions exhibit an organics content of between 5 % and 20 % (primarily in the form of polymers). This, up to now, has complicated their recycling in the mineral sector.

nicht dargestellte, Fraktion enthält, je nach Umfang der Beanspruchung, größere EPS-Stücke sowie das Armierungsgewebe.

5.2 Weitere Aufbereitungsschritte

Um den zerkleinerten Abfall effektiv in verschiedene Fraktionen zu trennen, sind weitere Aufbereitungsschritte notwendig. Der Erfolg dieser weiteren Aufbereitung hängt maßgeblich von der vorgelagerten Zerkleinerung ab. Dazu haben Versuche an der FH Münster stattgefunden.

Durch eine Absiebung von Feinmaterial lässt sich eine weitgehend EPS-freie Fraktion aus zerkleinertem Putz und Kleber abscheiden. Je nach Umfang der selektiven Zerkleinerung und der Zusammensetzung der Ausgangsstoffe kann diese Fraktion einen Massenanteil von bis zu 50 % aufweisen.

Aufgrund der großen Dichteunterschiede zwischen EPS und den sonstigen WDVS-Komponenten lässt sich der EPS-Anteil mittels Dichtentrennung, z.B. durch Windsichtung, weiteraufkonzentrieren. Versuche zeigen, dass je nach Aggregat-Einstellung eine sortenreine EPS-Fraktion erzeugt werden kann. Wie

hoch die Ausbringung dieser Fraktion bezogen auf den gesamten EPS-Anteil im Abfall ist, hängt vom erreichten Aufschlussgrad in der Zerkleinerung ab. Soll die Ausbringung trotz unzureichendem Aufschluss erhöht werden, reduziert sich zwangsläufig die Reinheit der EPS-Fraktion.

Maßgeblich sind hier die jeweiligen Spezifikationen des angestrebten Verwertungsverfahrens.

Falls erforderlich, kann auch die verbliebene Schwerfraktion mit einer Windsichtung weiter aufgetrennt werden, sodass die mineralischen Bestandteile und das Armierungsgewebe separiert werden können (Bild 7).

6 Fazit

Die zukünftig steigenden WDVS-Abfallmengen erfordern im Sinne der Kreislaufwirtschaft alternative Entsorgungskonzepte. Neue Verwertungsverfahren werden aktuell entwickelt und stellen dabei Anforderungen an die eingesetzten Abfälle, sodass eine Vorkonditionierung der Stoffströme erforderlich ist. Diese Anforderungen müssen quantitativ beschrieben werden, um die notwendigen Aufbereitungsprozesse gezielt hierauf auszurichten. Erste Versuche an der FH Münster und der RWTH Aachen haben gezeigt, dass mit mechanischen Aufbereitungsschritten weitgehend sortenreine Fraktionen aus einem WDVS-Abfall gewonnen werden können. Die Zerkleinerung hat dabei eine zentrale Bedeutung.

Während bei vielen Verwertungsverfahren der Fokus bisher auf dem EPS lag, müssen auch für die übrigen Fraktionen eines WDVS, die Putze und Kleber, ressourceneffiziente Entsorgungswege gefunden werden. Diese Fraktionen weisen einen Organikanteil (hauptsächlich in Form von Polymeren) zwischen 5 % und 20 % auf. Dies erschwert bislang eine Kreislaufführung im mineralischen Bereich.

230 000 times around the world

SRF Production facility saves one million tons of CO₂

230 000 mal um die Erde

Anlage zur Herstellung von Ersatzbrennstoffen spart über eine Million Tonnen CO₂ ein

15 years ago ThermoTeam started producing solid recovered fuels for the cement industry. Incredibly, one million tons of energy rich SRF have already left the production line designed entirely by Lindner. With this innovative facility for sustainable and environmentally friendly waste processing in Styria/Austria, cement manufacturer Lafarge has already been able to save 1.2 million t of carbon dioxide (CO₂). This is the amount of CO₂ that the average car would emit while circumnavigating the earth approximately 230 000 times.

Vor 15 Jahren startete das Unternehmen ThermoTeam mit der Produktion von Ersatzbrennstoffen für die Zementindustrie. Sage und schreibe eine Million Tonnen energiereiche EBS liefen schon vom Band der komplett von Lindner gestalteten Aufbereitungslinie. Eine innovative Anlagenlösung für eine nachhaltige, umweltfreundliche Abfallverwertung in der Steiermark – so konnte Zementhersteller Lafarge bereits 1,2 Millionen t Kohlendioxid (CO₂) einsparen. Das entspricht der Menge an CO₂, die ein durchschnittliches Auto bei circa 230 000 Umrundungen der Erde ausstoßen würde.

ThermoTeam Alternativbrennstoffverwertungs GmbH in Feldkirchen near Graz is a joint venture between Lafarge Permooser Holding AG and Saubermacher Dienstleistungs AG. On February 28, 2018 the company celebrated 15 years of successful SRF production at the Retznei site in Styria with guests from politics, business and research, and announced more trailblazing investments in the future. The innovative SRF facility went into operation in June 2003; since then, it has already produced one million tons of high-calorific SRF from mixed municipal and industrial waste, which is then largely co-incinerated in the neighbouring Retznei cement works.

As ThermoTeam CEO Christian Lamp explained at the ceremony, the cement industry is making a valuable contribution to climate and resource protection by replacing hard coal or lignite with solid recovered fuel for energy production. A study carried out by Joanneum Research in Graz confirms that for every ton of SRF used instead of coal, carbon dioxide emissions are reduced by two tons. Cement manufacturer Lafarge has therefore been able to save 1.2 million t of CO₂ in the last ten years. In this context Hans Roth, founder of Saubermacher and chairman of the supervisory board, spoke of a sustainable success story: 'ThermoTeam is an innovative, committed company that is investing in the promising idea of a circular economy and creates jobs in the Southern Styria region.'



Credit/Quelle: Lindner

Die ThermoTeam Alternativbrennstoffverwertungs GmbH in Feldkirchen bei Graz ist ein Joint Venture der Lafarge Permooser Holding AG und der Saubermacher Dienstleistungs AG. Am 28. Februar 2018 feierte das Unternehmen mit Gästen aus Politik, Wirtschaft und Forschung 15 Jahre erfolgreiche Ersatzbrennstoff-Produktion am Standort Retznei (Gemeinde Ehrenhausen) in der Steiermark und kündigte hier weitere zukunftsweisende Investitionen an. Im Juni 2003 ging die innovative EBS-Anlage in Betrieb und produzierte seitdem schon eine Million Tonnen hochkalorische Ersatzbrennstoffe aus Siedlungs- und Gewerbemischabfällen, die dann größtenteils im benachbarten Zementwerk Retznei energetisch verwertet werden.

▲ The company
ThermoTeam
Das Unternehmen
ThermoTeam



▲ Komet von Lindner
Komet by Lindner

An excellent concept

Lindner in Spittal an der Drau/Carinthia played a key role in this success story. From the planning stage, production and assembly of the system components to the inauguration and initial use of the machine, the leading supplier of shredding solutions for the waste processing and recycling industry with a focus on the SRF market was involved from the very beginning and designed the complete processing line. Primary and secondary shredders, ferrous and non-ferrous separators, a wind sifter as well as feeding systems, conveyor and discharge belts were supplied and installed. The plant was approved in accordance with the Austrian Waste Management Act's (AWG) strict criteria to comply with emission and immission lim-

Lafarge has therefore been able to save 1.2 million t of CO₂ in the last ten years

its. As early as 2003 ThermoTeam was awarded the Environmental Protection Award of the Province of Styria for their work. Since 2004 the company has been a certified waste management company. At the start of the SRF production line is a Lindner Meteor stationary – a stationary primary shredder. The predecessor of the manufacturer's Jupiter machine series already has over 70 000 operating hours under its belt. Over a period of ten years the Meteor has processed an incredible one million metric tons of input material. All Lindner shredders have a common characteristic: they are virtually unaffected by foreign objects. Damage to the machine can be largely excluded and even the most difficult materials are processed effortlessly. The hydraulic maintenance door for easy and convenient removal of foreign objects and machine cleaning is another unique feature of Lindner products.

Wie ThermoTeam-Geschäftsführer Christian Lampl beim Festakt erklärte, leistet die Zementindustrie einen wertvollen Beitrag zum Klima- und Ressourcenschutz, indem sie Stein- oder Braunkohle durch Ersatzbrennstoffe zur Energieerzeugung substituiert. Das bestätigt auch eine Studie von Joanneum Research in Graz: Für jede Tonne EBS, die statt Kohle eingesetzt wird, reduzieren sich die Kohlendioxid-Emissionen um zwei Tonnen. So konnte Zementhersteller Lafarge in den letzten zehn Jahren 1,2 Millionen t CO₂ einsparen. Hans Roth, Gründer und Aufsichtsratsvorsitzender von Saubermacher, sprach in diesem Zusammenhang sinngemäß auch von einer nachhaltigen Erfolgsgeschichte: ThermoTeam ist ein innovatives und engagiertes Unternehmen, das in das Zukunftsthema Kreislaufwirtschaft investiert und Arbeitsplätze in der Region Südsteiermark schafft.

Ein ausgezeichnetes Konzept

Maßgeblichen Anteil an dieser Erfolgsschichte hat Lindner in Spittal an der Drau/Kärnten. Von der Planung über die Fertigung und Montage der Anlagenkomponenten bis hin zur Eröffnung und Inbetriebnahme: Der führende Anbieter von Zerkleinerungslösungen für die Abfallverwertungs- und Recyclingwirtschaft mit Fokus auf den EBS-Markt war von Beginn an dabei und gestaltete die komplette Aufbereitungslinie. Geliefert und installiert wurden Vor- und Nachzerkleinerer, Eisen- und Nichteisen-Metallabscheider sowie ein Windsichter samt Beschickungssystemen, Förder- und Austragsbändern. Die Genehmigung der Anlage erfolgte nach den strengen Kriterien des Österreichischen Abfallwirtschaftsgesetzes (AWG) zur Einhaltung der Emissions- und Immissionsgrenzwerte. Für das Konzept wurde ThermoTeam schon 2003 mit dem Umweltschutzpreis des Landes Steiermark ausgezeichnet. Seit 2004 ist das Unternehmen zertifizierter Entsorgungsfachbetrieb.



◀ Meteor by Lindner
Meteor von Lindner



▲ Meteor hour meter
Meteor-Stundenzähler

An innovative approach

With a capacity of 100 000 t/a, the SRF facility has not only been producing high-calorific solid recovered fuels since its launch in 2003, but has also recycled around 27 000 t of scrap metal and 5000 t of PET plastic waste using a sorting system positioned after the primary shredders. As a result of the ever increasing demand, ThermoTeam intends to ramp up SRF production output to approximately 118 000 t and to invest two million € in the plant by 2019. Lindner will supply a Komet HP 2200 to replace two of the manufacturer's older stationary secondary shredders.

The SRF production facility will be used as a test and pilot facility in the research project 'ReWaste 4.0'. With this innovative approach, the project headed by the University of Leoben aims to treat mixed waste more efficiently and therefore increase the material recycling rate. The objective is to develop a waste treatment system for the future that uses sensor-based, contactless sorting technologies and robotics, and digitally connects different systems.

Am Anfang der EBS-Produktionslinie steht ein Meteor – ein stationärer Vorzerkleinerer von Lindner. Der Vorgänger der Maschinenreihe Jupiter des Herstellers hat schon über 70 000 Betriebsstunden geleistet. In zehn Jahren Laufzeit setzte der Meteor buchstäblich eine Million Tonnen Aufgabegut durch. Dabei zeichnet alle Shredder von Lindner aus, dass sie unempfindlich gegenüber Störstoffen sind. Maschinenschäden sind weitest auszuschließen. Selbst die schwierigsten Materialien verarbeiten die Maschinen des Herstellers mühelos. Die hydraulische Wartungsklappe zur einfachen und bequemen Störstoffentfernung und Maschinenreinigung ist ein weiteres Alleinstellungsmerkmal bei den Produkten von Lindner.

Mit Industrie 4.0-Ansatz

Bei einer Kapazität von 100 000 t/a produzierte die EBS-Anlage seit Inbetriebnahme 2003 nicht nur hochkalorische Ersatzbrennstoffe, sondern führte über die den Vorzerkleinerern nachgeschaltete Sortiertechnologie auch rund 27 000 t Altmetalle sowie 5000 t PET-Kunststoffabfälle dem Recycling zu. ThermoTeam will aufgrund der steigenden Nachfrage die EBS-Produktionsmenge auf circa 118 000 t erhöhen und bis 2019 zwei Millionen € in die Anlage investieren. Lindner wird dazu einen Komet HP 2200 liefern, der zwei ältere stationäre Nachzerkleinerer des Herstellers ersetzt.

Das EBS-Werk stellt sich dem Forschungsprojekt „ReWaste 4.0“ als Versuchs- und Pilotanlage zur Verfügung. Mit einem Industrie 4.0-Ansatz sollen im Projekt unter Konsortialführung der Montanuniversität Leoben gemischte Abfälle effizienter behandelt und so die stoffliche Wiederverwertungsquote erhöht werden. Ziel ist es, eine Abfallbehandlung der Zukunft zu entwickeln, die sensorbasierte, berührungslose Sortiertechnologien und Robotik einsetzt und Systeme digital vernetzt.



▲ F. l. t.: Ulrike Feirer, Gerald Schmidt, Manuel Lindner, Karin Lindner, Gerd Tischner, Hans Roth
V. l. n. r.: Ulrike Feirer, Gerald Schmidt, Manuel Lindner, Karin Lindner, Gerd Tischner, Hans Roth

www.l-rt.com
www.thermoteam.at



Cooperation

AMUT and CarbonLITE improve plastic bottles recycling

Kooperation

AMUT und CarbonLITE verbessern Recycling von Plastikflaschen

“We are glad to have scored another top reference in the Northern America plastic recycling market. The CarbonLITE PET recycling project comes after the two mega PET recycling plants that AMUT supplied in North America to UNIFI in Reidsville/North Carolina, and to PETSTAR Coca-Cola Mexico,” stated Piergianni Milani, the President of AMUT GROUP.

The new CarbonLITE recycling facility, located in Dallas/Texas, started operations in September 2017, as per the schedule. The washing line supplied by AMUT has the state of art of the technology and is the second plant of this size in operation in the USA, capable of producing over approx. 5433 kg (12 000 pounds) per hour of highest quality PET from MRF post-consumer bales.

„Wir freuen uns, eine weitere Top-Referenz im nordamerikanischen Plastik-Recyclingmarkt hinzugewonnen zu haben. Das Recycling-Projekt CarbonLITE Pet folgt den beiden Mega-PET-Recyclinganlagen, die AMUT in Nordamerika an UNIFI in Reidsville/North Carolina und an PETSTAR Coca-Cola Mexico geliefert hat“, sagte Piergianni Milani, Präsident der AMUT GROUP.

Die neue Recycling-Anlage CarbonLITE mit Standort in Dallas/Texas nahm den Betrieb wie geplant im September 2017 auf. Die von AMUT gelieferte Waschlinie verfügt über hochmoderne Technologie und ist die zweite Anlage dieser Größe, die in den USA in Betrieb geht und in der Lage ist, pro Stunde mehr als rund 5433 kg höchster PET-Qualität aus MRF-Abfällen zu produzieren.

The AMUT washing section is capable of reaching 6 metric t/h

Diese 23 225,76 m² große Flasche-zu-Flasche PET-Recycling-Anlage verarbeitet jährlich Plastikflaschen in einer Größenordnung von mehr als 100 Millionen Pfund. Die Kapazität der AMUT-Waschanlage kann 6 t/h erreichen und verdoppelt damit die Jahreskapazität des Unternehmens an lebensmittel-tauglichem PET. Die Recycling-Anlage ermöglicht die Umwandlung von alten Plastikflaschen in PET-Harze, Flakes und Pellets, die wiederum zur Produk-

This 23 225.76 m² (250 000-square-foot) bottle-to-bottle PET recycling plant processes more than 100 million pounds plastic bottles annually and the AMUT washing section is capable of reaching 6 metric t/h

◀ The new state of art washing line supplied by AMUT
Die neue, moderne Waschlinie von AMUT



Credit/Quelle: AMUT

and will double the company's annual capacity of foodgrade PET. The recycling plant permits the transformation of old plastic bottles into PET resins, flakes and pellets that can then be used to produce new beverage bottles and other sustainable products.

Closing the loop on recycling and increasing the sustainability of the PET containers

“Considering that AMUT is one of the major OEM supplier for their system, we integrated our De-Labeler AMUT's patent technology and as well the wet whole bottle pre-wash,” stated Anthony Georges, President of AMUT NORTH AMERICA. He further discussed how the AMUT De-Labeler won the PLASTIC RECYCLING INNOVATION AWARD from the APR (Association of Plastic Recyclers) in 2017. Anthony Georges continued: “When you are dealing with co-mingled MRF bottle bales you need to be able to detect and remove all non-PET and colour PET containers prior to entering the final washing process. By utilizing our double stage we perform with the first

tion neuer Getränkeflaschen und anderer nachhaltiger Produkte eingesetzt werden können.

Recycling-Lücke schließen und Nachhaltigkeit von PET-Behältern steigern

„Die patentierte Technologie von AMUT sowie die nasse Flaschen-Vorwäsche haben wir unter dem Aspekt in unseren De-Labeler integriert, dass AMUT einer der wichtigsten OEM-Anbieter dieser Systeme ist“, erklärte Anthony Georges, Präsident von AMUT NORTH AMERICA und erläutert weiter, wie der De-Labeler von AMUT 2017 den PLASTIC INNOVATION AWARD von APR (Vereinigung der Kunststoff-Recycler) gewann. „Wenn man mit gemischten MRF-Flaschen-Ballen arbeitet, muss man alle nicht PET- und Farb-PET-Behälter vor Eintritt in den abschließenden Waschvorgang erkennen und entfernen. Mithilfe unserer Doppelstufe führen wir mit dem ersten De-Labeler die Trockenreinigung durch, bei der der Großteil des Rundum-Etiketts entfernt wird. In der zweiten Stufe,



◀ The AMUT washing section will double the company's annual capacity of foodgrade PET
Die AMUT Waschanlage verdoppelt damit die Jahreskapazität des Unternehmens an lebensmitteltauglichem PET

Credit/Quelle: AMUT

AMUT scope of machinery & technology supplied includes as well, the wet grinding system to turn bottles into flakes
Der Lieferumfang an Maschinen & Technologie von AMUT umfasst auch das Nassmahlsystem, das Flaschen in Flakes verwandelt



Credit/Quelle: AMUT

De-Labeller the dry cleaning action able to detach most of the shrink sleeve labels, while the second unit is a wet De-Labeller process to pre-wash the whole bottles and reduce wear effect on grinders blades. This wet bottle washing technology utilizes the filtered recycled flake washing water therefore it does not increase the consumption of fresh water used in the complete cleaning process, and contributes to the elimination of outside dirt as well as remaining labels on the whole bottles”.

also dem De-Labeller Nassprozess, wird die ganze Flasche vorgewaschen, wodurch die Verschleißwirkung auf die Messer des Zerkleinerers reduziert wird. Bei dieser Nasswaschtechnologie für Flaschen wird das gefilterte, recycelte Waschwasser der Flakes eingesetzt, weshalb der Verbrauch des im gesamten Reinigungsprozess eingesetzten Frischwassers nicht steigt. Außerdem trägt es zur Beseitigung des außen anfallenden Schmutzes und der Etikettenreste auf den ganzen Flaschen bei.“

Ein entscheidender Aspekt der AMUT-Technologie ist die Tatsache, dass die Flaschen beim Durchlaufen beider Maschinen unversehrt bleiben und während der Aktionen der De-

Labeller nicht beschädigt werden. Dies verbessert die Effizienz und die Funktionalität der nachgeschalteten automatischen Sortieranlage, so dass das Nicht-PET und Farb-PET leichter vom transparenten PET-Flaschenstrom entfernt werden kann. Die transparenten PET-Flaschen werden direkt im AMUT-Flake-Waschsystem gewaschen.

Der von AMUT gelieferte Umfang an Maschinen und Technologie umfasst das Nassmahlsystem, das Flaschen in Flakes umwandelt, sowie zwei der patentierten AMUT Flake-Frictionswäscher und zwei ihrer neuesten hochmodernen Anlagen für die „Schwimm-Sink“-Separation. Diese sind auch in der Lage, die Polyolefin-Verschlüsse zu erfassen, so dass diese gereinigten Verschlüsse auch verwertet werden können. Der gesamte Prozess ist so gestaltet, dass die Güteklasse der transparenten PET-Flakes, die den anspruchsvollsten Flasche-zu-Flasche-Anwendungen entsprechen, sowie der Wert eines jeden Ballens gesteigert werden. Gleichzeitig werden die Betriebskosten und der Verbrauch an Frischwasser, Energie und Reinigungsmittel minimiert.

Non-PET and colour PET can be easier removed from the clear PET bottle stream

Critical to the AMUT technology is that the bottles stay intact through these two machines and are not damaged during the actions of De-Labeller therefore improving efficiency and the functionality of the following automatic sorting equipment so that the non-PET and colour PET can be easier removed from the clear PET bottle stream. The clear PET bottles will be washed directly in the AMUT wash flake system.

AMUT scope of machinery & technology supplied includes as well, the wet grinding system to turn bottles into flakes, along with two of the AMUT patented Flake Friction Washers, and two of their newest advance technology ‘Sink-Float’ separation machines, which are able to capture the polyolefin caps so that these cleaned caps can also be utilized. The whole process is engineered to increase the grade quality of the clear PET flakes which comply with the most demanding bottle-to-bottle applications, optimizing the value of every bale, while minimizing operational costs, fresh water usage, energy and cleaning agents.

www.amut.it

New lease of life

Industrial conversion towards a green economy

Neue Dynamik

Umstellung der Branche auf eine umweltfreundliche Wirtschaft

Montello S.p.A., based near Bergamo/Italy, uses the latest sensor-based technology of 40 TOMRA machines to give a new lease of life to tonnes of post-consumer plastic arriving from Lombardy.

Die Montello S.p.A. mit Sitz nahe Bergamo/Italien nutzt die neueste sensorgestützte Technologie von 40 TOMRA-Maschinen, um den Tonnen von Endverbraucher-Kunststoffen aus der Lombardei neue Dynamik zu verleihen.



◀ View of the company site
Blick auf das
Unternehmensgelände

Credit/Quelle: TOMRA

Back in 1996, at the time of the steel crisis, the company's management decided to discontinue production of iron bars for reinforced concrete and transform the business into what would become one of the most advanced waste processing facilities in Europe and the only one in Italy capable of managing the complete cycle.

Today, Montello S.p.A. occupies a 350 000 m² industrial site, including a 120 000 m² indoor area, and employs approximately 500 people. Technology is everywhere, mainly due to the use of TOMRA Sorting Recycling optical sensors, which are capable of recognising the different types of plastic and so reduce the need for manual sorting to a minimum. This means 150 000 t of post-consumer plastic packaging waste are recovered and recycled every year and, for the environment, a reduction of about 200 000 t/a in CO₂ emissions. Added to this, the company sorts and processes around 300 000 t of organic waste collected for recycling,

Zu Zeiten der Stahlkrise, 1996, beschloss die Unternehmensleitung, die Produktion von Eisenbarren für armierten Beton einzustellen und das Unternehmen in das zu verwandeln, was eine der fortschrittlichsten Abfallaufbereitungsanlagen in Europa werden würde – und die einzige in Italien, die in der Lage ist, den kompletten Zyklus zu bewältigen.

**A reduction of about 200 000 t/a
in CO₂ emissions**

Heute erstreckt sich die Montello S.p.A. über ein Gelände von 350 000 m², davon 120 000 m² Innenfläche, und beschäftigt rund 500 Mitarbeiter. Überall werden optische Sensoren von TOMRA Sorting Recycling eingesetzt, die in der Lage sind, die unterschiedlichen Kunststofftypen zu erkennen und so die Notwendigkeit des manuellen Sortierens auf ein



Credit/Quelle: TOMRA

◀ TOMRA Sorting Recycling optical sensors recognise the different types of plastic
Optische Sensoren von TOMRA Sorting Recycling erkennen unterschiedliche Arten von Kunststoff

from which it obtains biogas (to produce the energy to power the facility) and high-quality fertilizer.

The company entered into the partnership with TOMRA Sorting Recycling immediately and by 1999 Italy had its first automatic system for sorting plastic containers for liquids (clear PET, blue PET, coloured PET and HDPE), as required by COREPLA, the Italian consortium for the collection and recycling of plastic packaging. It was so efficient that the flow diagram of the sorting process, defined for that first plant, is still taken as a standard of reference by all COREPLA Sorting Facilities that use automatic sensor-based sorting systems.

Montello currently has 40 AUTOSORT machines, which are mainly used in the sorting and recycling of post-consumer plastic packaging. TOMRA's AUTOSORT machines use spectrometry combining NIR (Near InfraRed) and VIS (Visible) sensors in a universal modular sorting system that can accurately and quickly recognise and separate a huge amount of material, according to its type and composition, to extract high-purity fractions. NIR technology is used for sorting polymers and the VIS sensors for sorting colours.

Minimum zu reduzieren. Das bedeutet, dass jährlich 150 000 t Endverbraucher-Kunststoffverpackungsmüll wiedergewonnen und recycelt werden. Und für die Umwelt bedeutet dies eine Reduzierung an CO₂-Emissionen von 200 000 t/a. Darüber hinaus sortiert und verarbeitet das Unternehmen rund 300 000 t organischen Abfall, der für Recycling-Zwecke gesammelt wurde. Aus ihm wird beispielsweise Biogas erzeugt (um Strom zu produzieren, mit dem die Anlage versorgt wird) und hochwertiges Düngemittel produziert.

Das Unternehmen schloss eine Partnerschaft mit TOMRA Sorting Recycling, und seit 1999 verfügt Italien über sein erstes automatisches System zum Sortieren von Kunststoffbehältern für Flüssigkeiten (transparentes PET, blaues PET, farbiges PET und HDPE), wie von COREPLA, dem Italienischen Konsortium für das Sammeln und Recyceln von Kunststoffverpackung, gefordert. Dieses System war so effizient, dass das Ablaufdiagramm des Sortierprozesses, der für diese erste Anlage definiert wurde, noch immer von allen COREPLA-Sortieranlagen genutzt wird, bei denen automatische, sensorgestützte Sortiersysteme zum Einsatz kommen.

Montello verfügt derzeit über 40 Maschinen vom Typ AUTOSORT, die hauptsächlich beim Sortieren und Recyceln von Endverbraucher-Kunststoffverpackung genutzt werden. Die AUTOSORT-Maschinen von TOMRA nutzen Spektrometrie in Kombination mit NIR- (Near InfraRed = Nahinfrarot) und VIS- (Visible = sichtbare) Sensoren in einem universellen, modularen Sortiersystem, das eine riesige Materialmenge genau und schnell erkennen und nach Sorte und Zusammensetzung separieren kann, um so hochreine Fraktionen zu extrahieren. NIR-Technologie wird zum Sortieren von Polymeren eingesetzt, VIS-Sensoren zum Sortieren von Farben.

Zusätzlich zu dem Kunststoffverpackungsabfall aus Mailand und Bergamo erhält Montello auch 60 % des Kunststoffabfalls aus der Lombardei. Unter dem aus Mailand stammenden Kunststoff (der von AMSA gesammelt wird), befinden sich auch Aluminiumdosen, weshalb ein Sortieren und Trennen erforderlich ist. Der Sortiervorgang erfolgt über Walzen, Separatoren und Saugereinheiten und hauptsächlich mithilfe von hochauflösenden NIR (Infrarot)-Sensoren der

150 000 t of post-consumer plastic packaging waste are recovered and recycled every year

Jedes Jahr werden 150 000 t Endverbraucherverpackungsabfall aus Kunststoff wiedergewonnen und recycelt



Credit/Quelle: TOMRA

In addition to receiving plastic packaging waste from Milan and Bergamo, Montello also receives 60 % of Lombardy's plastic waste. The plastic from Milan (collected by AMSA) also comes with aluminium cans, which are therefore sorted and separated. Sorting is performed by rollers, separators and suction units and, above all, by the high-resolution NIR (infrared) sensors of TOMRA's AUTOSORT machines installed along 6 different lines: materials are sorted by type of polymer and, in the case of PET liquid containers, also by colour, at a speed of 3 m/s. The extracted secondary raw material is then separated into: flakes of PET (Polyethylene terephthalate) from beverage bottles; granules of HDPE (high-density polyethylene) from bottles for liquids such as detergents, and granules of LDPE (low-density polyethylene) and mixed polyolefins, from carrier bags and film-type packaging. The secondary raw materials are then sold to produce new wrapping and packaging materials, objects, containers, building material, vases and other plastic items. There is also one finished product that is made by Montello: dimpled geomembrane, used as an insulating layer in the construction industry. At this facility, 80 % of plastic is transformed into secondary raw materials, 20 % into secondary solid fuel (used as a coke substitute at cement works and blast furnaces). Nothing is sent to landfills.

www.tomra.com

AUTOSORT-Maschinen von TOMRA, die an 6 verschiedenen Linien installiert sind: Die Materialien werden mit einer Geschwindigkeit von 3 m/s nach Polymer-Typ und, im Fall von PET-Flüssigkeitsbehältern, auch nach Farbe sortiert. Der gewonnene Sekundärrohstoff wird dann in folgende Stoffe getrennt: in PET-Flakes (Polyethylen-Terephthalat) aus Getränkeflaschen; Granulate aus HDPE (High-Density Polyethylene) von Flaschen für Flüssigkeiten wie Waschmitteln, und Granulat aus LDPE (Low-Density Polyethylene) und gemischten Polyolefinen von Tragetaschen und folienartiger Verpackung.

At this facility, 80 % of plastic is transformed into secondary raw materials

Die Sekundärrohstoffe werden dann verkauft, um neues Umhüllungs- und Verpackungsmaterial, Gegenstände, Behälter, Baumaterialien, Gefäße und andere Kunststoffartikel herzustellen. Auch ein Fertigprodukt von Montello ist dabei: Noppenfolie, die in der Bauindustrie als Isolierschicht verwendet wird. In der Anlage werden 80 % des Kunststoffs zu Sekundärrohstoffen verwandelt, 20 % zu Sekundärfestbrennstoffen (als Kokersatz in Zementwerken und Brennöfen eingesetzt). Auf Deponien landet nichts.

**WE DRIVE THE
CIRCULAR ECONOMY.**

**EREMA
Discovery Days**
27 - 29 June 2018
Ansfelden / Austria
[www.erima.com/en/
discovery-days-2018/](http://www.erima.com/en/discovery-days-2018/)

Whether it is inhouse, post-consumer or bottle recycling: you can only close loops in a precise and profitable way if machines are perfectly tuned for the respective application. Count on the number 1 technology from EREMA when doing so: over 5000 of our machines and systems produce around 14 million tonnes of high-quality pellets like this every year – in a highly efficient and energy-saving way.

That's Careformance!

CAREFORMANCE
We care about your performance.

EREMA®
PLASTIC RECYCLING SYSTEMS

Global problem

Plastic waste in the oceans – consequences and strategy solutions

What had long been considered a trivial offense has meanwhile become a very serious problem: Allowing plastic waste to enter the oceans. The following overview provides data and facts and informs about the negative environmental consequences and impacts while at the same time presenting possible solutions.

Globales Problem

Plastikmüll im Meer – Auswirkungen und Lösungsstrategien

Was lange Zeit als Kavaliersdelikt gesehen wurde, hat sich inzwischen zu einem sehr ernstem Problem entwickelt. Plastikmüll im Meer. Die nachfolgende Übersicht liefert Daten und Fakten und informiert über die negativen Umweltfolgen und Auswirkungen und zeigt gleichzeitig Lösungsansätze auf.

Author/Autor

Dr.-Ing. Joachim Harder, OneStone Consulting S.L., Barcelona/Spanien

1 Introduction

Plastics are indispensable in our daily lives, as they have an extremely wide variety of applications and are usually very cheap to produce. Especially in the case of packaging, the weight advantages of plastic are unbeatable. However, most plastic articles only have a short life span. Beverage bottles, plastic bags and various other products often end up in the garbage bin or landfill site after only a single use. To enable recycling of the materials, complex procedures are required (Fig. 1) [1]. Alternatively, the materials can be thermally utilized as a substitute fuel. The time required by non-utilized plastic waste to break down varies from less than a year (bioplastics) to several hundred years (PET bottles). This is why waste plastics littered or dumped into the environment and polluting the oceans are meanwhile to be found practically everywhere in the world.

1 Einführung

Kunststoffe sind aus unserem Alltag nicht wegzudenken, da sie viele Verwendungen haben und in der Regel sehr billig herzustellen sind. Insbesondere bei Verpackungen sind die Gewichtsvorteile von Kunststoff unschlagbar. Die Lebensdauer der meisten Kunststoffartikel ist allerdings kurz. Getränkeflaschen, Plastiktüten und diverse andere Produkte landen oft nach nur einmaligem Gebrauch in der Mülltonne oder auf einer Deponie. Um die Materialien recyceln zu können sind aufwändige Verfahren erforderlich (Bild 1) [1]. Alternativ ist die thermische Verwertung als Ersatzbrennstoff möglich. Die Lebensdauer von nicht verwertetem Plastikmüll geht von weniger als einem Jahr (Biokunststoff) bis zu mehreren hundert Jahren (PET-Flasche). Deshalb sind Kunststoffe, die als Abfall in die Umwelt und in das Meer gelangen, inzwischen praktisch allgegenwärtig.

Die weltweite Nachfrage ist von 2 Mio. t Kunststoff im Jahr 1950 auf etwa 350 Mio. Jahrestonnen (Mta) in 2017 gestiegen. Es wird damit gerechnet, dass sich die Menge des produzierten Kunststoffes in den nächsten 20 bis 25 Jahren verdoppelt, obwohl der Rohstoff Erdöl knapper zu werden droht. Bis zum Jahr 2015 wurden etwa 8300 Mta Kunststoffe produziert (Bild 2), davon wurden 600 Mta recycelt bzw. in andere Länder zum Recycling verschifft, 800 Mta wurden verbrannt bzw. zur Energiegewinnung genutzt und 4900 Mta gelangten auf Deponien bzw. in die Umwelt und die Meere. Nur 10 % der Recyclingmengen wurden mehr als einmal verwendet. Bis 2015 wurden insgesamt 5800 Mta Kunststoffabfälle erzeugt. Wenn die Produktion so weiter steigt wie bisher, wird dieser Wert bis 2050 auf 26 000 Mta zunehmen [2].

Global demand for plastics has increased from 2 Mta in 1950 to about 350 Mta in 2017

Global demand for plastics has increased from 2 million tonnes in 1950 to about 350 million tonnes (Mta) in 2017. It is expected that the amount of plastic produced will double in the next 20 to 25 years, even though the resources of raw material – crude oil – are dwindling. By 2015, around 8300 Mta of plastics were produced (Fig. 2), of which 600 Mta were recycled or shipped to other countries for recycling,



Quelle/Source: Joachim Harder

800 Mta were burned or used for energy generation, and 4900 Mta were sent to landfill sites or ended up as litter in the environment and the oceans. Only 10 % of the recycled quantities were reused more than once. By 2015, a total of 5800 Mta of plastic waste had been produced. If production continues to rise, the amount of waste will increase to 26 000 Mta by 2050 [2].

2 Input of plastic waste into the oceans

There are only rough estimates for the global amount of plastic waste entering the oceans, since of course no relevant statistical data are collected. The first estimates of the quantities involved date back to the scientific literature of the early 1970s. In 2015, a group of authors [3] published data relating to 192 coastal countries, which are based on the population of these countries in a coastal strip 50 km in width and the practice of waste treatment in these countries. According to this study, out of 275 Mta of plastic waste produced worldwide in 2010, 4.8 – 12.7 Mta (or 1.7 – 4.6 %) entered the oceans from land-based sources. In the popular scientific literature, it is generally accepted that 8 Mta of plastic waste migrates annually into the oceans.

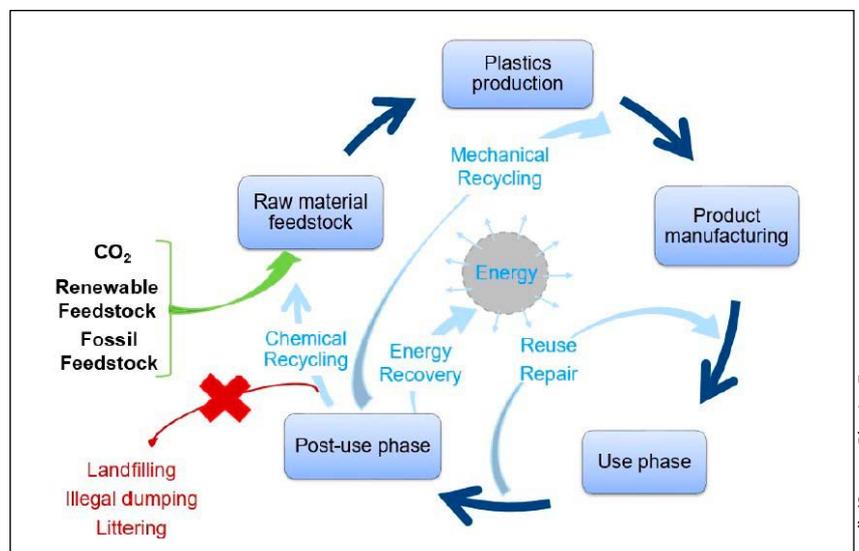
Fig. 3 shows the ten largest plastic waste polluters of the oceans in the view of the authors [3]. Lower and upper quantity limits were determined for each country. China is found responsible for 1.32 – 3.53 Mta. Indonesia and the Philippines follow in second and third place with 0.48 – 1.29 and 0.28 – 0.75 Mta, respectively, closely followed by Vietnam. Overall, it is striking that countries in Asia, and in particular in Southeast Asia, are responsible for a large proportion of the pollution of the oceans with plastic waste. In the TOP 10 countries that

2 Eintrag von Plastikmüll in die Meere

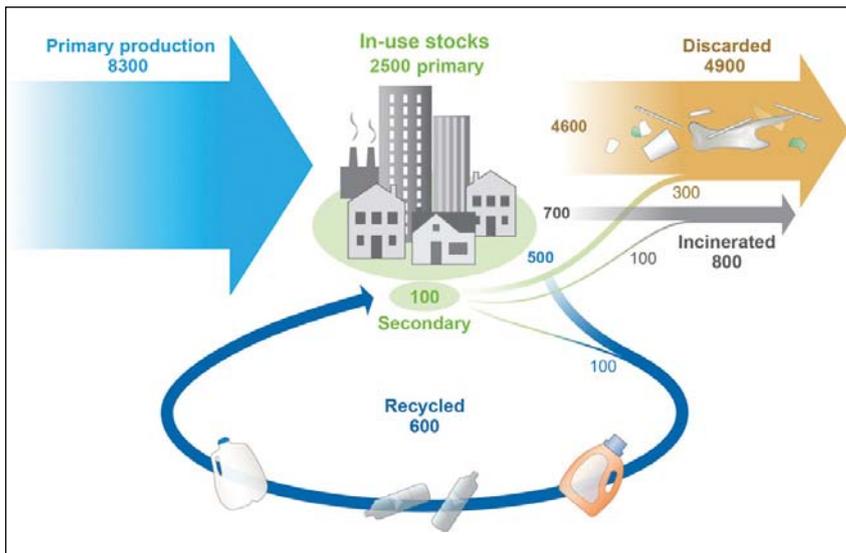
Über den globalen Eintrag von Plastikmüll in die Meere existieren nur grobe Schätzungen, da hierüber natürlich keine statistischen Daten erhoben werden. Erste Mengenabschätzungen gehen auf die wissenschaftliche Literatur Anfang der 1970er Jahre zurück. 2015 wurden von einer Autorengruppe [3] Daten zu 192 Küstenländern veröffentlicht, die auf der Population dieser Länder in einem Küstenstreifen von 50 km und der Praxis der Abfallbehandlung in diesen Ländern beruht. Danach gelangten im Jahr 2010 aus 275 Mta Plastikabfällen weltweit 4,8 – 12,7 Mta (bzw. 1,7 – 4,6 %) landseitig in die Meere. In der populärwissenschaftlichen Literatur hat sich ein Wert von 8 Mta Plastikmüll durchgesetzt, der jährlich ins Meer wandert.

▲ Flotsam on Spain's coast
Strandgut an Spaniens Küste

▼ 1 Plastics cycle with waste
Kunststoffkreislauf mit Abfall



Quelle/Source: Plastics Europe



Quelle/Source: [2]

2 Accumulated production of plastics
Akkumulierte Kunststoffproduktion

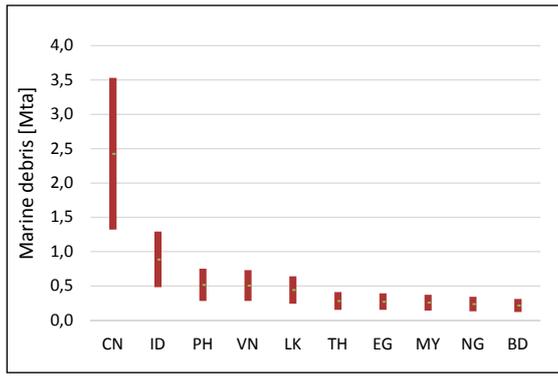
account for 69 % of marine pollution with plastic waste, Egypt and Nigeria are the only non-Asian countries. The TOP 20 polluters, which include South Africa, India, Pakistan, Turkey, Brazil, North Korea and the US, accounts for 89 % of the plastic waste input. The EU-28 would be listed in the polluters „ranking“ in 18th place with 0.05 – 0.012 Mta.

The amount of plastic waste that is „disposed of“ improperly and in an unregulated manner amounts to about 31.9 Mta and is the primary source of the marine pollution. Plastic waste is generally swept into the sea via the rivers. Other sources are landfills and illegal garbage dumps in river deltas, swamps or on sea shores. According to calculations by German hydrologists, more than 80 % of the plastic waste originates from ten rivers, eight of which are in Asia and two in Africa. The problem rivers include the Marilao (Fig. 4) in the Philippines, the Citarum in Indonesia, the Mekong and Pearl rivers in Vietnam/China, the Yangtze and Yellow rivers in China, the Ganges in India and the Indus in Pakistan. In Africa, the Nile (Egypt) and the Niger (Nigeria) are the main culprits. In addition to the plastic waste entering the oceans from land-based sources, marine pollution is increased by the garbage disposal of ships on the high seas, as well as broken, abandoned and lost fishing nets and ropes (Fig. 5). Their amount is estimated by various sources to be 10 – 20 % of the overall plastic waste pollution of the oceans. A not insignificant contribution is also made by cargo losses and illegal dumping of garbage

In Bild 3 sind die aus Sicht von [3] zehn größten Meeresverschmutzer mit Plastikmüll dargestellt. Für die Länder wurden jeweils untere und obere Mengen ermittelt. China ist für 1,32 – 3,53 Mta verantwortlich. Indonesien und die Philippinen folgen mit 0,48 – 1,29 bzw. 0,28 – 0,75 Mta auf den Plätzen 2 und 3, dicht gefolgt von Vietnam. Insgesamt fällt auf, dass die Länder in Asien und insbesondere in Südostasien einen großen Anteil an der Meeresverschmutzung mit Plastikmüll haben. Ägypten und Nigeria sind die einzigen Länder außerhalb von Asien in den TOP 10, die allein auf 69 % der Meeresverschmutzung kommen. Die TOP 20, zu denen u.a. Südafrika, Indien, Pakistan, die Türkei, Brasilien, Nordkorea und die USA zählen, machen 89 % des Eintrags von Plastikmüll aus. Die EU-28 würde man mit 0,05 – 0,012 Mta im „Ranking“ auf Platz 18 listen.

Die Menge des Plastikabfalls, der unsachgemäß und unregelmäßig „entsorgt“ wird, beträgt etwa 31,9 Mta und ist primär für die Meeresverschmutzung verantwortlich. Plastikmüll wird hauptsächlich über die Flüsse ins Meer geschwemmt. Eine weitere Quelle sind Mülldeponien und wilde Müllkippen in Flussdeltas, Sümpfen oder an Meeresküsten. Nach Berechnungen deutscher Hydrologen stammen über 80 % des Eintrags des Plastikmülls aus zehn Flüssen, davon acht in Asien und zwei in Afrika. Zu den Problemflüssen zählen der Marilao (Bild 4) in den Philippinen, der Citarum in Indonesien, der Mekong und Pearl Fluss in Vietnam/China, der Yangtze und Gelbe Fluss in China, der Ganges in Indien, der Indus in Pakistan. In Afrika sind der Nil (Ägypten) und der Niger (Nigeria) betroffen. Zusätzlich zu dem landseitigen Plastikmüll kommen die Müllbeseitigung der Schiffe auf hoher See sowie ausgediente, weggeworfene und verlorene Fischernetze und Tuae (Bild 5) hinzu. Deren Menge wird von verschiedenen Quellen mit 10 – 20 % des Plastikmülls in den Meeren abgeschätzt. Einen nicht unwesentlichen Beitrag liefern auch Ladungsverluste sowie illegales Dumping von Müll in den Meeren, was bereits 1988 mit dem internationalen Übereinkommen zur Verhütung der Meeresverschmutzung durch Schiffe (MARPOL) verboten und unter Strafe gestellt wurde. Anstatt den Müll in den Häfen anzulanden, wirft so manche Schiffsbesatzung ihren Müll über Bord. Dies hat mit Geschäftemacherei, Korruption sowie einfach nur Dummheit, Nachlässigkeit und mangelndem Umweltbewusstsein zu tun und betrifft nahezu alle Länder und Kulturen.

3 Biggest polluters of the oceans
Größte Meeresverschmutzer



3 Ausmaß der Meeresverschmutzung

Man geht heute davon aus, dass bereits etwa 150 Mta Plastikmüll die Meere belasten. Ein großer Teil des Mülls treibt auf dem Wasser und wird durch Meeresströmungen akkumuliert. Der Großteil mit Schätzungen von bis zu 70 % sinkt durch Algenbewuchs und andere Ursachen aber auf den Meeresboden ab, und wird nur durch Meeresströmungen und hohen Wellengang wieder an Strände gespült. Der Plastikmüll entlang der Küsten und in Häfen ist die weithin sichtbare Spitze des Eisbergs. Strände unbewohnter Inseln versinken teilweise geradezu in Müll. Große Plastik-

into the oceans, which was prohibited and criminalized as early as 1988 by the International Maritime Pollution Prevention Convention (MARPOL). Instead of taking their garbage to harbours for proper disposal, many a ship's crew simply throws it overboard. This has to do with profit maximization, corruption and plain stupidity, negligence and lack of environmental awareness, vices which are shared by almost all countries and cultures.

3 Extent of the marine pollution

Today, it is estimated that about 150 million tonnes of plastic waste already pollute the oceans. Much of the garbage drifts on the surface of the water and is accumulated by ocean currents. The greater portion of this, estimated to be up to 70 %, eventually sinks to the sea floor due to algae growth and other causes, and only reappears on beaches if carried there by ocean currents and the action of high waves. The plastic garbage to be found along the coasts and in harbours is only the visible tip of the iceberg. Beaches of many uninhabited islands have literally disappeared under piles of garbage. Large islands of plastic garbage have been formed by gyres (circular ocean currents) in the North Pacific (Fig. 6), the Northern Atlantic, and most recently in the Barents Sea north of Murmansk. Of these, the Great Pacific Garbage Patch (GPGP) between Hawaii and California has recently become the subject of the greatest attention.

According to recent studies [4] by the Dutch foundation „The Ocean Cleanup (TOC)“ in 2015, the GPGP is 4 to 16 times larger than previously assumed and has an area of 1.6 million km² (Fig. 7), which is five times the size of France. Surveys carried out by a number of ships and by plane concluded that there was a quantity of approx. 80 000 t of plastic waste in the centre of this gigantic concentration of drifting plastic waste. If the fringe areas are included, the mass



Quelle/Source: zamboange.com

müllstrudel haben sich der Ozeanströmungswirbel im Nord-Pazifik (Bild 6), im nördlichen Atlantik und zuletzt in der Barentsee nördlich von Murmansk gebildet. Die größte Aufmerksamkeit hat dabei in letzter Zeit der „Great Pacific Garbage Patch“ (GPGP) zwischen Hawaii und Kalifornien erhalten.

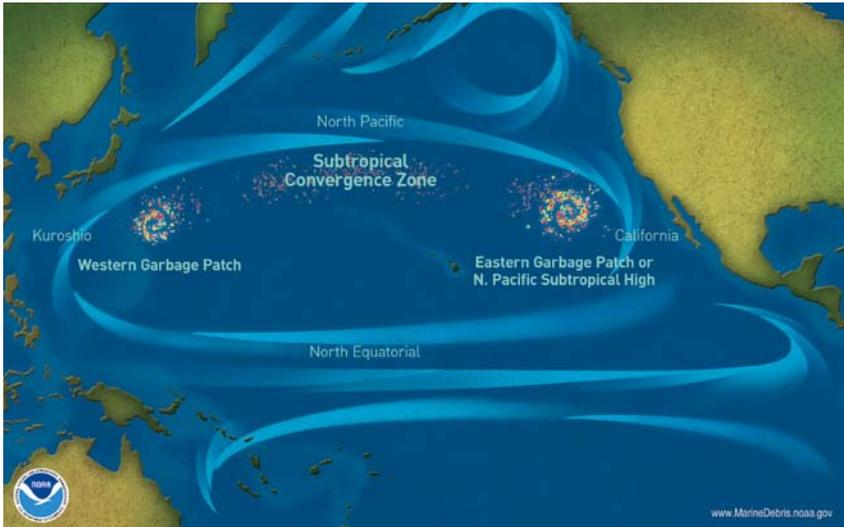
Nach neuesten Untersuchungen [4] der niederländischen The Ocean Cleanup (TOC) aus dem Jahr 2015 ist die Größe des GPGP 4 bis 16-mal größer als bisher angenommen und hat mit 1,6 Mio. km² eine Ausbreitung (Bild 7), die etwa 2,5-mal so groß ist wie die von Frankreich. Untersuchungen mit mehreren Schiffen und per Flugzeug kommen zu einer Menge von ca. 80 000 t Plastikmüll im Zentrum dieses riesigen Müllstrudels. Bezieht man auch die äußeren Bereiche mit ein, so beträgt die Masse weit über 100 000 t. Der Großteil der Plastikteile ist größer als 5 cm (Makroplastik mit 5 – 50 cm und Megaplastik mit Abmessungen über 50 cm). Fischernetze und

▲ 4 Plastic in the Marilao river
Plastik im Marilao



Quelle/Source: TOC

▲ 5 Plastic waste in the sea
Plastikmüll im Meer

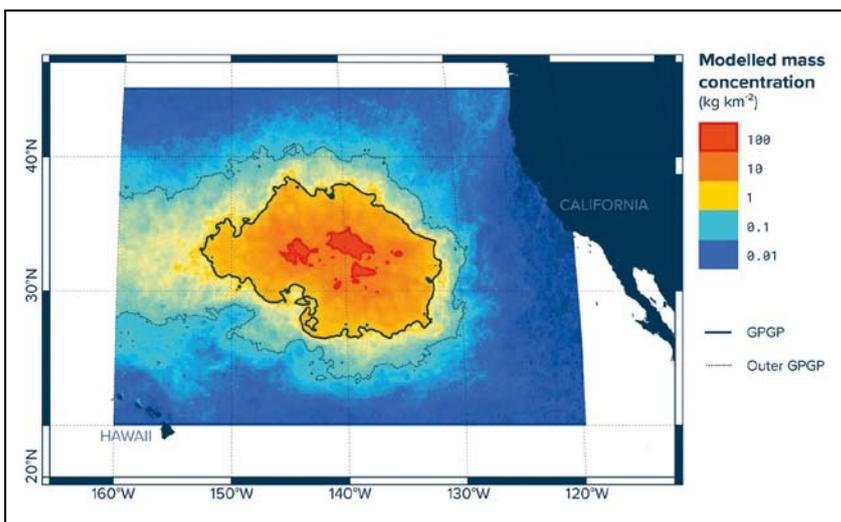


Quelle/Source: NOAA

6 The North Pacific gyre ▲ is well over 100 000 t. The majority of the plastic items are larger than 5 cm (macroplastics measuring 5 – 50 cm and megaplastic with dimensions over 50 cm). Fishing nets and other items disposed of from ships account for almost ¼ of the garbage (Fig. 8). Microplastics (0.05 – 0.5 cm) account for almost 95 % of the plastic particles, but only make up about 8 % of the total mass. An important finding of the surveys is that the amount of plastic waste in the GPGP is obviously increasing rapidly.

So-called microplastics represent a particular hazard. In other definitions the term microplastic includes all plastic particles smaller than 5 mm. Microplastic is created by the embrittlement and disintegration of larger plastic items and by the action of light and the release of plasticisers from the plastics. Other sources include the abrasion of car tyres, the microplastic particles used in cosmetics and fibres from synthetic garments. For example per wash cycle, up to 1900 tiny plastic particles were found in the water pumped out of washing machines. In a study published in 2018 [5] concerning the degree of pollution of Arctic ice, large amounts of microparticles per liter were found in ice samples dating from 2014 and 2015. Very large amounts of microparticles have also been found in water samples from the North and Baltic Seas.

▼ 7 Extent of the GPGP
Ausmaß des GPGP



Quelle/Source: TOC

andere Überbleibsel aus der Schifffahrt machen fast ¼ des Mülls aus (Bild 8). Mikroplastik (0,05 – 0,5 cm) kommt auf fast 95 % der Plastikpartikel, hat aber nur einen Massenanteil von etwa 8 %. Ein wichtiges Untersuchungsergebnis ist, dass der Plastikmüll in dem GPGP offensichtlich verstärkt zunimmt.

Eine besondere Gefahr entsteht durch die sogenannte Mikroplastik, die in anderen Definitionen alle Plastikteile kleiner 5 mm umfasst. Mikroplastik entsteht durch die Versprödung und den Zerfall größerer Plastikteile und infolge der Lichteinwirkung und Freisetzung von Weichmachern aus Kunststoffen. Andere Quellen umfassen den Abrieb von Autoreifen, und von Mikroplastikpartikeln in der Kosmetik und aus synthetischen Kleidungsstücken. So wurden beispielsweise im Abwasser von Waschmaschinen bis zu 1900 kleinste Kunststoffteilchen pro Waschgang gefunden. In einer 2018 veröffentlichten Studie zur Feststellung der Belastung arktischen Eises [5] fand man große Mengen an Mikropartikeln pro Liter in Eisproben aus den Jahren 2014 und 2015. Zu hohen Zahlen an Mikropartikeln kommen auch Wasseruntersuchungen in der Nord- und Ostsee.

4 Negative Umweltfolgen und Auswirkungen

Die durch Plastikmüll entstehenden Kosten werden global auf etwa 8 Mrd. US\$ abgeschätzt [6]. Dabei wurde der Einfluss auf einzelne Verbrauchersegmente abgeschätzt. Hierin ist beispielsweise der Aufwand für die Reinigung von Stränden und Küstenstreifen enthalten. Folgekosten wie Ausfälle im Tourismus durch vermüllte Strände oder die Reparatur von Schiffsschrauben durch Taue oder sogenannte Geisternetze sind nicht erfasst. Ebenso werden die Auswirkungen auf die menschliche Gesundheit und Ökosysteme und das Tiersterben nicht beziffert. Der Mageninhalt von toten Eissturmvögeln gilt inzwischen als anerkannter Nachweis für die Verschmutzung der Meere mit Plastik. Eissturmvögel sind Hochseevögel. Ihre Nahrung stammt aus dem Meer, da sie die meiste Zeit über dem offenen Meer verbringen.

So werden immer häufiger Plastikteile in den Mägen verendeter Seevögel gefunden. Die Tiere erleiden tödliche Verstopfungen oder verhungern bei vollem Bauch. Forscher gehen davon aus, dass künftig fast alle Meeresvögel Plastikteile im Magen haben. Neben Seevögeln sind vor allem Meeressäuger, Fische und Wasserschildkröten von der Plastikflut betroffen. Die Lederschildkröte frisst hauptsächlich Quallen und verwechselt im Wasser treibende Plastiktüten mit ihrer Nahrung. Häufig verfangen sich die Tiere auch in Netzen (Bild 9) und verenden oft qualvoll. Plastikmüll wird auch in gestrandeten Walen gefunden. Anfang 2016 strandete ein Pottwal im deutschen Wattenmeer mit Teilen eines Fischernetzes im Magen.

Die UNEP [6] geht davon aus, dass 331 Arten Plastikmüll aus dem Meer als Nahrung aufnehmen. Andere Quellen gehen sogar von deutlich größeren Zahlen aus. Eines der größten Probleme ist die Bioakkumulation bzw. Anreicherung in der Nahrungskette (Bild 10). Mikroplastik wird von Plankton (den kleins-

4 Negative environmental impacts and consequences

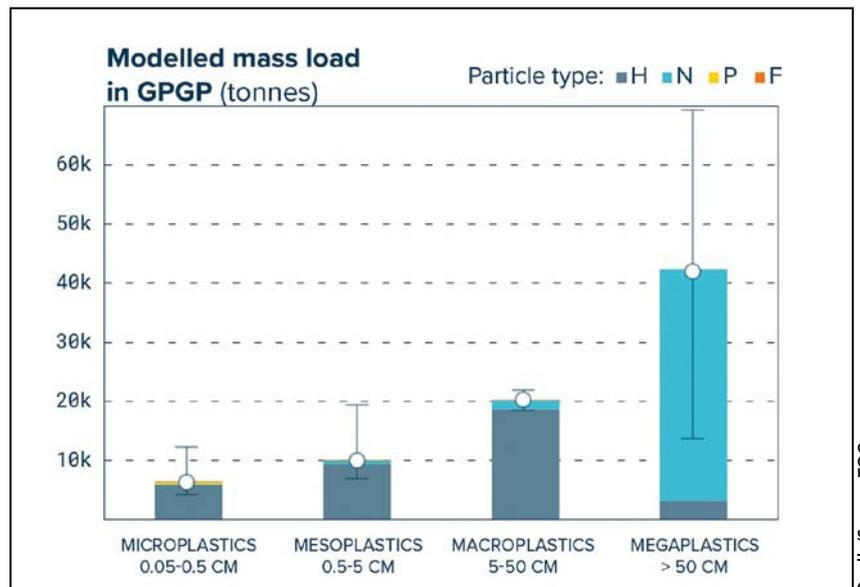
The global costs associated with plastic waste are estimated to be around US\$ 8 billion [6]. This includes an estimation of the impact on individual consumer segments and, for example, the cost of cleaning beaches and coastal strips. Consequential costs such as touristic losses due to littered beaches or the repair of ship propellers damaged by ropes or so-called ghost nets are not included. Nor does the study quantify the consequences for human health, ecosystems or animal mortality. The stomach content of dead fulmars is now recognized as valid evidence of pollution of the oceans with plastic. Fulmars are ocean-going birds that obtain their food from the open ocean, where they spend most of their lifetime.

More and more plastic items are being found in the stomachs of dead sea birds. They suffer fatal intestinal obstruction or starve to death despite having a full stomach. Researchers assume that in the future almost all seabirds will have plastic items in their stomachs. In addition to seabirds, plastic pollution of the oceans is particularly affecting the health of marine mammals, fish and turtles. For example, the leatherback turtles, which mainly feed on jellyfish, frequently confuse floating plastic bags with their food. Often, the animals also get ensnared in drifting nets (Fig. 9) and often suffer a painful death. Plastic waste is also found in the stomachs of stranded whales. At the beginning of 2016, a sperm whale stranded on the shore of the German Wadden Sea had sections of fishing net in its stomach.

The UNEP [6] assumes that 331 species of bird and animal ingest plastic waste from the sea as food. Other sources even assume significantly larger numbers. One of the biggest problems is bioaccumulation or progressive accumulation up the food chain (Fig. 10). Microplastic is even ingested by plankton (the smallest marine organisms). In addition, because of their specific high surface area, microplastic particles accumulate toxins such as polycyclic aromatic hydrocarbons, originating e.g. from oil residues. In fact, such plastic particles contain 3 to 4 times as much toxins as the „normal“ seabed. Plankton, krill, small crustaceans, algae and the like are eaten by smaller fish and in turn the smaller fish are eaten by predatory fish. Finally, the plastic ends up in the food of human beings. Plastic waste also endangers sensitive ecosystems such as coral reefs and mangroves.

5 Countermeasures and approaches to solving the problem

In December 2017, the United Nations Environment Assembly (UNEA/EA.3/L.20) passed a resolution in Nairobi calling on all countries to help rid the oceans of plastic and make changes to their waste disposal behavior. The aim is to end the production of disposable plastic and to remove plastic waste from the oceans. One approach to achieving this objective is investment in improved collection and treatment of municipal waste, especially in third world countries.



Quelle/Source: TOC

ten Meeresorganismen) aufgenommen. Hinzu kommt, dass Mikroplastikpartikel aufgrund ihrer spezifischen großen Oberfläche Giftstoffe wie polyzyklische aromatische Kohlenwasserstoffe z.B. aus Ölrückständen anreichern. So enthalten solche Plastikpartikel 3- bis 4-mal so viel Giftstoffe wie der „normale“ Meeresboden. Plankton, Krill, kleine Krebstiere, Algen und dergleichen werden von kleineren Fischen und kleinere Fische von Raubfischen gefressen. Zum Schluss landet dies in der Nahrung des Menschen. Plastikmüll gefährdet darüber hinaus empfindliche Ökosysteme wie Korallenriffe und Mangroven.

▲ 8 Plastic particles according to size
Plastikpartikel nach Größe

Plastic waste also endangers sensitive ecosystems such as coral reefs and mangroves

5 Gegenmaßnahmen und Lösungsansätze

Die UNEA der Vereinten Nationen hat im Dezember 2017 in Nairobi in einer Resolution (UNEA/EA.3/L.20) alle Länder dazu aufgerufen, bei der Reinigung der Ozeane von Plastik mitzuhelfen und Änderungen am Verhalten vorzunehmen. Ziel ist das Ende der Herstellung von Wegwerf-Plastik und die Beseitigung von Kunststoffabfall aus den Ozeanen. Dies soll z.B. durch Investitionen in eine verbesserte Sammlung und Behandlung von Siedlungsabfällen insbesondere in Ländern der Dritten Welt erreicht werden. 200 Länder haben die Nairobi-Resolution zur Entfernung des Plastikmülls aus den Meeren unterschrieben. Bedauerlicherweise haben sich die Vereinigten Staaten, China und Indien geweigert, die UN-Resolution zu unterzeichnen. Der World Plastics Council, der Verband der Kunststoff-Hersteller hat die Resolution befürwortet.

Großbritannien will mit einem guten Beispiel vorangehen und ab 2019 den Gebrauch von Wegwerf-Kunststoffartikeln komplett verbieten. McDonalds



Quelle/Source: Kate Charles, www.oceanspirits.org

9 Ensnared turtle ▲ 200 countries have signed the Nairobi resolution to remove plastic waste from the oceans. Regrettably, the United States, China and India have refused to sign the UN resolution. However, the World Plastics Council, the association of plastic manufacturers, has endorsed the resolution.

Gefangene Schildkröte

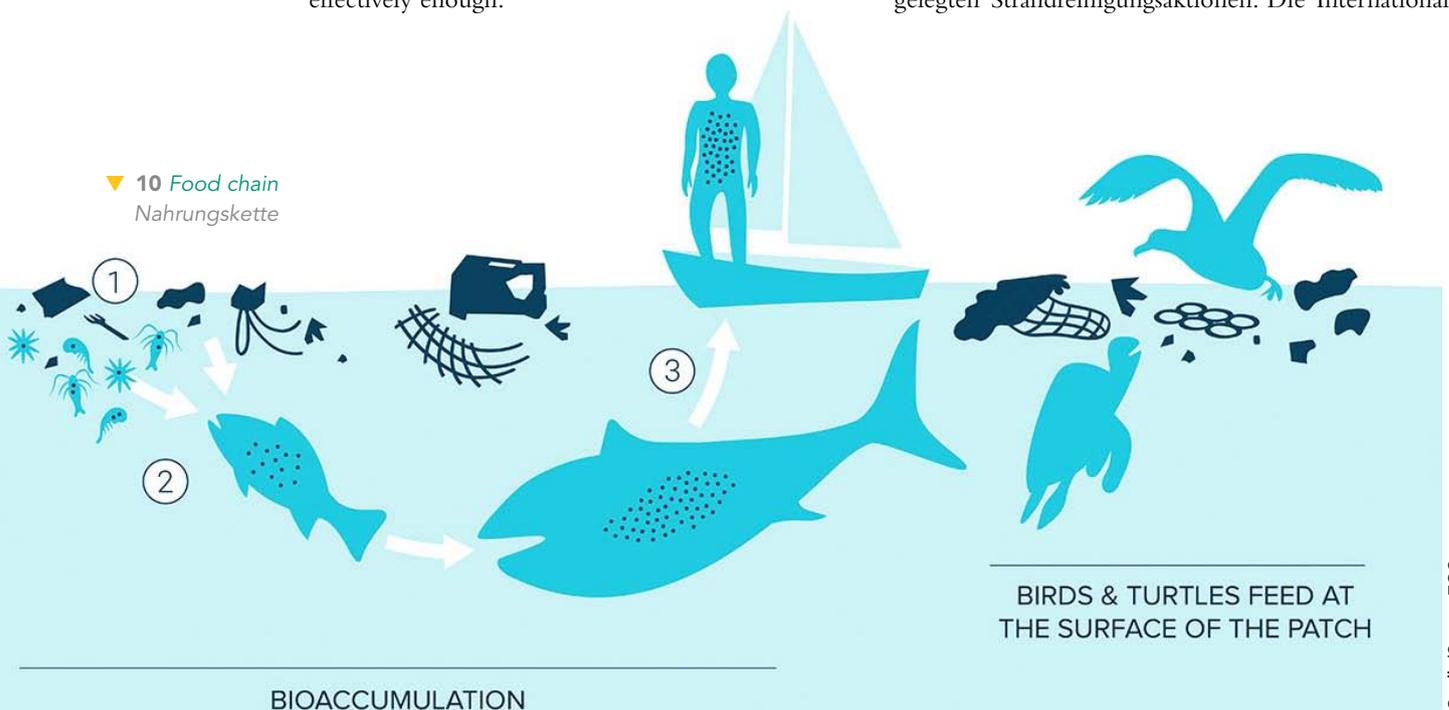
Great Britain intends to set a good example and completely ban the use of disposable plastic articles from 2019 onwards. McDonalds has already responded by withdrawing plastic straws from circulation. However, experts regard such actions as rather ineffective. What would really help on a global scale is to stop uncontrolled waste disposal, especially in developing countries, and to establish functioning structures for the collection and processing of waste. International development agencies have been working towards this end for decades. International donor organizations have already collected billions of US dollars, but most of the time the money either seeps away or is not used effectively enough.

hat dort schon jetzt reagiert und Plastikstrohhalm aus dem Verkehr gezogen. Seitens der Experten werden solche Aktionen aber eher als wenig zielführend betrachtet. Was im globalen Maßstab wirklich etwas bringt, ist die unkontrollierte Müllbeseitigung insbesondere in den Entwicklungsländern zu unterbinden und funktionierende Strukturen zum Sammeln und Verarbeiten von Abfällen aufzubauen. Internationale Organisationen für Entwicklungshilfe beschäftigen sich bereits seit Jahrzehnten mit diesem Thema. Von internationalen Geberorganisationen sind dazu bereits Gelder im Milliarden-US Dollar-Bereich zusammengekommen, zumeist aber versickert das Geld oder wird nicht zielführend genug eingesetzt.

Ein Gegenbeispiel ist das Konzept von The Ocean Cleanup (TOC). Das Technologie-Unternehmen wurde im 2013 von dem 18-jährigen niederländischen Studenten Boyan Slat gegründet. Das Projekt sieht vor, Millionen Tonnen Plastikmüll, wie er z.B. im GPGP vorhanden ist, aus den Meeren zu sammeln und zu recyceln. Die Technologie befindet sich in der Erprobungsphase und basiert auf mehreren Plattformen, die mit rohrförmigen, auf der Meeresoberfläche treibenden Pontons verbunden sind (Bild 11 und Bild 12). Die Sammeltechnik macht sich die natürliche Meeresströmung zu Nutze. Für das Cleanup von 50 % eines großen ozeanisches Wirbels werden etwa 5 Jahre benötigt. In 2018 soll das Pacific Cleanup starten. Bis Mitte 2017 hat das Unternehmen über 30 Mio. US\$ an Spendengeldern zur Projektfinanzierung und Forschung gesammelt.

Die Zahl der anderen möglichen Lösungen ist lang. Die „Marine Litters Solution“-Organisation, eine Vereinigung von 74 Kunststoffverbänden aus 40 verschiedenen Ländern, hat momentan 355 Projekte zur Eindämmung von Plastikmüll in den Meeren abgeschlossen bzw. in der Ausführung oder Planung [7]. Dies geht von Öffentlichkeitsarbeit bis hin zu großangelegten Strandreinigungsaktionen. Die International

10 Food chain
 Nahrungskette



Quelle/Source: TOC

A counter-example is the concept of The Ocean Cleanup (TOC). This technology company was founded in 2013 by 18-year-old Dutch student Boyan Slat. The aim of this project is to collect and recycle millions of tons of plastic waste, such as that present in the GPGP, from the oceans. The technology based on multiple platforms connected to tubular pontoons floating on the surface of the ocean (Fig. 11 and Fig. 12) is currently being tested. The collection technology makes use of the natural ocean currents. It would take about 5 years to clean up 50 % of a large ocean gyre. It is planned to start the Pacific Cleanup in 2018. Up to mid 2017, the company had raised more than US\$ 30 million in project funding and research donations.

A large number of other possible solutions has been worked out. The „Marine Litters Solution“ organization, an association of 74 plastics associations from 40 different countries, currently has 355 partnerships and projects underway, planned or completed [7]. These range from public relations campaigns to large-scale beach cleaning events. The International Solid Waste Association (ISWA), produced a report called „Global Waste Management Outlook“ (GWMO) in collaboration with the UNEP, proposing a number of meaningful measures [8], which are mainly oriented towards proper waste management, entailing the proper collection and subsequent treatment of municipal waste.

Solutions for processing waste into alternative fuels (Fig. 13) in power plants, cement factories or the like have long been implemented [9]. In some countries, such as Sweden, municipal waste has already disappeared from the market.

6 Personal concern

Environmental protection organizations such as Greenpeace or the World Wildlife Fund (WWF) have focussed strongly on this topic for a long time and have achieved a great deal through public relations campaigns, events, direct contact with policy makers and discussions with representatives of professional associations. A high level of concern in the population was recently generated by the movie „The Blue Planet“. In the UK, where the series was produced by the BBC under the title Blue Planet II and was televised in 2017, the documentary was the most successful TV show of the year: 14.1 million people saw the first episode. The elaborate series, filmed on 125 expeditions on every continent and in every ocean, has been broadcast in 30 countries. In Blue Planet II, the famous animal filmmaker and naturalist Sir David Attenborough acts as moderator and off-speaker.

In social networks, plastic pollution of the oceans and beaches has become a major topic. Unfortunately, very many people all too quickly conclude that they can help with a personal contribution, e.g. no longer using plastic straws. This may give them a good conscience, but is absolutely negligible when it comes to combatting the overall plastic waste problem. Likewise,



Quelle/Source: TOC

Solid Waste Association (ISWA) hat in ihrem Report „Global Waste Management Outlook“ (GWMO) in Zusammenarbeit mit der UNEP eine Reihe von sinnvollen Maßnahmen vorgeschlagen [8], die sich vor allem an einem Abfall-Management orientieren, welches die Sammlung und anschließende Aufbereitung von Siedlungsabfällen umfasst.

▲ 11 *Prototype being tested in the North Sea*
Prototyp im Nordseeinsatz

In some countries municipal waste has already disappeared from the market

Lösungen zur Aufbereitung der Abfälle zu Ersatzbrennstoffen (Bild 13) in Kraftwerken, Zementwerken oder dergleichen sind dabei längst vorhanden [9]. In Ländern wie Schweden sind bereits keine Siedlungsabfälle mehr verfügbar.

6 Persönliche Betroffenheit

Umweltschutzorganisationen wie Greenpeace oder der World Wildlife Fund (WWF) beschäftigen sich schon seit langer Zeit mit dem Thema und haben dabei durch Öffentlichkeitsarbeit, Aktionen und durch Ansprache politischer Entscheidungsträger sowie Diskussionen mit Vertretern von Fachverbänden viel erreicht. Eine hohe Betroffenheit in der Bevölkerung wurde jüngst durch den Film „Der Blaue Planet“ ausgelöst. In Großbritannien, wo die Serie unter dem Titel Blue Planet II von der BBC produziert und im Jahr 2017 im Fernsehen lief, war die Doku die erfolgreichste TV-Sendung des Jahres: 14,1 Mio. Menschen sahen die erste Folge. Die aufwändige Serie, für die in 125 Expeditionen auf jedem Kontinent und in jedem Ozean gedreht wurde, wurde mittlerweile in 30 Ländern ausgestrahlt. In Blue Planet II fungiert der Tierfilmer und Naturforscher Sir David Attenborough als Moderator und Off-Sprecher.

In sozialen Netzwerken ist Plastik in den Ozeanen und an Stränden deshalb ein großes Thema geworden. Leider wird allzu schnell der Verzicht z.B. auf Plastik-



Quelle/Source: TOC

12 Computer animation of Floater
Computeranimation
Floater

although actions like buying US\$ 20 bracelets to finance the cleanup of 1 pound or 0.45 kg of plastic waste on beaches or in oceans are a well-intentioned thing, it would probably have a greater effect if everyone would take 2 or 3 minutes to collect plastic litter on every walk along the beach. Of course, it helps if people avoid using plastic or switch to alternative materials in their everyday lives, but in our modern society this easily finds its limits when it comes to product packaging.

strohhalm als persönlicher Beitrag von Vielen gesehen. Dabei hilft dies eventuell dem guten Gewissen, aber an dem Plastikmüllaufkommen ist dies absolut vernachlässigbar. Ebenso sind Aktionen wie der Kauf von Armbändern für 20 US\$ als Gegenwert für das Cleanup von 1 Pfund bzw. 0,45 kg Plastikabfall an Stränden oder aus den Meeren zwar eine gut gemeinte Sache, aber es würde vermutlich mehr bringen, wenn sich jeder bei jedem Strandspaziergang 2 bis 3 Minuten Zeit nimmt, Plastikmüll einzusammeln. Natürlich hilft der Verzicht bzw. die Vermeidung von Plastik im Alltag, aber gerade hier stößt man in der modernen Gesellschaft bei Verpackungen leicht an seine Grenzen.

Die beiden Umweltaktivisten und Gründer von „Make a Change World“, Gary und Sam Benchehhib, befuhren in

The Citarum is about 270 km long and transports about 280 tons of waste into the sea

In 2017, Gary and Sam Benchehhib, two environmental activists and founders of „Make a Change World“, built kayaks out of plastic bottles and paddled along the Citarum in Indonesia, considered one of the most polluted rivers in the world (Fig. 14). In 2009, the

2017 mit selbstgebauten Plastikflaschen-Kajaks den Citarum in Indonesien, der als einer der schmutzigsten Flüsse der Welt gilt (Bild 14). Die ADB (Asian Development Bank) hatte schon in 2009 eine Summe von 500 Mio. US\$ zur Säuberung des Flusses zur Verfügung gestellt, von denen erst 42 Mio. US\$ ausgegeben wurden. Die beiden Brüder wollten mit ihrer Aktion auf die Situation des Citarum und die bisherigen Bemühungen zur Säuberung des Flusses aufmerksam machen. Der Citarum hat eine Länge von etwa 270 km, wird von zahlreichen Textilfabriken gesäumt, speist 3 Wasserkraftwerke, bewässert 400 000 ha Reisland und mündet nahe Indonesiens Hauptstadt Jakarta und transportiert täglich etwa 280 t Abfälle ins Meer. In der zweiwöchigen Aktion wurden von den beiden Umweltaktivisten 68 km des Flusslaufs befahren. Die Dokumentation wurde der indonesischen Regierung zur Verfügung gestellt und beeindruckte den Ministerpräsidenten Joko Widodo so stark, dass nun bis

13 Refuse derived fuel for a cement plant
Ersatzbrennstoff für ein Zementwerk



Quelle/Source: ATEC Group

ADB (Asian Development Bank) had already provided a sum of US\$ 500 million to clean the river, but only US\$ 42 million had actually been spent. With their action, the two brothers wanted to draw attention to the dire situation of the Citarum and to the ineffective previous efforts to clean up the river. The Citarum is about 270 km long, is lined by numerous textile factories, feeds 3 hydropower plants, irrigates 400 000 hectares of rice fields and enters the sea near Indonesia's capital Jakarta. Every day, the Citarum transports about 280 tons of waste into the sea.

In their two-week campaign, the two environmental activists canoed along 68 km of the river. The documentary was made available to the Indonesian government and impressed Prime Minister Joko Widodo so much that he ordered the river to be cleaned up by 2025. 5000 soldiers were delegated to tackle the task. The plan is to return the river to drinking water quality for the nearly 30 million local residents. The action is a good example of what personal concern can do. And those who think it's enough to voluntarily stop using plastic straws or buy a bracelet should perhaps reconsider their attitude to the subject.

7 Outlook

Reducing or eliminating plastic waste from the oceans first and foremost requires improved concepts and methods for collecting and recycling waste in Third World countries. The financing of such projects could be provided by the developed countries, which would also provide the bulk of the technology. The European plastics industry employs 1.5 million people in some 60 000 companies and generates € 350 billion in annual sales [10]. A tax of only 2 % on plastic items would generate € 7 billion of annual revenue, which would be sufficient to finance all global projects and achieve plastic-free oceans. The same applies to the US, meaning that sufficient funding would be available if people really wanted this to happen.



Quelle/Source: Make a Change World

2025 die Säuberung des Flusses in Angriff genommen wird. 5000 Soldaten wurden dazu abgestellt. Der Fluss soll wieder Trinkwasserqualität für die nahezu 30 Mio. Anwohner erreichen. Die Aktion ist ein gutes Beispiel, was persönliche Betroffenheit bewirken kann. Und diejenigen, die freiwillig auf Plastikstrohhalm verzichten oder ein Armband kaufen, sollten vielleicht noch einmal ihre Einstellung zu dem Thema überdenken.

▲ 14 On the river Citarum
Auf dem Citarum

7 Ausblick

Um Plastikmüll aus den Ozeanen entscheidend einzudämmen bzw. zu verbannen, braucht es in erster Linie verbesserte Konzepte und Methoden zur Müllsamm- lung und Verwertung in den Ländern der Dritten Welt. Die Finanzierung solcher Projekte könnte durch die entwickelten Länder erfolgen, die ja auch den Groß- teil der Technologie liefern würden. Die Europäische Kunststoffindustrie beschäftigt 1,5 Mio. Menschen in rund 60 000 Unternehmen und erwirtschaftet jährlich 350 Mrd. € Umsatz [10]. Eine Kunststoffsteuer von nur 2 % würde jährlich 7 Mrd. € Einnahmen beschere- ren, die allein zur Finanzierung aller weltweiten Projekte und einem plastikfreien Meer ausreichen würde. Gleiches gilt auch für die USA, so dass genügend Finanzierungs- mittel vorhanden wären, wenn man nur wollte.

Literatur / Literature

- [1] Harder, J.: Plastics recycling – Market Trends, Opportunities and Challenges. Recovery 5/2016, pp. 28-41
- [2] Geyer, R. et al: Production, use, and fate of all plastics ever made. Science Advances, Research article, 2017, 3: e1700782, 19. July 2017, pp. 1-5
- [3] Jambeck, J.R.: Plastic waste inputs from land into the ocean. Science Vol. 347, Issue 6223, 13. Feb. 2015, pp. 768-771
- [4] Lebreton, L.C.M. et al: Evidence that the Great Pacific Garbage Patch is rapidly accumulating. Scientific Reports 8, No. 4666 (March 2018)
- [5] Peeken, I. et al: Arctic sea ice is an important temporal sink and means of transport for microplastic, 2018, doi:10.1038/s41467-018-03825-5
- [6] UNEP: Marine plastic debris and microplastics – Global lessons and research to inspire action and guide policy change. United Nations Environment Programme, 2016, Nairobi/Kenia
- [7] Marine Litter Solutions: The Declaration of the Global Plastics Associations for Solutions on Marine Litter – 4th Progress Report, April 2018, Washington DC/USA
- [8] Wilson, D.C. et al: Global Waste Management Outlook, Summary for Decision-Makers, UNEP/ISWA, International Solid Waste Association (ISWA) General Secretariat, 2015, Vienna/Austria
- [9] IFC: Increasing the use of alternative fuels at cement plants – International best practise. International Finance Corporation (IFC) of the World Bank, 2017
- [10] Plastics Europe: Plastics – the Facts 2017. An analysis of European plastics production, demand and waste data, 2018, Brussels/Belgium

Automation

Max-AI® AQC-2 available for paper sorting

Automatisierung

Max-AI® AQC-2 verfügbar für Papiersortierung

Automated paper
sorting by the Max-AI
AQC-2
Automatisierte
Papiersortierung mit
dem Max-AI AQC-2



Credit/Quelle: BHS

The Max-AI® AQC (Autonomous Quality Control) product line has expanded with the release of the AQC-2 for paper sorting applications.

Max-AI technology employs artificial intelligence (AI) to make material identification and selection decisions; high-speed robotic sorters carry out the sorting. The AQC-2 features two robotic sorters and is able to sort on belt widths up to 1800 mm. The release

Mit der Markteinführung des AQC-2 für Anwendungsfälle in der Papiersortierung wurde die Produktlinie Max-AI® AQC (Autonomous Quality Control) erweitert.

Die Max-AI-Technologie nutzt künstliche Intelligenz (Artificial Intelligence, AI), um Entscheidungen bei der Identifizierung und Auswahl von Materialien zu treffen; schnell laufende Sortierroboter erledigen dann die Sortierung. Der AQC-2 besteht aus zwei Sortierrobotern und ist in der Lage, auf Bandbreiten von bis zu 1800 mm zu sortieren. Der neue AQC-2 ergänzt die frühere Version des AQC-1, der zum Sortieren von Behältern und Verschmutzungen

The AQC-2 features two robotic sorters and is able to sort on belt widths up to 1800 mm

of the AQC-2 complements the earlier release of the AQC-1, which has been used to sort containers and contamination in plastics and metals, and to recover high value items from residue.

The new capabilities coincide with the industry's demand for technology to create a clean news prod-

uct in Kunststoff und Metallen verwendet wurde sowie zur Rückgewinnung von hochwertigen Produkten aus Rückständen.

Die neuen Fähigkeiten decken sich mit den Anforderungen der Branche an die Technologie, ein sauberes Nachrichtenprodukt zu erzeugen. Der AQC-2

uct. The AQC-2 sorts at speeds superior to manual sorting while recovering cardboard, containers and plastic film and removing contamination to create a clean news product. The AQC-2 complements BHS' Tri-Disc technology and NRT optical sorters to fully automate the quality control process for paper and containers. The level of automation possible with Max-AI technology will significantly lower operating costs – especially while running multiple shifts – while adding production and quality capabilities that surpass those of manual sorting.

sortiert bei höheren Geschwindigkeiten, als sie bei manuellem Sortieren erreichbar sind, und gewinnt gleichzeitig Karton, Behälter und Plastikfolie zurück. Dadurch werden Verunreinigungen beseitigt und ein sauberes Nachrichtenmedium entsteht. Der AQC-2 ergänzt sowohl die Tri-Disc-Technologie von BHS als auch die optischen Sortierer von NRT, und vollautomatisiert somit das Qualitätssicherungsverfahren für Papier und Behälter. Der mithilfe der Max-AI-Technologie mögliche Automatisierungsgrad reduziert die Betriebskosten ganz erheblich – insbesondere bei Mehrschichtbetrieb – und erweitert das System um zusätzliche Produktions- und Qualitätsfunktionen, die weit über die der manuellen Sortierung hinausgehen.

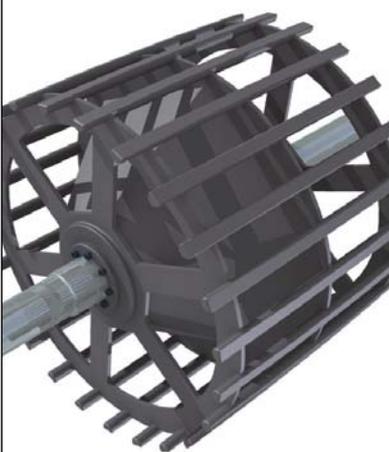
The level of automation with Max-AI technology will significantly lower operating costs

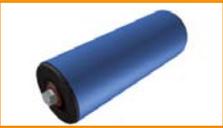
“The Max-AI AQC-2 fills a sizeable hole in the marketplace,” said BHS CEO Steve Miller. “The NRT ColorPlus™ does an exceptional job of recovering most of the cardboard that, due to the increase of online shopping, has infiltrated the news stream. While it doesn't make financial sense to add another optical sorter to remove the remaining small cardboard, it does make sense to add the AQC-2, equipment that will recover the remaining cardboard while at the same time removing other commodities or contaminants from the news stream. The results have been excellent and the investment really pencils out. We are thrilled to have a solution for our customers that creates clean news with zero labor and provides a fast return on their investment.”

„Der Max-AI AQC-2 füllt eine beträchtliche Marktlücke“, sagte Steve Miller, CEO von BHS. „Die außergewöhnliche Leistung des NRT ColorPlus™ ist die Rückgewinnung des größten Teils an Karton, der durch die Zunahme des Online-Shoppings in den Newsstream gelangt ist. Finanziell macht es keinen Sinn, einen weiteren optischen Sortierer zum Beseitigen der verbleibenden kleinen Kartonteile einzusetzen, allerdings lohnt es sich, den AQC-2 zu integrieren, eine Anlage, die Kartonreste zurückgewinnt, während gleichzeitig andere Rohstoffe oder Verunreinigungen aus dem Newsstream beseitigt werden. Die Ergebnisse waren ausgezeichnet, und die Investition zahlt sich aus. Wir freuen uns sehr, unseren Kunden eine Lösung bieten zu können, die saubere Nachrichten bei null Arbeit sowie eine schnelle Kapitalrendite liefert.“

www.bulkhandlingsystems.com

We keep things moving.



	
> belt pulleys	> special rollers
	
> PE-HD rollers	> return rollers
	
> garland rollers	> carriers and rollers



SCHAD
Förderelemente

Friedberger Straße 20
D-35410 Hungen (Germany)

Tel. +49 (0) 6402-505002
Fax +49 (0) 6402-505003

info@schad-rollen.de
www.schad-rollen.de

From what sources, if not from abroad?

PARFORCE – an innovative phosphorus-recovery process

In line with the federal German government's sustainability strategy, and in view of the 2017 amendment to the Sewage Sludge Ordinance, new importance now attaches to the recycling of phosphorus-containing waste and, above all, to sewage-treatment sludges and sewage sludge ash. There has, in the past, also been no lack of attempts at recovering phosphorus from these waste types. Their aim, in most cases, has been the obtainment as a recycling product of a fertiliser for agricultural use, in other cases, the necessary process cost-efficiency still remains to be attained. This article focuses on an innovative process which generates diversely useable phosphoric acid as a recycling product and can be operated cost-efficiently. Proof of this has been furnished using a small-scale demonstration plant. Such a recycling plant can be constructed at sewage-treatment facilities and is recommended by its operators for high-grade recycling of their waste.

Woher nehmen, wenn nicht importieren?

PARFORCE – ein innovatives Verfahren zur Phosphor-Rückgewinnung

Entsprechend der Nachhaltigkeitsstrategie der Bundesregierung und mit der Novellierung der Abfallklärschlammverordnung im Jahr 2017 hat die Verwertung von phosphorhaltigen Abfällen, vor allem Klärschlämmen und Klärschlammaschen, einen neuen Stellenwert erhalten. In der Vergangenheit hat es auch nicht an Versuchen zur Rückgewinnung des Phosphors aus den genannten Abfällen gefehlt. Zumeist hatten diese jedoch das Ziel, ein Düngemittel für die Landwirtschaft als Recyclingprodukt zu gewinnen, oder aber es fehlte noch die erforderliche Wirtschaftlichkeit. Im vorliegenden Beitrag wird ein innovatives Verfahren vorgestellt, das als Recyclingprodukt die vielseitig einsetzbare Phosphorsäure erzeugt und wirtschaftlich betrieben werden kann. Der Nachweis wurde mit einer kleintechnischen Demonstrationsanlage erbracht. Die Recyclinganlage kann in Klärwerken errichtet und von deren Betreibern zur hochwertigen Verwertung ihrer Abfälle empfohlen werden.

Authors/Autoren:

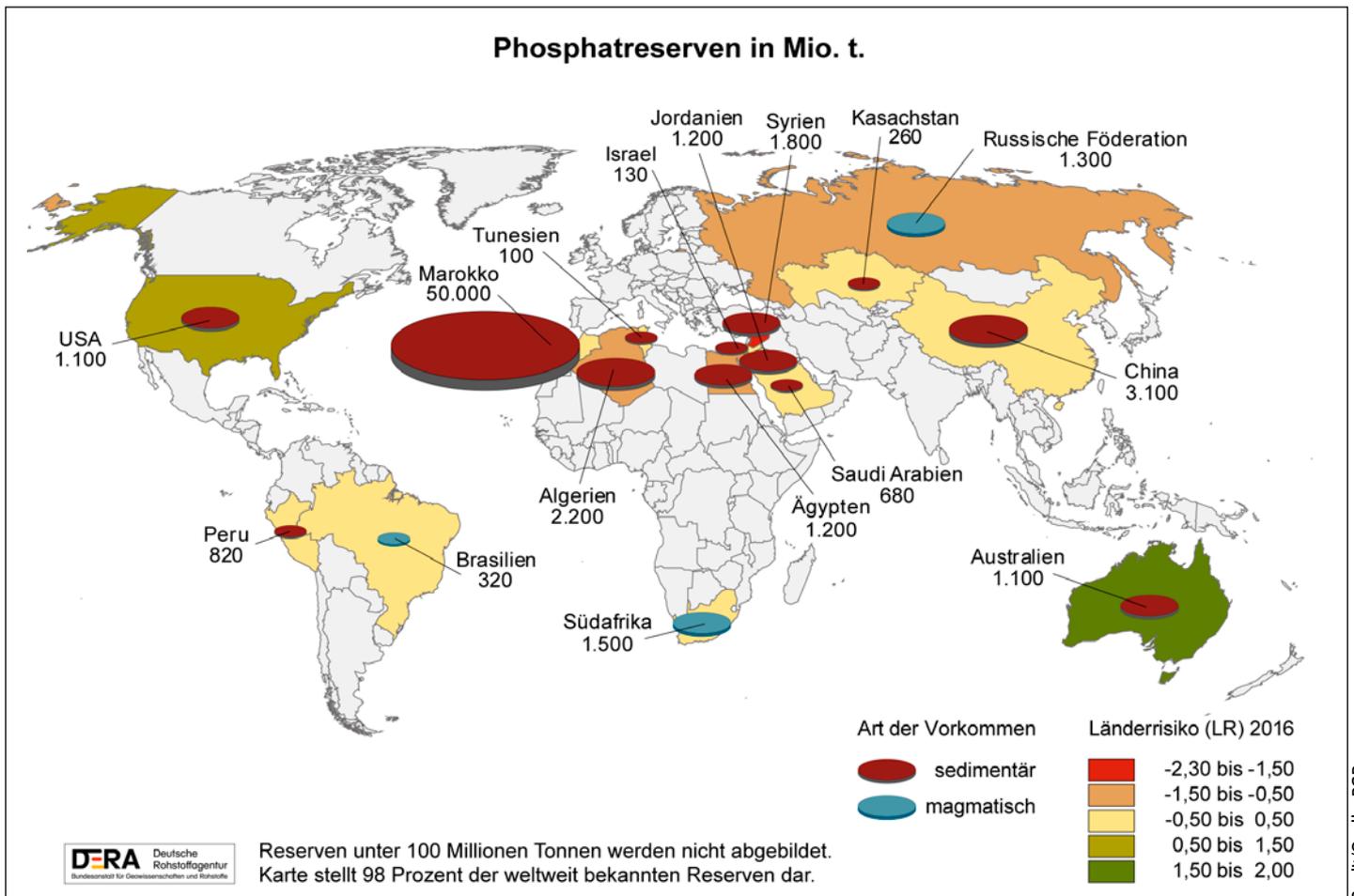
Dr. rer. nat. Peter Fröhlich
Geschäftsführer PARFORCE Engineering & Consulting GmbH, Freiberg/Sachs.
Dr. rer. nat. Brigitte Hoffmann
Consulting Kreislaufwirtschaft/Umweltschutz, Oberschöna

1 Introduction

Phosphorus and phosphates number among the so-called strategic material resources – the Commission of the EU added phosphorite to the list of twenty critical feed resources in the European Union as long ago as 2014, and demand has already increased enormously due, even alone, to the drastic rise in the global population. Deposits are found in only a few countries: around 80 % of world reserves are located in Morocco, Western Sahara, China, South Africa and

1 Einführung

Phosphor bzw. Phosphat gehört zu den strategischen Rohstoffen – bereits 2014 wurde Phosphatgestein von der EU-Kommission in die Liste der 20 kritischen Rohstoffe der Europäischen Union aufgenommen, und der Bedarf ist allein durch den drastischen Anstieg der Weltbevölkerung enorm gestiegen. Die Vorkommen sind auf wenige Länder begrenzt: rd. 80 % liegen in Marokko, der Westsahara, in China, Südafrika und Jordanien wie es auch die jüngsten Zahlen der



Credit/Quelle: BGR

Jordan, as is also demonstrated by the latest figures published by the Federal Institute for Geosciences and Natural Resources (Fig. 1). Production remains concentrated in, above all, China, the USA, Morocco and Tunisia; Europe possesses effectively no reserves of its own (Fig. 2). During the past decade, China has overtaken the USA and Morocco, the previous largest producers of phosphorite, simultaneously raising its market share of total mined production to 56 % in 2016 [1].

Life would be inconceivable without phosphorus: no plant can grow, and no human being remain alive, without this element. The human body contains an average of 0.7 kg of phosphorus, which it obtains from foodstuffs. This phosphorus can be found, primarily, in the form of hydroxylapatite – $\text{Ca}_5[\text{OH}(\text{PO}_4)_3]$ – in the bones and the teeth, and also in human genetic material, the blood, and in human tissue. Nowadays, 90 % of global phosphorus production is used for the making of fertilisers (global production of phosphate fertilisers: 42 million t/a) [2], the more so, in view of the great expansion of its potential applications arising from the cultivation of bio-fuel crops. Further applications, such as the production of steel and other alloys, pesticides, foodstuffs and animal feeds, flame-retardant additives and numerous other special products, for example, also remain important, however [3]. Germany currently imports a total of 530 000 t of phosphorus annually, of which

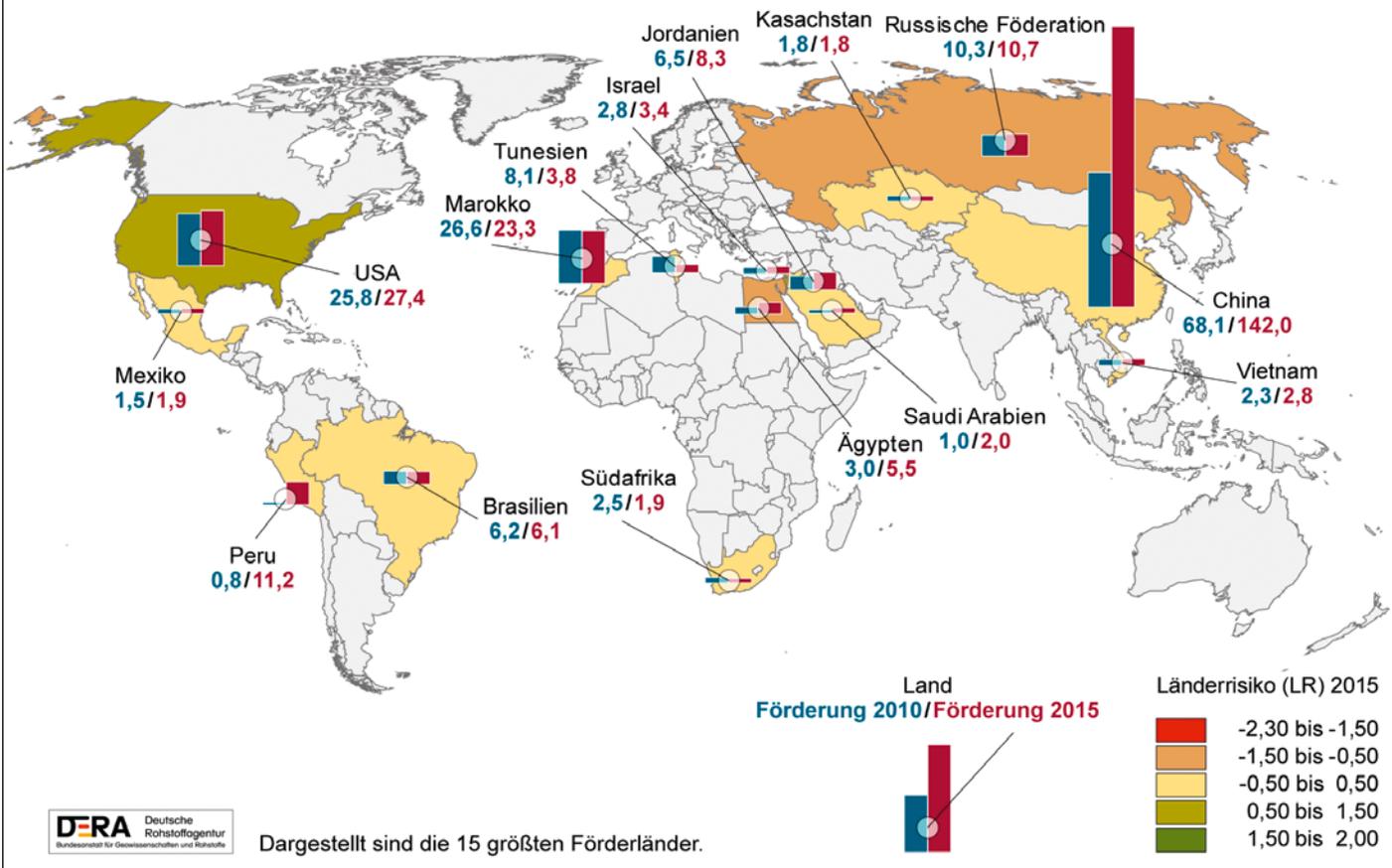
Bundesanstalt für Geowissenschaften und Rohstoffe zeigen (Bild 1). Dabei ist die Förderung vor allem auf China, USA, Marokko und Tunesien konzentriert; in Europa gibt es so gut wie keine Vorkommen (Bild 2). In der letzten Dekade hat China die bisher größten Produzenten an Phosphatgestein USA und Marokko überholt und 2016 seinen Marktanteil an der Bergwerksförderung auf 56 % erhöht [1].

▲ 1 *Global phosphate reserves – status 2016*
Phosphat-Weltreserven – Stand 2016

The human body contains an average of 0.7 kg of phosphorus, which it obtains from foodstuffs

Ohne Phosphor ist Leben undenkbar: keine Pflanze kann ohne dieses Element wachsen, kein Mensch leben. Im Mittel enthält der menschliche Körper 0,7 kg Phosphor, den er mit der Nahrung aufnimmt. Er befindet sich im Wesentlichen in den Knochen und Zähnen als Hydroxylapatit – $\text{Ca}_5[\text{OH}(\text{PO}_4)_3]$ – aber auch in der Erbsubstanz, im Blut und im Gewebe. Heute werden weltweit 90 % des Phosphors für die Düngemittelproduktion (weltweit 42 Mio. t/a Phosphatdünger) eingesetzt [2], und das umso mehr, als dass sein Anwendungspotenzial durch den Anbau von Pflanzen für Biokraftstoff stark erweitert wurde. Aber auch andere Einsatzgebiete sind wichtig, wie beispielsweise zur Herstellung von Stahl und Legie-

Phosphatförderung in Mio. t.



2 Phosphate mining in the most important producing countries, 2015
Phosphatabbau in den wichtigsten Förderländern 2015

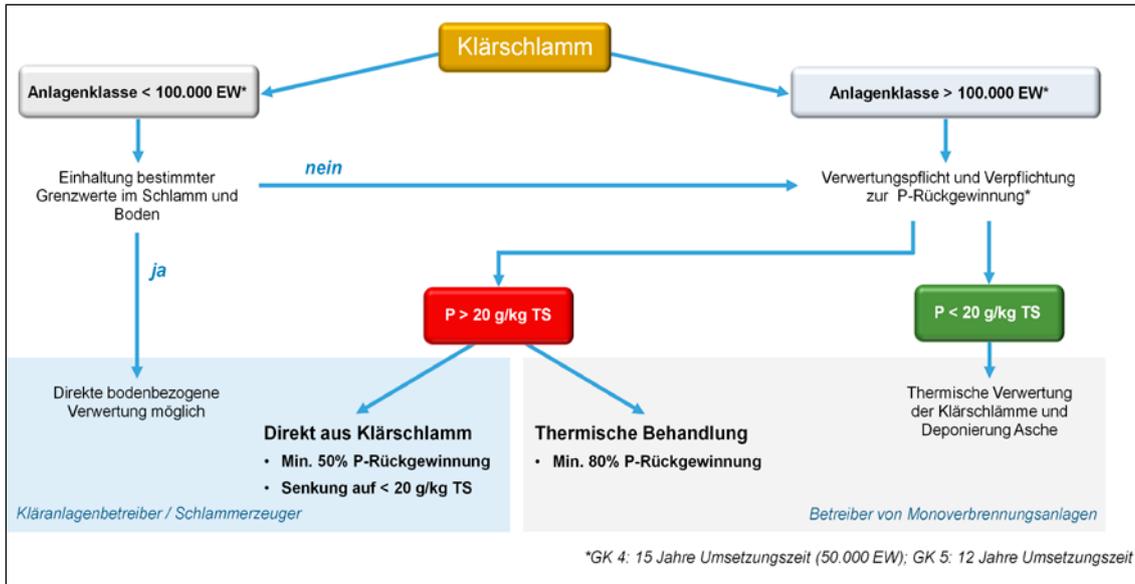
around 63 % is used for fertilisers, approx. 20 % for animal feeds and around 6 % in human foodstuffs [4, 5]. The static lifetime of phosphate reserves is at present stated to be approx. 300 years [6, 7]. The recovery of pure phosphoric acid from sewage-treatment sludge and other phosphate-containing waste – as implemented in the PARFORCE process – for specific applications is significantly more advantageous than merely again producing a fertiliser. In addition, the corresponding phosphorus recyclates are also dependent on approval under the Fertiliser Ordinance and on market acceptance. Germany's

rungen, für Pflanzenschutzmittel, Lebens- und Futtermittel, Flammenschutzadditive und zahlreiche andere Spezialprodukte [3]. Insgesamt werden jährlich rund 530 000 t Phosphor nach Deutschland importiert, davon etwa 63 % für Düngemittel, ca. 20 % für Futtermittel und etwa 6 % für Lebensmittel [4, 5]. Die statische Reichweite der Phosphat-Reserven wird derzeit mit rd. 300 Jahren angegeben [6, 7].

Damit ist die Rückgewinnung von reiner Phosphorsäure aus Klärschlamm und anderen phosphathaltigen Abfällen – wie mit dem PARFORCE-Verfahren realisiert – für bestimmte Anwendungen wesentlich vorteilhafter, als lediglich wieder ein Düngemittel zu erzeugen. Außerdem sind die entsprechenden Phosphor-Recyclate von der Zulassung nach der Düngemittelverordnung und der Akzeptanz des Marktes abhängig. In Deutschland fallen jährlich etwa 2 Mio. t Klärschlamm (Trockensubstanz) in rd. 10 000 kommunalen Kläranlagen an [7]. Damit steht ein erhebliches Rohstoffpotenzial zur Verfügung. Gilt es doch, neben der Importabhängigkeit von z.T. geopolitisch instabilen Ländern auch zu bedenken, dass die Qualität der Vorkommen abnimmt und sie immer mehr mit Schadstoffen, beispielsweise Cadmium und Uran sowie seine Nuklide verunreinigt sind [6, 7].

The quality of existing deposits is declining and increasingly contaminated with impurities, such as cadmium and uranium

around 10 000 municipal sewage-treatment plants yield around 2 million t of sewage-treatment sludge (dry substance) each year [7]. There is thus a significant resources potential here, especially in view of the aim of eliminating dependency on in some cases geopolitically unstable countries for imports and of the fact that the quality of existing deposits is declining and that these are increasingly contaminated with impurities, such as cadmium and uranium and its nuclides [6, 7].



3 2017 amendment to the Sewage Sludge Ordinance
Novellierung der AbfKlärV von 2017

Quelle/Source: Peter Fröhlich

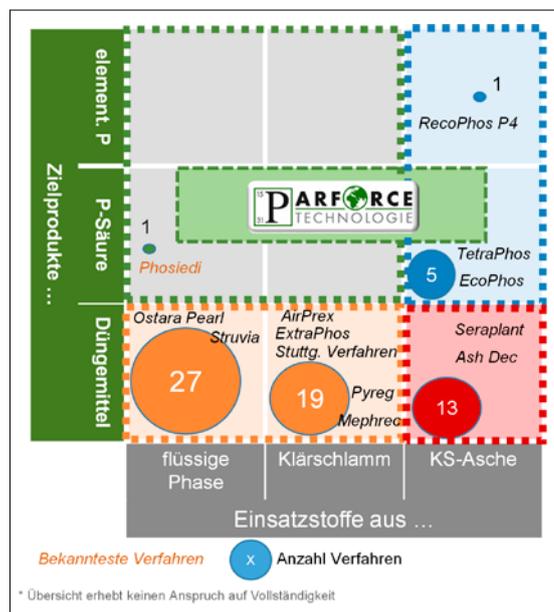
2 Legal bases

The utilisation of sewage-treatment sludge and other phosphorus-containing waste as sources of feed materials is in line with the federal government's legal stipulations in the Closed Substance Cycle and Waste Management Act, and also with corresponding EU directives. The spreading of untreated sewage-treatment sludges as fertilisers on agricultural land was perfectly permissible, under certain conditions, until 2016, but stricter controls have applied since 2017. The agricultural use of sewage-treatment sludge and sewage sludge ash is now subject to certain legal limits, which will become even more stringent in the future in the wake of the amendment to the Sewage Sludge Ordinance (AbfKlärV) and the Fertiliser Ordinance (DüMV). The AbfKlärV passed by the federal council on 17 May 2017 requires a reduction in soil-related use of treatment sludges and imposes an obligation to recycling of phosphorus for sewage-treatment plants (STPs) of $\geq 100\,000$ PE as from 2029, and for STPs $\geq 50\,000$ PE from 2032, with no restrictions on selection of the recycling process implemented (Fig. 3). Sewage-treatment plant operators are thus required to explore corresponding recycling methods in good time. Innovative processes which can be applied on-site at the treatment plant, thus saving transportation costs and quite possibly generating sales revenue, will therefore be preferred. Plants designed for less than 50 000 inhabitants will continue to be permitted to use municipal sewage-treatment sludges directly for fertilising purposes. This takes account of the special circumstances of predominantly rural regions. Legal quality-assurance provisions with flanking support from official supervision will be created for this purpose, however. The imposition of limits on uranium and other heavy metals is currently under discussion [8].

The aim of the amendment is that of recovering phosphorus directly from sewage-treatment sludge, from sewage sludge ash, or from the waste-water. There are exceptions for treatment sludges with extremely low P contents, but these are, of course, anyway less relevant in the context of the recovery of phosphorus.

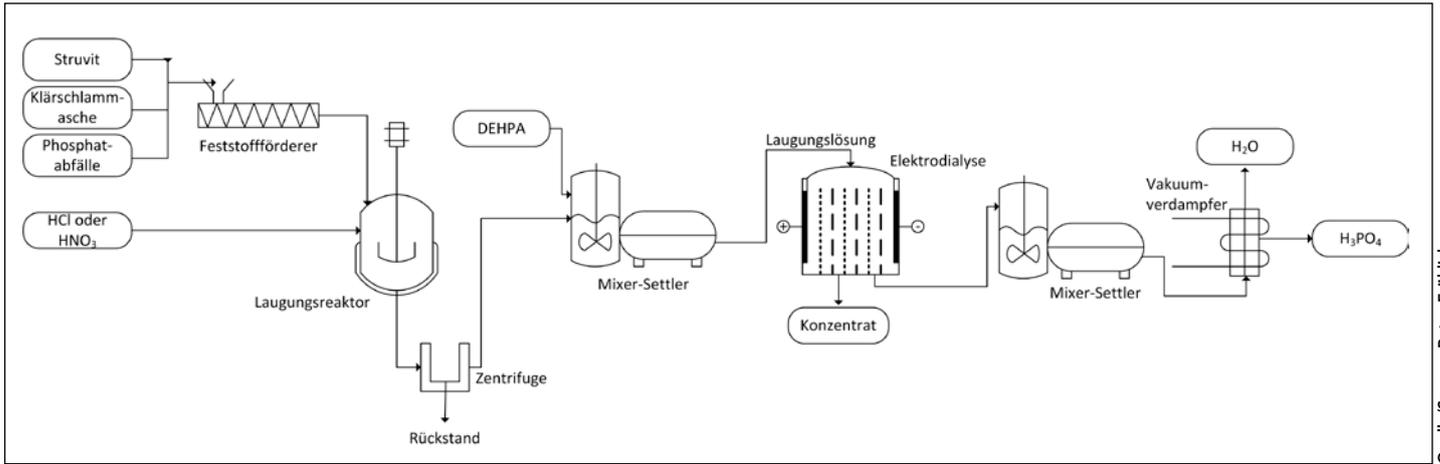
2 Gesetzliche Grundlagen

Klärschlamm und andere phosphorhaltige Abfälle als Rohstoffquelle zu nutzen, entspricht den gesetzlichen Vorgaben der Bundesregierung im Kreislaufwirtschaftsgesetz, aber auch entsprechenden Richtlinien der EU. Während aber bis 2016 die Verbringung von unbehandelten Klärschlämmen als Düngemittel auf Feldern unter bestimmten Bedingungen durchaus noch zulässig war, gelten ab 2017 diesbezüglich strengere Regelungen. Der landwirtschaftlichen Verwertung von Klärschlamm und Klärschlammaschen sind nunmehr Grenzen gesetzt, die sich infolge der Novelle der Abfallklärschlamm- (AbfKlärV) sowie der Düngemittelverordnung (DüMV) zukünftig noch stringenter gestalten. Die vom Bundesrat am 17. Mai 2017 verabschiedete AbfKlärV sieht eine Reduzierung der bodenbezogenen Klärschlammverwertung und die Pflicht zur Phosphor-Verwertung für Kläranlagen (KA) $\geq 100\,000$ EW ab 2029, für KA $\geq 50\,000$ EW ab 2032 bei freier Wahl des Recyclingverfahrens vor (Bild 3). Damit sind die Kläranlagenbetreiber aufge-



4 Phosphorus recycling – recovery concepts
Phosphor-Recycling – Rückgewinnungsansätze

Quelle/Source: Peter Fröhlich



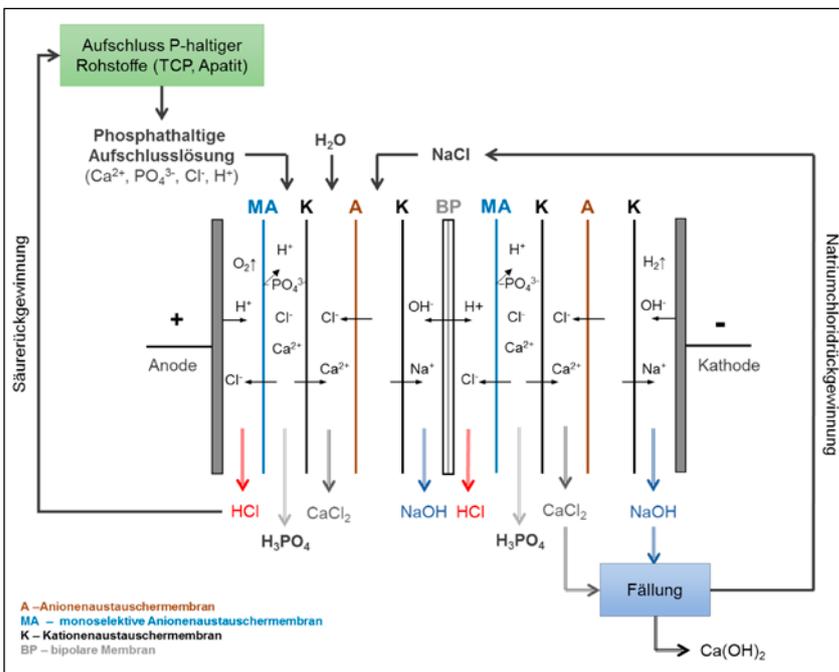
Quelle/Source: Peter Fröhlich

5 Flow chart – ▲ 3 The state-of-the-art in phosphorus recovery
functional principle
Fließbild – Funktionsprinzip

The recycling processes developed up to now for the recovery of phosphorus are essentially based on the utilisation of sewage-treatment sludge or sewage sludge ash as a secondary source of phosphates. The phosphate content here originates, for example, from domestic and industrial waste-water, and also from detergents and pharmaceutical byproducts. Around fifty different processes had been developed on a laboratory scale for this purpose by 2015, but only few have been tested on a semi-commercial or pilot scale [9]. A comprehensive overview of the corresponding processes in which removal of pollutants and/or the separation of recyclables and pollutants takes place, along with their technological implementation, is provided in [7 and 9], while an up-to-date overall view is shown in [5]. The concepts for recovery of P are summarised, subdivided into various process groups, in Figure 4. The Swiss have played a pioneering role in the P-recycling processes, having developed a range of methods, including the Ostara, Seaborn and Crystalactor processes [11] and commissioned, for example, in 2016 in the Canton of Zurich, a central

fordert, rechtzeitig entsprechende Verwertungsmöglichkeiten zu erschließen. Infolgedessen werden innovative Verfahren den Vorzug haben, die direkt in der Kläranlage angewandt werden können, damit Transportkosten einsparen und eventuell zu Verkaufserlösen führen. Anlagen, die für weniger als 50 000 Einwohner ausgelegt sind, wird weiterhin die Möglichkeit eingeräumt, kommunale Klärschlämme unmittelbar zu Düngezwecken einzusetzen. Dies trägt den Besonderheiten ländlich geprägter Regionen Rechnung. Allerdings werden dafür gesetzliche Regelungen für eine Qualitätssicherung geschaffen, die die behördliche Überwachung flankiert. Eine Einführung von Grenzwerten für Uran und andere Schwermetalle ist z. Z. in der Diskussion [8]. Ziel der Novelle ist es, Phosphor direkt aus dem Klärschlamm, aus Klärschlammaschen oder dem Abwasser zurück zu gewinnen. Ausnahmen bestehen für Klärschlämme mit extrem niedrigen P-Gehalten, die aber für eine Phosphorrückgewinnung ohnehin weniger relevant sind.

6 Schematic view of electrodialysis (membrane process)
Schematische Darstellung der Elektrodialyse (Membranprozess) ▼



3 Stand der Technik zur Phosphor-Rückgewinnung

Im Wesentlichen basieren die bisher entwickelten Recyclingverfahren zur Phosphor-Rückgewinnung auf der Nutzung von Klärschlamm oder Klärschlamm-asche als sekundäre Phosphatquelle. Das enthaltene Phosphat stammt beispielsweise aus Haushalts- und Industrieabwässern sowie Reinigungsmitteln oder pharmazeutischen Reststoffen. Bis 2015 wurden etwa 50 verschiedene Verfahren im Labormaßstab entwickelt, von denen nur wenige im Technikums- bzw. Pilotmaßstab erprobt wurden [9]. Ein umfassender Überblick über die entsprechenden Verfahren, bei denen eine Schadstoffentfrachtung bzw. eine Trennung von Wertstoffen und Schadstoffen stattfindet, und ihre technische Umsetzung ist in [7 und 9] bzw. eine aktuelle Gesamtübersicht in [5] aufgeführt. Zusammenfassend sind die P-Rückgewinnungsansätze in Bild 4 für unterschiedliche Verfahrensgruppen dargestellt. Eine Vorreiterrolle kommt bei den P-Recyclingverfahren den Schweizern zu, die unterschiedliche Verfahren wie Ostara, Seaborn oder Crystalactor entwickelten [11] und beispielsweise im Kanton Zürich 2016 eine zentrale Klärschlammver-

Quelle/Source: Peter Fröhlich

sewage-sludge recycling plant at the Werdhölzli treatment plant with the aim of recovering phosphorus [12]. The incineration of municipal sewage-treatment sludge, as practised at Werdhölzli, generates an ash containing 10 to 20 % phosphate. This phosphate content fluctuates, however, and the ash is also contaminated with heavy metals [13]. The result is that the removal of phosphate under these conditions is extremely complex. In addition, there is also a high yield of non-recyclable byproducts which can, at present, only be landfill dumped. In the processes developed up to now, technological and financial input and output are thus generally not in any cost-efficient balance.

Many scientists currently perceive no potentials for processes not orientated around the recovery of fertilisers, such as bio-leaching, ion exchangers, magnetic separation and chemical digestion processes [e.g. 8]. There is, however, no lack of attempts at recovering, using the most greatly differing range of processes, useable polyvalent phosphoric acid or pure phosphates. In the TetraPhos process, for example, phosphoric acid is produced in a multi-stage process and the calcium precipitated out in the form of phosphogypsum, using sulphuric acid [14]. SeraPlant, PRiL, PYREG and Extraphos may be mentioned as further recovery processes with development potential and based on ash chemistry [15]. A process which generates pure, saleable calcium phosphate and, at the same time, „clean“ waste-water has been developed for the recovery of phosphorus from pharmaceuticals industry waste-water, which contains around 60 g/l phosphates [16].

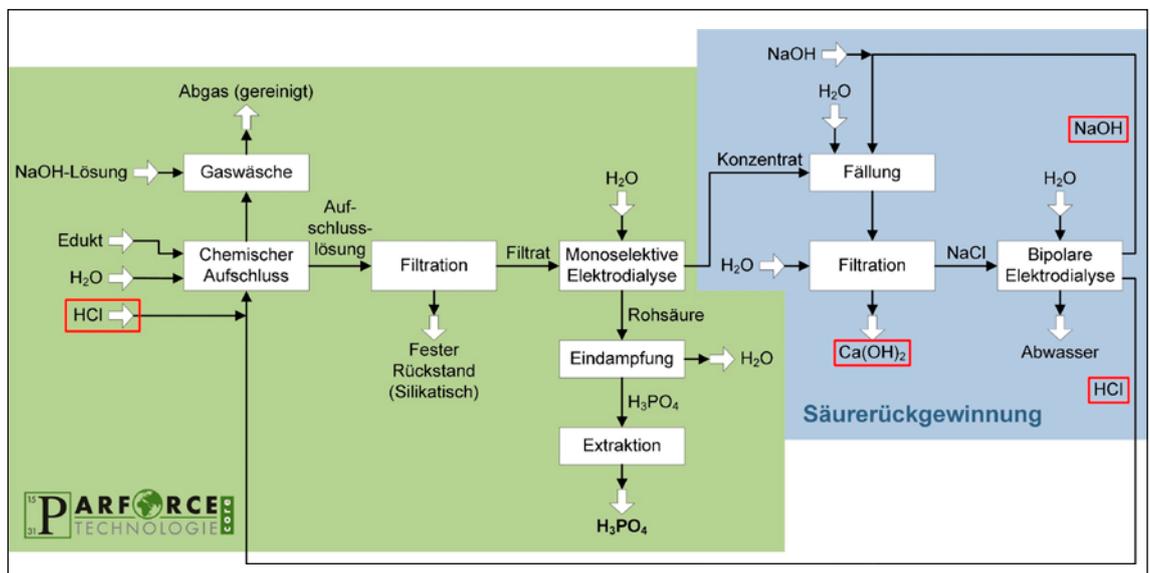
Although the major part of phosphorus recycles will, in the future, continue to be produced for repeat agricultural utilisation, many experts are nonetheless of the opinion, against the background of a with certainty approaching scarcity of primary resources, that examination of the other potentials for the most complete possible reutilisation of the byproducts is worthwhile [e.g. 15]. Special importance therefore attaches to the PARFORCE process described below.

wertungsanlage im Klärwerk Werdhölzli mit dem Ziel der Phosphor-Rückgewinnung in Betrieb genommen haben [12]. Durch Verbrennung von kommunalem Klärschlamm wie auch in Werdhölzli entsteht eine Asche, die zwischen 10 bis 20 % Prozent Phosphat enthält. Neben dem schwankenden Phosphatgehalt ist die Asche mit Schwermetallen belastet [13]. Das macht die Phosphatabtrennung unter diesen Bedingungen sehr aufwändig. Zudem verbleibt ein hoher Anteil an nicht verwertbaren Rückständen, der derzeit deponiert werden muss. Somit stehen Aufwand und Ertrag bei den derzeit entwickelten Verfahren meist in keinem wirtschaftlichen Verhältnis. Viele Wissenschaftler

The incineration of municipal sewage-treatment sludge, generates an ash containing 10 – 20 % phosphate

räumen solchen Verfahren, die nicht die Gewinnung von Düngemitteln zum Ziel haben, wie beispielsweise Bio-Laugung, Ionenaustauscher, Magnetscheidung oder chemische Aufschlussverfahren gegenwärtig keine Chancen ein [z. B. 8]. Es fehlt allerdings nicht an Versuchen, mit den unterschiedlichsten Verfahren die multivalent einsetzbare Phosphorsäure oder reines Phosphat zurück zu gewinnen. Beispielsweise wird im TetraPhos-Verfahren in einem mehrstufigen Prozess Phosphorsäure hergestellt und mit Schwefelsäure das Calcium als Phosphorgips ausgefällt [14]. Als weitere Rückgewinnungsverfahren mit Entwicklungspotenzial, die auf der Aschemie basieren, sind SeraPlant, PRiL, PYREG und Extraphos zu nennen [15]. Für die Phosphor-Rückgewinnung aus Abwässern der Pharmazie, die etwa 60 g/l Phosphat enthalten, wurde ein Verfahren entwickelt, bei dem reines, verkaufsfähiges Calciumphosphat und gleichzeitig „sauberes“ Abwasser erzeugt wird [16].

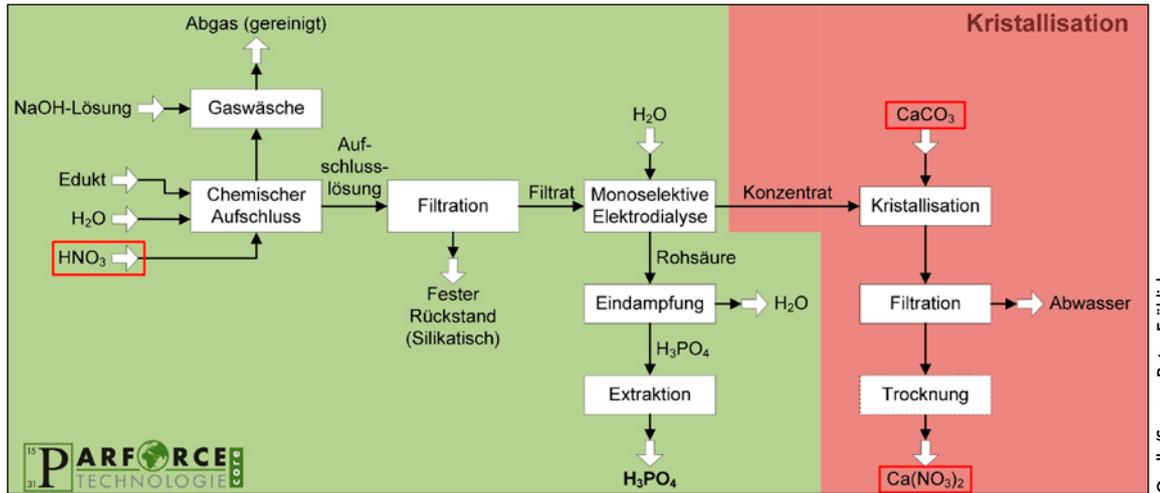
Wenngleich also der Hauptteil der Phosphor-Recyclate auch zukünftig für die erneute landwirtschaft-



7 PARFORCE technology incorporating acid recovery
PARFORCE-Technologie mit Säure-Rückgewinnung

Quelle/Source: Peter Fröhlich

8 PARFORCE technology
incorporating HNO_3 and
crystallisation
PARFORCE-Technologie
mit HNO_3 und
Kristallisation



Quelle/Source: Peter Fröhlich

4 The PARFORCE process

This process is based on the concept of recovering basic resources using the principle of integrated production. This branch of science, referred to by Bertau et. al. [17] as „recovery chemistry“, examines the totality of origin-independent processes and methods for the generation of basic chemical resources. The boundaries between primary, secondary and regenerative feed materials are eliminated, and the limits on availability of resources are shifted by means of holistic production technologies.

Three patents [18 – 20], of which two have now been disclosed, have been filed for this process.

4.1 Feed materials for the PARFORCE process

All phosphorus-containing waste, provided it is present in solid or pasteous form, can, in principal, be used in the PARFORCE process. Bone ash from slaughterhouses (animal-meal ash), thanks to its high phosphates content (73 – 84 % calcium phosphate, 2 – 3 % magnesium phosphate), would be a particularly suitable feed material; its use is not permitted at present, on legal grounds. Phosphorus-containing industrial waste, including such from the foodstuffs, automotive and pharmaceuticals industries, such as magnesium ammonium phosphate (MAP, or struvite), or tri- and dicalciumphosphate byproducts (TCP/DCP) from sewage-treatment plants, phosphate-containing incineration residues and fly ashes, and also, in principle, apatite, and even luminescent material/substances (phosphors) from life-expired illuminants, can also be used. The benefits of the use of struvite can be found in the fact that this substance is, anyway, yielded in the sewage-treatment plant and that the treatment sludge is thus dephosphated, with the result that there is no obligation for its recycling under AbfKlärV. It can be assumed that, on a longer-term view, the use of sewage sludge ash and sewage-treatment sludges will (after appropriate pre-treatment) also be possible.

4.2 Process bases and principle

The acronym „PARFORCE“ stands for Phosphoric Acid Recovery From Organic Residues and Chemicals by Electrochemistry. It consists of the „PARFORCE Core“ core technology and – depending on the

liche Nutzung erzeugt wird, lohnt sich nach Ansicht vieler Experten vor dem Hintergrund einer mit Sicherheit vor uns stehenden Verknappung der primären Ressourcen auch ein Blick auf die übrigen Potenziale, um die Reststoffe möglichst vollständig zu nutzen [z. B. 15]. Insofern kommt dem im Folgenden beschriebenen PARFORCE-Verfahren eine besondere Bedeutung zu.

4 PARFORCE-Verfahren

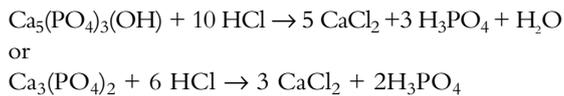
Dem Verfahren liegt der Gedanke der Grundstoffgewinnung nach dem Verbundprinzip zu Grunde. Dieser nach Bertau et. al. [17] als Wertstoffchemie bezeichnete Wissenschaftszweig betrachtet die Gesamtheit der herkunftsunabhängigen Verfahren und Methodik zur Erzeugung chemischer Grundstoffe. Die Grenzen



Quelle/Source: Peter Fröhlich

9 Feed hopper, showing conveying system and gas scrubber
Aufgabebehälter mit Fördersystem und Gaswäscher

intended application and the feed material to be processed – one or more further upstream or downstream or integrated additional process components (see the functional principle of PARFORCE technology, Fig. 5). This is a wet-chemical process in which the phosphate-containing primary or secondary feed material to be processed is digested in a digesting reactor using hydrochloric or nitric acid. The following reactions occur, for example, depending on the feed material:



The digestion suspension is then filtered and the phosphoric acid in solution is separated out and concentrated by means of a membrane process (Fig. 6) [21]. Any impurities in the feed flow are mainly retained in the silicate filter residue and cannot be rinsed out by water. This residue can therefore be used safely as an alkaline activated binder (geopolymer) in the construction industry; the permissible limits are met. The following additional process components are also envisaged, on both economic and ecological criteria:

- ▶ Integrated recovery of acid
- ▶ Upstream treatment of the feed material
- ▶ Downstream crystallisation

It should also be noted that the crystallisation of MAP at present frequently results in problems and encrustations in the piping of very many sewage-treatment plants, with the result that it must either be removed at an early stage or attempts made to suppress it by means of chemical additives. Totally new potentials for the fulfilment of legal requirements arise when the removal of MAP is examined on the criterion of the recovery of P, however. In the „expanded“ PARFORCE concept, use is made of MAP crystallisation and optimisation of the technology implemented to assure meeting with certainty of the legally imposed limit of 20 g P/kg TS. This offers the decisive advantage that the treatment sludge yielded after mechanical dewatering is no longer subject to any requirement for recovery. Its disposal in a mono-incineration plant is therefore no longer mandatory, and the treatment-plant operator thus has strategic freedom of manoeuvre in selection of the disposal method. It is then possible either to continue using the previous disposal route, or to utilise the sewage-treatment sludge in co-incineration plants and in coal-fired or cement-plant power stations.

4.2.1 Integrated acid recovery

This process component can be used with all the above-mentioned feed materials. The hydrochloric acid used as a digesting acid, for example, is then recovered by means of electrodialysis and is recirculated (Fig. 7). Lime, which can be used, for example, as a precipitant in waste-water treatment, is produced in addition to phosphoric acid. Electrodialysis



◀ 10 Reactor for wet-chemical digestion
Reaktor für den nass-chemischen Aufschluss

Quelle/Source: Peter Fröhlich

zwischen Primär-, Sekundär- und nachwachsenden Rohstoffen werden aufgehoben und die Grenzen der Ressourcenverfügbarkeit durch ganzheitliche Produktionstechniken verschoben.

Für das Verfahren wurden drei Patente angemeldet [18 – 20], von denen bereits zwei offengelegt wurden.

This residue can therefore be used safely as an alkaline activated binder

4.1 Einsatzstoffe für das PARFORCE-Verfahren

Prinzipiell kommen für das PARFORCE-Verfahren alle phosphorhaltigen Abfälle in Frage, sofern sie in fester bzw. pastöser Form vorliegen. Besonders geeignet wären Knochenaschen aus Schlachtbetrieben (Tiermehlaschen) wegen ihres hohen Gehaltes an Phosphat (73 – 84 % Calciumphosphat, 2 – 3 % Magnesiumphosphat); ihr Einsatz ist aber aus gesetzlichen Gründen derzeit noch nicht zulässig. Aber auch phosphorhaltige Industrieabfälle, u. a. aus der Lebensmittel-, Automobil- und Pharmaindustrie wie beispielsweise Magnesiumammoniumphosphat (MAP, Struvit) oder Tri- und Dicalciumphosphat-Rückstände (TCP/DCP) aus Klärwerken, phosphathaltige Verbrennungsrückstände und Flugaschen, prinzipiell aber auch Apatit, selbst Leuchtstoffe aus verbrauchten Leuchtmitteln sind anwendbar. Der Vorteil des Einsatzes von Struvit besteht darin, dass dieser Stoff ohnehin im Klärwerk anfällt und damit der Klärschlamm entphosphatiert wird, so dass für seine Verwertung keine Verpflichtung mehr nach AbfKlärV besteht. Es ist davon auszugehen, dass perspektivisch auch Klärschlammmasche und Klärschlämme (nach entsprechender Vorbehandlung) eingesetzt werden können.

11 Centrifuge incorporating final-clarification tank
Zentrifuge mit Nachklärbehälter



Quelle/Source: Peter Fröhlich

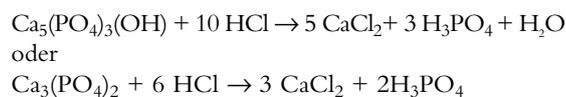
is an extremely energy-intensive process, and the PARFORCE process with integrated acid recovery is therefore particularly recommendable for use in areas in which surplus, fluctuating and, above all, renewable energy is generated, from wind-power or photovoltaics systems, for example, for which there is no other, rational use, or which is generated at particularly low cost. The short start-up and shut-down times of the PARFORCE process also mean that it has extremely low requirements concerning continuous supply of energy.

4.2.2 Upstream treatment of the feed material

This additional process component can also be used with all the feed materials mentioned. Pre-treatment may take the form of a chemical or of a thermal process, depending on the feed material itself. It is applied in order to eliminate certain impurities prior to the actual digestion process and in order thus to boost the effectiveness and efficiency of that process. This additional pre-treatment stage can also be combined with acid recovery for certain feed materials. Where MAP/struvite generated in the biological phosphate-elimination stages in sewage-treatment plants is used as a feed material, all organic impurities are removed by means of thermal pre-treatment at 500 – 600° C. The waste-heat resulting from thermal pre-treatment is then utilised as process heat and the ammonia generated is utilised directly in the PARFORCE process for adjustment of pH. MAP/struvite digested using hydrochloric acid generates magnesium chloride which, for its part, can be used as a precipitant in biological elimination of phosphorus. In this case, acid recovery is not possible, since the acid is entirely converted to the byproduct. The thermal treatment of MAP/struvite liberates ammonia, which is captured in the form of ammoniacal liquor. A magnesium phos-

4.2 Verfahrensgrundlagen und -prinzip

PARFORCE steht für Phosphoric Acid Recovery From Organic Residues and Chemicals by Electrochemistry. Es besteht aus einer Kerntechnologie „PARFORCE-Core“ und – je nach Einsatzzweck und zu verarbeitendem Einsatzstoff – aus einer oder mehreren weiteren vor- oder nachgeschalteten bzw. integrierten zusätzlichen Verfahrenskomponenten (siehe Funktionsprinzip der PARFORCE-Technologie, Bild 5). Dabei handelt es sich um ein nasschemisches Verfahren, bei dem der zu verarbeitende phosphathaltige Primär- oder Sekundärrohstoff in einem Aufschlussreaktor mittels Salz- oder Salpetersäure chemisch aufgeschlossen wird. Je nach Aufgabematerial finden beispielsweise folgende Reaktionen statt:



Die Aufschluss suspension wird im Anschluss filtriert und die in Lösung befindliche Phosphorsäure durch einen Membranprozess (Bild 6) abgetrennt und konzentriert [21]. Mögliche Verunreinigungen des Aufgabegutes verbleiben zum überwiegenden Teil im silikatischen Filtrerrückstand und können durch Wasser nicht ausgewaschen werden. Damit lässt sich dieser Rückstand unbedenklich in der Bauindustrie als alkalisch aktivierter Binder (Geopolymer) verwenden; die zulässigen Grenzwerte werden eingehalten. Sowohl aus ökonomischen als auch ökologischen Gründen sind folgende zusätzliche Verfahrenskomponenten vorgesehen:

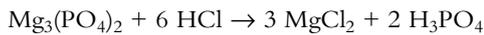
- ▶ Integrierte Säurerückgewinnung
- ▶ Vorgesaltete Behandlung des Einsatzstoffes
- ▶ Nachgeschaltete Kristallisation

Es sei noch erwähnt, dass derzeit die Kristallisation von MAP in sehr vielen Kläranlagen oft zu Störungen und Verkrustungen in den Rohrleitungen führt, so dass man es entweder frühzeitig abtrennen muss, oder durch chemische Zusätze zu unterbinden versucht. Betrachtet man aber die MAP-Abscheidung unter dem Aspekt der P-Rückgewinnung, ergeben sich ganz neue Möglichkeiten die gesetzlichen Anforderungen zu erfüllen. Im erweiterten PARFORCE-Ansatz macht man sich die MAP-Kristallisation zu nutze und optimiert die Technologie dahingehend, dass der gesetzliche Grenzwert von 20 g P/kg TS sicher unterschritten wird. Das hat den entscheidenden Vorteil, dass der nach der mechanischen Entwässerung anfallende Klärschlamm keiner Rückgewinnungsverpflichtung mehr unterliegt. Somit muss seine Entsorgung nicht mehr zwingend in einer Monoverbrennungsanlage erfolgen. Der Kläranlagenbetreiber hat damit bei der Wahl des Entsorgungsverfahrens strategische Freiheiten. Entweder kann der bisherige Entsorgungsweg weiter fortgeführt werden, oder aber der Klärschlamm kann in Mitverbrennungsanlagen, Kohle- oder Zementkraftwerken verwertet werden.

4.2.1 Integrierte Säurerückgewinnung

Diese Verfahrenskomponente kann für alle o. g. Ein-

phate remains, and is digested using hydrochloric acid:



4.2.3 Downstream crystallisation

This additional process component is installed when nitric acid is used as the digesting acid (Fig. 8). This results in calcium nitrate as a byproduct, which can be used as a basic feedstock in the production of high-quality fertilisers, in particular. This process variant also permits the use of all the above-mentioned primary and secondary resources as feed materials.

5 The construction and inauguration of a small-scale plant

It has been possible, in addition to successful laboratory-scale and semi-commercial scale tests, in April 2017 to commence construction of a small-scale plant in a technology center building at the TU Bergakademie Freiberg University of Resources. An essential precondition for this was the provision of funding by the Federal Ministry for Economic Affairs and Energy, which is supporting the construction of this demonstration plant with funds of around 1.02 million € for a term of two years via the „EXIST – Research Transfer“ funding programme. Additional funding of 0.26 million € has also been provided by the State Ministry for Science and Art of the German federal state of Saxony.

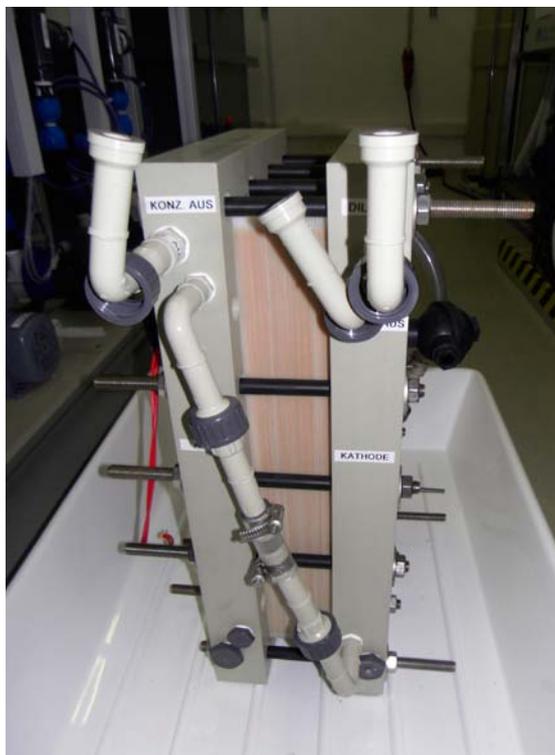
This building was firstly equipped with an acid-resistant lining and the legally stipulated fire-safety precautions and the following plant components then



Quelle/Source: Peter Fröhlich

satzstoffe angewandt werden. Die als Aufschlussäure z. B. verwendete Salzsäure wird dabei durch Elektrodialyse zurückgewonnen und im Kreislauf geführt (Bild 7). Neben Phosphorsäure entsteht Kalk, der beispielsweise als Fällungsmittel in der Abwasserbehandlung verwendet werden kann. Da die Elektrodialyse ein sehr energieintensiver Prozess ist, empfiehlt sich das PARFORCE-Verfahren mit integrierter Säurerückgewinnung insbesondere in Bereichen, in denen überschüssige, fluktuierende, vor allem erneuerbare Energie entsteht, beispielsweise aus Windkraft- oder Photovoltaikanlagen, ohne dass sie einer anderweitigen, sinnvollen Verwendung zugeführt werden kann bzw. kostengünstig erzeugt wird. Durch die geringen Anfahr- und Abschaltzeiten sind zudem beim PARFORCE-Verfahren sehr geringe Anforderungen an eine kontinuierliche Energieversorgung nötig.

▲ 13 Vacuum-evaporator system
Vakuumverdampfer-System



Quelle/Source: Peter Fröhlich

▲ 12 Electrodialysis, showing receiving vessel and membrane stack
Elektrodialyse mit Vorlagebehälter und Membranstack

4.2.2 Vorgesaltete Behandlung des Einsatzstoffes

Auch diese zusätzliche Verfahrenskomponente lässt sich für alle genannten Einsatzstoffe anwenden. Je nach Aufgabegut kann die Vorbehandlung ein chemisches oder ein thermisches Verfahren sein. Sie wird angewandt, um bestimmte Verunreinigungen vor dem eigentlichen Aufschlussverfahren zu eliminieren und dadurch die Effektivität und Effizienz desselben zu steigern. Dieser zusätzliche Vorbehandlungsschritt lässt sich für bestimmte Einsatzstoffe mit einer Säurerückgewinnung kombinieren. Wird beispielsweise MAP/Struvit, das bei der biologischen Phosphatelimination in Klärwerken entsteht, als Eingangsstoff eingesetzt, wird durch eine thermische Vorbehandlung bei 500 – 600° C jegliche organische Verunreinigung entfernt. Die Abwärme der thermischen Vorbehandlung wird als Prozesswärme und der dabei entstehende Ammoniak zur pH-Wert-Einstellung direkt im PARFORCE-Verfahren genutzt. Bei MAP/Struvit, das mit Salzsäure aufgeschlossen wurde, entsteht Magnesiumchlorid, das wiederum bei der biologischen Phosphor-Eliminierung als Fällungsmittel eingesetzt wird. Eine Säurerückgewinnung ist in diesem Fall

14 Extraction system
Extraktionsanlage



Quelle/Source: Peter Fröhlich

installed and finally connected to form the overall plant complex:

- ▶ Feed hopper with conveying system and gas scrubber (Fig. 9)
- ▶ Reactor for wet-chemical digestion (Fig. 10)
- ▶ Centrifuge with settling tank for final filtrate clarification (Fig. 11) (vertical centrifuge for removal of silicate residue)
- ▶ Electrodialysis with receiving tank and membrane stack (Fig. 12)
- ▶ Vacuum-evaporator system for concentration of phosphoric acid (Fig. 13)
- ▶ Extraction system for purification of phosphoric acid (Fig. 14)

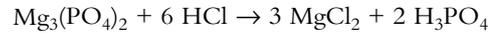
This plant (part view: Fig. 15) is equipped with an extensive control and instrumentation (C&I) system, designed for a throughput of 1 t/d and is, above all, intended as a demonstration plant for potential operators. The plant passed its trial runs with flying colours, permitting its celebratory inauguration by federal economics minister Brigitte Zypries in October 2017. Commissioning by Saxony's environment minister, Thomas Schmidt, of the demonstration plant, in association with the founding of the necessary company (PARFORCE Engineering & Consulting GmbH) then followed in December 2017. Total investment expenditure for this plant was around 500 000 €.

5.1 Testing and initial results

The plant was firstly test-operated using quantities of 50 to 100 kg feed material. The results obtained were extrapolated to 1 t of feed material and are summarised in Figure 16.

We may firstly ascertain that no waste is produced. In addition to the target product – high-purity phosphoric acid – only other (by-)products of recycled sta-

nicht möglich, da die Säure vollständig in das Nebenprodukt überführt wird. Bei der thermischen Behandlung von MAP/Struvit entweicht Ammoniak, der als Ammoniakwasser aufgefangen wird. Es bleibt ein Magnesiumphosphat zurück, das mit Salzsäure aufgeschlossen wird:



4.2.3 Nachgeschaltete Kristallisation

Diese zusätzliche Verfahrenskomponente kommt dann zum Tragen, wenn als Aufschlussäure Salpetersäure zum Einsatz kommt (Bild 8). Hierbei entsteht als Nebenprodukt Calciumnitrat, das als Grundstoff insbesondere bei der Erzeugung hochwertiger Düngemittel verwendet werden kann. Auch in dieser Verfahrensvariante können alle o.g. Primär- und Sekundärrohstoffe als Eingangsstoffe genutzt werden.

5 Errichtung und Einweihung einer kleintechnischen Anlage

Nach den erfolgreichen Versuchen im Labor- und Technikumsmaßstab konnte im April 2017 mit dem Aufbau einer kleintechnischen Anlage in einer Technikumshalle der TU Bergakademie Freiberg begonnen werden. Eine wesentliche Voraussetzung dafür war die Bereitstellung von Fördermitteln durch das Bundesministerium für Wirtschaft und Energie, das den Bau dieser Demonstrationsanlage aus dem Förderprogramm „EXIST – Forschungstransfer“ mit rd. 1,02 Mio. € über eine Laufzeit von zwei Jahren unterstützt. Zusätzliche Mittel in Höhe von 0,26 Mio. € stellte das Sächsische Staatsministerium für Wissenschaft und Kunst zur Verfügung.

In der zunächst mit einer säurefest ausgekleideten und den vorgeschriebenen Brandschutzmaßnahmen versehenen Halle wurden folgende Anlagenkomponenten installiert und anschließend zum Gesamtanlagenkomplex zusammenschaltet:

- ▶ Aufgabebehälter mit Fördersystem und Gaswäscher (Bild 9)
- ▶ Reaktor für den nasschemischen Aufschluss (Bild 10)
- ▶ Zentrifuge mit Absetzbehälter für die Filtrat-Nachklärung (Bild 11) (Vertikalzentrifuge zur Entfernung des silikatischen Rückstands)
- ▶ Elektrodialyse mit Vorlagebehälter und Membranstack (Bild 12)
- ▶ Vakuumverdampfer-System zur Konzentrierung der Phosphorsäure (Bild 13)
- ▶ Extraktionsanlage zu Reinigung der Phosphorsäure (Bild 14)

Die Anlage (Bild 15 – Teilansicht) ist mit einer umfangreichen Mess-, Steuer- und Regeltechnik ausgerüstet, für einen Durchsatz von 1 t/d ausgelegt und vor allem als Demonstrationsanlage für potenzielle Betreiber vorgesehen. Sie bestand ihren Testlauf mit Bravour, so dass im Oktober 2017 ihre feierliche Einweihung durch die Bundeswirtschaftsministerin Brigitte Zypries stattfinden konnte. Anfang Dezember 2017 erfolgte dann die Inbetriebnahme der mit einer Unternehmensausgründung (PARFORCE Enginee-

tus are generated, either immediately or after further processing. Yields are satisfactory.

5.2 Observations on cost-effectiveness

The process design for the demonstration plant permits derivation of initial data on its commercial practicability. Diverse specific investment costs result for the individual feed materials (Fig. 17). The starting point in this case is a sewage sludge ash with a P/Ca ratio of 9.3/18.7 (large blue dot) and a degree of P digestion of 90 %. The high rate of digestion in the PARFORCE process is the result of the legally stipulated recovery rate of 80 %. A significantly higher degree of digestion must be assumed, however, since losses always occur in chemical processes. With a constant P/Ca ratio, the lower the degree of digestion, the lower the investment costs (smaller blue dots). The reason for this is the fact that individual plant components, such as electrodialysis and liquid-liquid extraction, can be designed smaller. The differences in investment costs for differing degrees of digestion are significantly lower compared to those for a falling phosphorus content or rising calcium content. A drop in phosphorus content in the sewage sludge ash from 9.3 % to 6 % causes a rise in investment costs per tonne of phosphoric acid produced of nearly 60 % (yellow dot). A similar pattern is apparent with constant phosphorus content but rising calcium content in the ash. If the latter increases from 18.7 % to 28.7 %, the investment costs per tonne of feed materials and also per tonne of phosphoric acid will rise simultaneously by 20 %. This is also the result



Quelle/Source: Peter Fröhlich

ring & Consulting GmbH) verbundenen Demonstrationsanlage durch Sachsens Umweltminister Thomas Schmidt. Der Investitionsaufwand für die Anlage betrug etwa 500 000 €.

▲ 15 Part view of the overall plant
Teilansicht der Gesamtanlage

5.1 Erprobung und erste Ergebnisse

Die Erprobung der Anlage erfolgte zunächst mit Mengen von 50 bis 100 kg Aufgabegut. Die damit erhaltenen Ergebnisse wurden auf 1 t Einsatzstoff hochgerechnet und sind in Bild 16 zusammenfassend dargestellt.

Zunächst ist festzustellen, dass keine Abfälle entstehen. Neben dem Zielprodukt – hochreine Phosphorsäure – werden weitere (Neben)produkte mit Verwertungsstatus – entweder unmittelbar oder nach weiterer Aufbereitung erhalten. Die Ausbeuten sind zufriedenstellend.

5.2 Wirtschaftliche Betrachtungen

Auf Basis der Verfahrensauslegung für die Demonstrationsanlage sind erste Angaben zur wirtschaftlichen Umsetzungsfähigkeit möglich. Für die einzelnen Einsatzstoffe ergeben sich unterschiedliche spezifische Investitionskosten (Bild 17). Ausgangspunkt ist hier eine Klärschlammasche mit einem P/Ca-Verhältnis von 9,3/18,7 (großer blauer Punkt) und einem P-Auf-

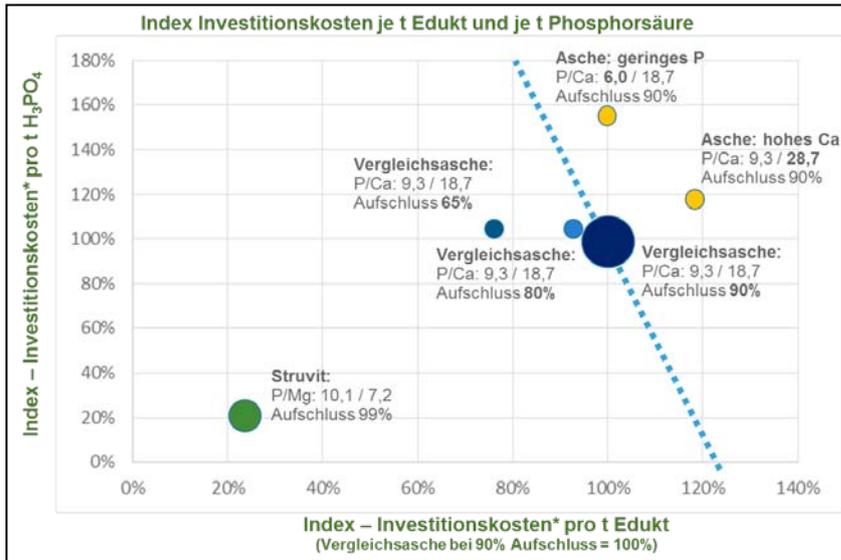
PARFORCE is well suited on economic criteria for the recovery of phosphorus

of the necessary enlargement of individual plant components, such as electrodialysis, since it is then necessary to transport more calcium via the membranes. PARFORCE technology is, in general, also extremely well suited on economic criteria for the recovery of phosphorus from sewage sludge ash. As in all wet-chemical preparation processes, however, investment costs are heavily dependent on chemical

Edukt	TCP ... aus 1.000 kg	MAP/Struvit ... aus 1.000 kg	KSA... aus 1.000 kg
Einsatz-Chemikalien	1.500 kg HNO ₃ (68%ig) 60 kg CaCO ₃	790 kg HCl (36%ig) 30 kg NaOH	1.400 kg HCl (36%ig) 20 kg NaOH
Hauptprodukt Phosphorsäure	800 kg H ₃ PO ₄ (75%ig)	440 kg H ₃ PO ₄ (75%ig)	320 kg H ₃ PO ₄ (75%ig)
Nebenprodukte	1.800 kg Ca(NO ₃) ₂ · 4 H ₂ O	310 kg MgCl ₂ (14%ig) 280 kg NH ₃ (20%ig)	600 kg AlCl ₃ +FeCl ₃ (wässrig) 300 kg Ca(OH) ₂ (20%ig)
silikatische Rückstände	5 kg silikat. Rückstand	55 kg silikat. Rückstand	450 kg silikat. Rückstand

◀ 16 Results, shown as a material flow table
Ergebnisse als Stoffstromtabelle

Quelle/Source: Peter Fröhlich



Quelle/Source: Peter Fröhlich

17 Investment costs as a function of composition of feed material (edukt) ▲
Investitionskosten in Abhängigkeit von der Zusammensetzung des Aufgabematerials (Edukt)

composition, and fluctuations in this will automatically result in a significant rise in investment and in operating costs. The design of any corresponding processing plant must necessarily take account of these potential fluctuations, in order to meet the recovery rates stipulated in the AbfKlärV with certainty, and this fact necessarily results in greater technological input and complexity.

A useful alternative is provided, on the other hand, by removal of phosphorus in the form of MAP/struvite as early as the sewage-treatment process (see Section 4.2 above). Not only the benefits already noted, but also the significantly lower investment costs compared to the processing of a sewage sludge ash, should also be mentioned (Fig. 17, green dot). The investment costs for upgrading of struvite using the PARFORCE pro-

cessgrad von 90 %. Die hohe Aufschlussrate im PARFORCE-Verfahren resultiert aus der gesetzlich vorgeschriebenen Rückgewinnungsrate von 80 %. Da aber in chemischen Prozessen immer Verluste auftreten, muss von einem deutlich höheren Aufschlussgrad ausgegangen werden. Je geringer der Aufschlussgrad ist, desto geringer sind die Investitionskosten bei gleich bleibendem P/Ca-Verhältnis (kleinere blauen Punkte). Der Grund dafür ist, dass einzelne Anlagenkomponenten, wie die der Elektrodialyse bzw. der Flüssig-Flüssig-Extraktion kleiner ausgelegt werden können. Jedoch sind die Unterschiede in den Investitionskosten bei unterschiedlichen Aufschlussgraden im Vergleich zu einem sinkenden Phosphorgehalt bzw. steigendem Calciumgehalt deutlich geringer. Sinkt der Phosphorgehalt in der Klärschlamm-Asche von 9,3 % auf 6 %, so steigen die Investitionskosten pro Tonne produzierte Phosphorsäure um fast 60 % (gelber Punkt). Ein ähnliches Verhalten zeigt sich bei gleich bleibendem Phosphor-, aber zunehmenden Calciumgehalt in der Asche. Steigt letzterer von 18,7 % auf 28,7 %, so steigen gleichzeitig die Investitionskosten pro Tonne Einsatzstoffe aber auch pro Tonne Phosphorsäure um 20 %. Dies beruht ebenfalls auf der Vergrößerung einzelner Anlagenkomponenten, wie der Elektrodialyse, da mehr Calcium über die Membranen transportiert werden muss. Allgemein eignet sich die PARFORCE-Technologie auch unter wirtschaftlichen Aspekten sehr gut für die Rückgewinnung von Phosphor aus Klärschlamm-Aschen. Wie bei allen nasschemischen Aufbereitungsverfahren sind die Investitionskosten jedoch stark von der chemischen Zusammensetzung abhängig, und deren Schwankungen führen automatisch zu einer deutlichen Steigerung der Investitions- und Betriebskosten. Um die Rückgewinnungsquoten nach Vorgabe der AbfKlärV sicher zu erfüllen, muss die Auslegung einer entsprechenden Aufbereitungsanlage diese möglichen Schwankungen berücksichtigen, und das bedeutet natürlich einen höheren technologischen Aufwand.

Eine gute Alternative bietet hingegen die Abtrennung von Phosphor bereits im Klärwerkprozess als MAP/Struvit (siehe Pkt. 4.2). Neben den erwähnten Vorteilen sind auch die wesentlich geringeren Investitionen im Vergleich zur Aufbereitung einer Klärschlamm-Asche zu nennen (Bild 17, grüner Punkt). Die

The investment costs for upgrading of struvite using the PARFORCE process are around 20 % of those required for a sewage sludge ash

Investitionskosten für die Veredlung von Struvit mit dem PARFORCE-Verfahren liegen bei etwa 20 % derjenigen für eine Klärschlamm-Asche. Der Unterschied beruht hauptsächlich auf der gleichbleibenden chemischen Zusammensetzung von MAP und der hohen Reinheit, da außer Magnesium, Ammonium und Phosphat keine Nebenbestandteile enthalten sind. Somit entfallen auch zusätzliche und teure Aufbereitungsschritte.

6 Summary and prospects

It has been possible, using various phosphorus-containing feed materials such as MAP/struvite, di- and tricalcium phosphate residues, apatite and sewage sludge ash to demonstrate that a technology has been

6 Zusammenfassung und Ausblick

Unter Verwendung verschiedener phosphorhaltiger Einsatzstoffe wie MAP/Struvit, Di- und Tricalcium-

developed which will make it possible to recover high-purity phosphoric acid from primary and secondary feed materials. This technology is designed to incorporate a range of different process variants and is thus flexibly utilisable. PARFORCE technology constitutes a practicable solution for sewage-treatment plants, particularly in view of the amended AbfKlärV, without the necessity for complex and costly treatment-sludge incineration.

Founding of the spin-off described above has now been effected. The newly founded PARFORCE Engineering & Consulting GmbH advises treatment-plant operators and disposal organisations, and also drafts concepts on the basis of practical testing in the demonstration plant, with the aim of acquiring potential customers. The main target is that of providing treatment-sludge disposal organisations with a long-term reliable solution for the implementation and meeting of the AbfKlärV. There are, in addition, currently ongoing negotiations with a local sewage-treatment plant for the construction of a pilot facility for side-stream treatment for implementation of the expanded PARFORCE concept.

phosphat-Rückstände, Apatit oder Klärschlammaschen konnte gezeigt werden, dass es gelungen ist, eine Technologie zu entwickeln, mit der es möglich ist, aus primären und sekundären Rohstoffen hochreine Phosphorsäure zu gewinnen. Die Technologie ist für verschiedene Verfahrensvarianten ausgelegt und damit vielseitig anwendbar. Insbesondere unter dem Aspekt der novellierten AbfKlärV stellt die PARFORCE-Technologie eine praktikable Lösung für Klärwerke dar, ohne dass eine aufwändige Klärschlammverbrennung in Anspruch genommen werden muss.

Die o. g. Ausgründung ist vollzogen. Die neu gegründete Start-Up PARFORCE Engineering & Consulting GmbH berät Klärwerksbetreiber sowie Entsorger und erstellt Konzepte auf Basis praktischer Untersuchungen in der Demonstrationsanlage, um potenzielle Kunden zu gewinnen. Ziel ist es, dem Klärschlammentsorger eine langfristige und sichere Lösung zur Umsetzung und Erfüllung der AbfKlärV anzubieten. Außerdem laufen derzeit Verhandlungen mit einem lokalen Klärwerk zum Aufbau einer Pilotanlage für eine Teilstrombehandlung zur Umsetzung des erweiterten PARFORCE-Ansatzes.

Literature/Literatur

- [01] DERA Deutsche Rohstoffagentur - Bundesanstalt für Geowissenschaften und Rohstoffe: DERA Rohstoffliste 2016
- [02] Materials critical to the energy industry. Universität Augsburg, published by B.P. p.l.c. (2014) S. 48, 2. Auflage
- [03] M. Bertau, A. Müller, P. Fröhlich, M. Katzberg, Industrielle Anorg. Chemie, 4. Auflage, Wiley-VCH, Verlag, Weinheim, 2013
- [04] LAGA: Bericht des Ad-hoc-Arbeitskreises „Bewertung von Handlungsoptionen zur nachhaltigen Nutzung sekundärer Phosphorreserven“. Herausgeber: Länderarbeitsgemeinschaft Abfall (LAGA) Stand 30.01.2012
- [05] BMBF-Verbundprojekt PhoBe: Phosphor-Recycling – ökologische und wirtschaftliche Bewertung verschiedener Verfahren und Entwicklung eines strategischen Verwertungskonzeptes für Deutschland. FKZ 02WA0805 – 02WA 0808
- [06] Bertau, M. et. al., Statuspapier „Phosphatrückgewinnung“ der ProcessNet-Fachgruppe „Rohstoffe“, DECHEMA e. V. ISBN 978-3-89746-197-0
- [07] Scheidig, K.: Wirtschaftliche und energetische Aspekte des Phosphor-Recyclings aus Klärschlamm, KA-Korrespondenz Abwasser, Abfall (2009), H.11, S. 78 – 83
- [08] Pinnekamp, J. et. al.: Stand und Perspektiven der Phosphorrückgewinnung aus Abwasser und Klärschlamm. Teil 1. Zweiter Arbeitsbericht der DWA-Arbeitsgruppe KEK-1.1 „Wertstoffrückgewinnung aus Abwasser und Klärschlamm“, KA Korrespondenz Abwasser, Abfall (2013), H. 10, S. 837 – 844
- [09] LAGA: Ad-hoc AG Ressourcenschonung durch Phosphorrückgewinnung. Abschlussbericht Juli 2015
- [10] Anorganische Rohstoffe - Sicherung der Rohstoffbasis von morgen. Positionspapier des temporären ProcessNet Arbeitskreises „Rohstoffe und Kreislaufwirtschaft, Nov. 2015, ISBN 978-3-89746-177-2
- [11] Ludwig, H: Rückgewinnung von Phosphor aus der Abwassereinigung. Eine Bestandsaufnahme. Umwelt-Wissen Nr. 0929. Bundesamt für Umwelt, Bern (2009), 196 S.
- [12] Wehrli, M.: Jahresbericht 2016 der Zentralen Klärschlammverwertungsanlage Werdhölzli. Zürich, 10. Mai 2017.
- [13] Greb, V. G.; Fröhlich, P.; Weigand, H.; Schulz, B.; Bertau, M., in Kausch, P.; Matschullat, J.; Bertau, M.; Mischo H. (Hrsg.), Rohstoffwirtschaft und gesellschaftliche Entwicklung – Die nächsten 50 Jahre. Springer-Verlag, Heidelberg, 2016, S. 49 - 63.
- [14] REMONDIS Aqua GmbH & Co. KG: <http://www.remondiaqua.de/aq/aktuelles/neue-verfahren/> abgerufen am 05.01.2018
- [15] Bertau, M.: State of the Art in der Phosphorrückgewinnung und aktuelle Trends in der Forschung und Wissenschaft. Vortrag vor dem Arbeitskreis Kreislaufwirtschaft der CLEANTEC Initiative Ostdeutschland „Phosphor-Rückgewinnung“, Leipzig 18.05.2017
- [16] Jacob-Seifert, K.: Eigene Erfahrungen und Entwicklungen in der Phosphor-Rückgewinnung. Vortrag vor dem Arbeitskreis Kreislaufwirtschaft der CLEANTEC Initiative Ostdeutschland „Phosphor-Rückgewinnung, Leipzig 18.05.2017
- [17] Fröhlich, P., Eschment, J., Bertau, M.: Wertstoffchemie - die Rohstoffbasis sichern. Nachr. Chemie 65 (2017), S. 1206-1209, DOI: 10.1002/nadc.20174068276
- [18] Verfahren zur Herstellung von Phosphorsäure aus phosphorhaltigen Primär- und Sekundärrohstoffen. Deutsche Patentanmeldung DE 10 2016 212 242.8
- [19] Verfahren zur elektrodialytischen Herstellung von Lithiumhydroxid. Deutsche Patentanmeldung DE 10 2015 203 395.3
- [20] Elektrodialytische Herstellung von Phosphorsäure und Vorrichtung. Deutsche Patentanmeldung DE 10 2015 208 690.9
- [21] Martin, G., Lohmeier, R., Eschment, J.: Flexibel und zukunftssicher. RECYCLING magazin (2017), S. 24 - 27

Cleanly-sorted

Mobile non-ferrous metal separator

Sortenrein

Mobiler Nicht-Eisen-Metall-Abscheider

The new Metalfex ▶
reclaims valuable secondary raw materials, while cleanly sorting the waste stream in a broad range of applications

Der neue Metalfex gewinnt nicht nur wertvolle Sekundär-Rohstoffe zurück, sondern sorgt bei einem breiten Einsatzspektrum auch für ein sortenreines Endprodukt



Credit/Quelle: Komptech

With the brand-new Metalfex, Komptech adds a mobile non-ferrous metal separator to its line of separating machines. Not only does it efficiently retrieve valuable NF metals, it also makes for a very cleanly-sorted end product.

Mit dem hochaktuellen Metalfex erweitert Komptech seine bewährte Separatoren-Produktpalette um einen mobilen Nicht-Eisen-Metall-Abscheider, der nicht nur die wertvollen NE-Metalle höchst effizient abtrennt, sondern damit auch für ein sehr sortenreines Endprodukt sorgt.

Most preshredded or prescreened bulk goods contain many ferrous and non-ferrous metals, such as aluminium, copper, zinc, brass and bronze. While these NF metals are undesirable from the point of view of getting a cleanly-sorted final product, at the same time they are highly desirable, valuable recyclables.

To enable reclamation of these secondary raw materials in standard processing lines, Komptech has added the brand-new Metalfex to its range of proven separator machines. The new Metalfex takes its place alongside familiar separators like the Stonefex and Hurrifex, with their many satisfied users.

Not "just" non-ferrous metals - it can also pick out iron and steel

The basic layout of the new the Metalfex is as solid as it is practical. By design, feed is by upstream conveyor to the machine's own 1.6 m wide intake conveyor. Non-ferrous metals are removed by an eddy current separator with eccentric pole system that can be

Die meisten vorzerkleinerten oder bereits vorgesiebten Schüttgüter enthalten neben Eisen-Metallen auch eine Vielzahl an Nichteisen(NE)-Metallen wie zum Beispiel Aluminium, Kupfer, Zink, Bronze oder Messing. So unerwünscht diese NE-Metalle mit Blick auf die Sortenreinheit des gewünschten Endproduktes auch sein mögen, so wichtig und wertvoll sind sie inzwischen im Sinne des Recyclinggedankens.

Um diese Sekundär-Rohstoffe auch bei ganz normalen Aufbereitungsprozessen wieder zurück zu gewinnen, hat Komptech seine bewährte Produktpalette der Separationstechnik um den brandneuen Metalfex erweitert. Die neue Maschine steht damit in einer Reihe mit so bekannten Separatoren wie Stonefex und Hurrifex, die schon viele Kunden überzeugen konnten.

Nicht „nur“ NE-Metalle: Auch die Eisenabscheidung ist möglich

Die Grundkonstruktion des neuen Metalfex ist ebenso grundsollide wie praxistauglich: Die Beschickung

adjusted for the precise material type and feed rate. The NF separator unit working width is 1.95 m. The NF metals and cleaned fraction are output on two folding conveyors to the right and left of the machine. The 0.8 m wide belts can reach discharge heights of 2.3 to 3.15 m, depending on the machine configuration.

All components on the new Metalfex are electrically powered. Power is from the on-board diesel generator or the grid. The Metalfex is flexible and mobile – it is available in compact hook lift, easily manoeuvrable two-axle trailer or mobile site chassis versions.

Another plus is that the Metalfex isn't limited to just NF metals, since an over-conveyor magnet for ferrous removal is available as an option. This combination of NF and F separation really does kill two birds with one stone.

Broad range of applications

Toughness, mobility, flexibility – these are always primary goals in Komptech's machine developments, and the new Metalfex delivers in all areas.

It is tough, powerful and ready for an extremely wide range of material input in grain sizes up to 250 mm. This can be shredded waste wood and bulk waste, industrial and commercial waste, household waste or shredder output.

Powerful and ready for an extremely wide range of material input in grain sizes up to 250 mm

With the new Metalfex, Komptech once again demonstrates that it can set new standards with rigorously practical, well designed machines, this time for separating out non-ferrous metals.

www.komptech.com

erfolgt idealerweise über ein Förderband, das seine Fortsetzung im Bereich der Materialaufgabe über ein eigenes, 1,60 m breites Zuführband findet. Für die eigentliche NE-Abscheidung ist ein Wirbelstromabscheider mit exzentrischem Polsystem zuständig, das je nach Materialzufuhr und Materialbeschaffenheit genau eingestellt werden kann. Die Arbeitsbreite der NE-Abscheideeinheit beträgt stolze 1950 mm. Der Austrag der NE-Metalle sowie der Reinfraction erfolgt über zwei klappbare Abwurfbänder links und rechts an der Maschine, die bei einer Gurtbreite von jeweils 800 mm je nach Maschinenkonfiguration eine Abwurfhöhe von 2,30 bis 3,15 m erreichen.

Alle Komponenten des neuen Metalfex werden elektrisch angetrieben, die Energie kommt dabei vom eingebauten Dieselmotor oder über das Stromnetz. Flexibel und mobil ist der Metalfex allemal: Die Palette reicht von der kompakten Hook-Hakenliftvariante über den leicht manövrierbaren Zwei-Achs-Trailer bis hin zum mobilen Hof-Fahrwerk.

Dass sich der Metalfex nicht nur um NE-Metalle kümmert, ist ein weiteres Plus der neuen Maschine: Ein Überbandmagnet zur Eisenabscheidung steht ebenfalls zur Verfügung. „Zwei Fliegen mit einer Klappe“ – besser ließe sich die gleichzeitige NE- und Eisen-Abscheidung in nur einer Maschine kaum lösen.

Breites Anwendungsspektrum

Robust, möglichst mobil und hoch-flexibel: Der neue Metalfex folgt auch diesen Grundprinzipien, die für Komptech bei der Entwicklung der Maschinen immer wieder an erster Stelle stehen.

Bei der robusten und leistungsstarken Grundkonzeption kann das Aufgabematerial eine Korngröße von bis zu 250 mm erreichen, das Spektrum des Aufgabematerials selbst ist dabei ungewöhnlich groß ausgelegt. Verarbeitet werden können vorzerkleinertes Altholz und Sperrmüll, Industrie- und Gewerbeabfall, Hausmüll und nicht zuletzt Schredder-Materialien.

Mit dem neuen Metalfex beweist Komptech einmal mehr, dass eine zielgerichtete und praxisorientierte Maschine neue Standards auch in der NE-Abscheidung setzen kann.

Individuelle Förderanlagen



Gurtbandförderer



Plattenbänder



Aufgabe- und Dosierbunker



Kettengurtförderer

KÜHNE[®]
FÖRDERANLAGEN

Lommatzsch · Dresden

Tel.: (03 52 41) 82 09-0

Fax: (03 52 41) 82 09-11

www.kuehne.com

Clean

Vibratory screen improves scrap metal quality

Sauber

Schwingsieb verbessert die Qualität von Stahlschrott

German based interVIB GmbH known as developer and supplier for vibratory conveying and screening equipment has delivered numerous Linear Vibratory Screens type VSL with special developed 3D screening cassettes to various steel factories and scrap yards Europe-wide.

The task is to improve scrap metal quality, either provided from shears or shredders, by taking out fines, magnetic dust and non-ferrous material. Capacities from 40 t/h up to 300 t/h can be achieved depending on the screen dimensions.

Die deutsche Firma interVIB GmbH als Lieferant für Vibrationsförder- und Siebtechnik hat diverse Linearschwingsiebe Typ VSL mit speziell entwickelten 3D-Siebkassetten an unterschiedliche Stahlwerke und Schrott-Recyclinghöfe europaweit geliefert.

Die Aufgabe ist es, Stahlschrottqualitäten, ob aus Shredder- oder Scherenschrott, zu verbessern. Hierfür werden Feinanteile, magnetische Stäube und nichtmagnetische Verunreinigungen abgeschieden. Es werden Siebkapazitäten von 40 t/h bis zu 300 t/h erreicht, in Abhängigkeit von den Siebgrößen.



Linearschwingsieb mit blockadefreien Siebkassetten

Das Hauptaugenmerk wurde auf die Gestaltung der Siebfläche gelegt, die aus extra robustem Manganhartstahl gefertigt wird. Die Siebelemente werden als leicht tauschbare Kassetten geliefert und haben im Mittel eine Standzeit von über 18 Monaten ohne nennenswerte Abnutzung. Im Regelfall werden 2-3 Kassetten in Stufenanordnung geliefert, damit sich der Schrott während der Siebung umwälzen kann. Dies stellt sicher, dass auch Feinanteile abgeschieden werden, die sich auf großflächigen Schrottteilen oder in Hohlkörpern abgelagert haben.

Die besonders robuste Auslegung und die Position der Unwuchtmotoren stellen sicher, dass unerwartet schwere Schrottteile oder kurzfristige Fehlnutzung die Maschine nicht beschädigen können. Die lineare Schwingung wird in Förderrichtung über eine extra verstärkte Traverse initiiert.

Ein weiterer Vorteil ist die wartungsfreundliche Bauweise der Gesamtmaschine, um die Betriebskosten möglichst gering zu halten. Es wurde auf guten und schnellen Zugang in die Maschine geachtet.

Schlüsselfertige Schrottreinigungsanlagen

Eine komplette Standard Linie beinhaltet eine interVIB Aufgabe-Schwingförderrinne Typ TCV, welche mittels eines Greifers und einem über der Förderrinne angeordneten, stationären Bunker mit Schrott beladen wird. Die Breite der Aufgabe-Schwingförderrinne resultiert aus der geforderten Sieb- und Förderleistung, aber auch aus dem Durchmesser des Greifers. Die Schwingförderrinne beschickt dann gleichmäßig das Linearschwingsieb. Dies stellt einen konstanten Förderstrom und eine gleichbleibende Schichthöhe für ein bestmögliches Siebergebnis sicher. Üblicherweise wird abgabeseitig die Siebmaschine aus nicht-

Linear Vibratory Screen ▲ Linear Vibratory Screen including plug free screening cassettes

Type VSL

Linearschwingsieb

Typ VSL

The main focus is placed onto the special designed screening surface which is built from extra strong manganese steel. It is built as cassettes which can be easily exchanged and have a life span of over 18 months without any appreciable wear. Mainly 2-3 cassettes are inserted with cascades in-between, revolving the scrap. This ensures, that the fines laying on top of hollow or large scale parts will also be separated.

The robust designed main body of the screening machine and the position of the unbalanced motors ensure that also unexpected heavy parts or short term misuse cannot harm the equipment. The linear excitation is lined up with the conveying direction onto an extra strong cross beam.



Credit/Quelle: interVIB

▲ *Special 3D Screening Surface with cascades*
Spezielle 3D-Sieb-kassetten mit Stufen



Credit/Quelle: interVIB

▲ *Waste including non-ferrous fraction after the vibratory trough conveyor type TCV underneath the magnetic drum*
Abfall und NE-Anteile hinter der Querförderrinne Typ TCV unterhalb der Magnettrommel

Another benefit is the easy to service design, keeping operating costs low. Quick and easy access is a main focus for the customer needs reducing the cost of ownership.

Turn-key Scrap Cleaning Plant

A complete standard set-up includes an interVIB vibratory feeder type TCV, which is charged by a crane with a grabber into a stationary hopper placed over the pan feeder. Hopper and feeder width results from the needed screening capacity and the grabber diameter in use. The vibratory feeder serves the vibratory screen constantly in a metering matter. This ensures a constant material flow and layer thickness for the best screening result possible. Usually the discharge end of the screen is made from non-magnetic material and delivers to a magnetic drum. The geometry between both machines ensures that non-magnetic material falls down onto a crosswise installed interVIB vibratory trough conveyor type TCV taking out the non-ferrous material. This design between the vibratory screen and the magnetic drum gives the opportunity, that even bigger concrete parts or other big dimensional non-ferrous parts can be taken out,

magnetischem Material gefertigt, da diese an eine Magnettrommel übergibt. Die Geometrie zwischen der Siebmaschine und der Magnettrommel stellt sicher, dass nicht-magnetisches Material aus dem Förderstrom nach unten auf eine quer installierte interVIB Schwingförderrinne Typ TCV fällt, die das nicht gewünschte Material nach außen fördert. Die speziell ausgelegte Geometrie zwischen Siebmaschine und Magnettrommel ermöglicht sogar größeren Betonbrocken, oder anderen großvolumigen und nicht-magnetischen Anteilen, die eigentlich nicht im

**The complete key-turn set up
is a collaboration
by three European companies**

Schrott enthalten sein sollten, aussortiert zu werden. Dabei wird sichergestellt, dass es nicht zu einem Verkleben zwischen den Maschinen kommt. Die untere Querförderrinne wird extra robust ausgelegt, damit diese die Wucht des Aufpralls der schweren NE-Anteile aufnehmen kann.

Die ausgesiebten Feinanteile unterhalb der Siebmaschine können auch mit einer Schwingförderrinne Typ TCV ausgetragen werden. Diese werden dann an ein Förderband übergeben und können nochmals mittels Überbandmagneten nachsortiert werden, um kleine Eisenpartikel zurück zu gewinnen.

Real gelebte Europäische Union EU

Komplette und schlüsselfertige Gesamtanlagen sind eine partnerschaftliche Kooperation von drei europäischen Firmen. Die interVIB GmbH aus Deutschland fertigt die Schwingmaschinen passend zu den



Credit/Quelle: interVIB

▲ *Fines being taken out by the screening machine VSL*
Abgesiebte Feinanteile aus der Siebmaschine VSL

Complete scrap cleaning
plant built by European
collaboration
Gesamtanlage
Schrottreinigung aus
europäischer Kooperation



Credit/Quelle: interVIB

which should yet not be part of the delivered scrap material, without any pinching between the single equipment. The collecting vibratory trough conveyor is designed robust to take these heavy impacts from these big chunks.

The fines from the vibratory screen conveyor are also collected onto a vibratory trough conveyor type TCV being installed crosswise underneath and are transferred to a belt conveyor. These fines can be re-treated further more by an over-belt magnet to re-collect smaller ferrous particles from the fines, if wanted.

European Union EU real life

The complete key-turn set up is a collaboration by three European companies. interVIB GmbH from Germany is building the vibratory equipment to the customer's needs, Coreso s.a.r.l. from France is the specialist on magnetic separation and scrap metal treatment and Pro Tehno d.o.o. from Slovenia does the general engineering, final assembly, electrics, controls and is also a scrap metal treatment specialist.

Furthermore these partners have built a semi-mobile device owned by Coreso s.a.r.l. to hire out to various customers. On one hand for testing the quality of the purchased scrap metal on the other hand for testing the equipment before ordering a fixed set up.

First, the customers were pretty surprised how much fines the vibratory screen from interVIB will separate and how much NE-material can be taken out in front of the magnetic drum. In some cases more than 10 % of the non-ferrous material and not usable fines were found. Such a set up can save up to 10 % of the costs in the production process and reduces the unwanted slag in the furnaces enormously, so it was told by some south European customers operating this equipment.

In total it is to say, that this set up is proven in field under realistic operational conditions and can be modified to the customer's specific needs at any time.

www.intervib.de

jeweiligen Kundenanforderungen. Die Firma Coreso s.a.r.l. aus Frankreich ist der Spezialist für Magnetabscheidetechnik und Schrottaufbereitung. Die Firma Pro Tehno d.o.o. aus Slowenien als Fachfirma für Schrottaufbereitung übernimmt den kompletten Anlagenbau, inklusive Elektrik, Steuerung und Montage.

Gemeinsam ist eine Semi-Mobilanlage entwickelt und gebaut worden. Die Firma Coreso s.a.r.l. hat bereits diese Anlage an unterschiedliche Kunden

More than 10 % of the non-ferrous material and not usable fines were found

ausgeliehen. Zum einen können vor Ort die gelieferten Schrottqualitäten geprüft werden und zum anderen wird diese Anlage als Testmaschine verwendet, bevor eine stationäre und größere Anlage installiert wird.

Kunden waren zum Teil sehr überrascht, wieviel Feianteile die Siebmaschine von interVIB aus den gelieferten Schrotten separiert und wieviel NE-Anteile vor der Magnettrommel abgeschieden werden. In manchen Fällen wurden mehr als 10 % Fremdstoffe und Feianteile in den jeweiligen Schrottlieferungen gefunden und ausgeschleust. Zudem wurde kundenseitig berichtet, dass im Produktionsprozess bis zu 10 % Einsparungen durch die Reinigung des Schrotts erzielt werden konnten und auch ungewünschte Schlacke wurde in den Öfen reduziert.

Abschließend kann festgestellt werden, dass das grundlegende Anlagen-Layout erfolgreich festgelegt und unter realen Bedingungen geprüft ist. Es kann den kundenspezifischen Bedingungen jederzeit im Detail angepasst werden.

Publisher/Herausgeber
Bauverlag BV GmbH

Avenwedder Straße 55 | Postfach 120/PO Box 120
33311 Gütersloh | Deutschland/Germany
www.bauverlag.de

Editor-in-Chief/Chefredakteurin

Dr. Petra Strunk Telefon +49 5241 80-89366
E-Mail: petra.strunk@bauverlag.de
(Responsible for the content/Verantwortlich für den Inhalt)

Editorial board/Redaktion

Ulrike Mehl Telefon +49 5241 80-89367
E-Mail: ulrike.mehl@bauverlag.de

Editors Office/Redaktionsbüro

Simone Helmig Telefon +49 5241 80-41582
E-Mail: simone.helmig@bauverlag.de

Designer/Grafiker

Kerstin Berken Telefon +49 5241 80-42792
E-Mail: kerstin.berken@bauverlag.de

Advertisement/Senior Sales Manager

Petra Schwedersky Telefon +49 5241 80-89451
E-Mail: petra.schwedersky@bauverlag.de

Head of Digital Sales

Axel Gase-Jochens Telefon +49 5241 80-7938
E-Mail: axel.gase-jochens@bauverlag.de

Representatives/Auslandsvertretungen

Italy/Italien

Ediconsult Internazionale S.r.l., Genova
Telefon +39 010 583684
E-Mail: costruzioni@ediconsult.com

**France, Belgium, Luxembourg/
Frankreich, Belgien, Luxemburg**

Marc Jouanny International Media Press & Marketing, Paris
Telefon +33 1 43553397
E-Mail: marc-jouanny@wanadoo.fr

USA, Canada/USA, Kanada

D.A. Fox Advertising Sales, New York
Telefon + 1 212 8963881
E-Mail: detleffox@comcast.net

Advertisement Price List No. 8 dated Oct. 1, 2017

is currently valid

Anzeigenpreisliste Nr. 8 vom 01.10.2017
ist aktuell gültig

Managing Director/Geschäftsführer

Karl-Heinz Müller Telefon +49 5241 80-2476

Publishing Director/Verlagsleiter

Markus Gorisch Telefon +49 5241 80-2513

Marketing and Sales

Michael Osterkamp

Subscription Department/Leserservice + Abonnements

Heike Ireson
Telefon: +49 52 41 80 90884
Telefax: +49 52 41 80 690880
E-Mail: leserservice@bauverlag.de

**Subscription rates and period/
Bezugspreise und -zeit**

recovery Recycling Technology Worldwide is published with
6 issues per year.

Annual subscription (including postage):

recovery Recycling Technology Worldwide erscheint mit 6
Ausgaben pro Jahr.

Jahresabonnement (inklusive Versandkosten):

Germany/Inland: € 115,00

Students/Studenten: € 68,00

Other countries/Ausland: € 154,00

(with surcharge for delivery by air mail/
die Lieferung per Luftpost erfolgt mit Zuschlag)

Single issue/Einzelheft: € 20,00

(incl. postage/inkl. Versandkosten)

A subscription is valid initially for 12 months and after that it
can be cancelled by giving notice in writing no later than four
weeks before the end of a quarter.

Ein Abonnement gilt zunächst für 12 Monate und ist da-
nach mit einer Frist von 4 Wochen zum Ende eines Quartals
schriftlich kündbar.

Publications

Under the provisions of the law the publishers acquire the
sole publication and processing rights to articles and illustra-
tions accepted for printing. Revisions and abridgements are
at the discretion of the publishers. The publishers and the edi-
tors accept no responsibility for unsolicited manuscripts. The
author assumes the responsibility for the content of articles
identified with the author's name. Honoraria for publications
shall only be paid to the holder of the rights. The journal and all
articles and illustrations contained in it are subject to copyright.
With the exception of the cases permitted by law, exploitation
or duplication without the consent of the publishers is liable to
punishment. This also applies for recording and transmission in
the form of data. General terms and conditions can be found
at www.bauverlag.de

Veröffentlichungen

Zum Abdruck angenommene Beiträge und Abbildungen
gehen im Rahmen der gesetzlichen Bestimmungen in das
alleinige Veröffentlichungs- und Bearbeitungsrecht des Ver-
lages über. Überarbeitungen und Kürzungen liegen im Er-
messens des Verlages. Für unaufgefordert eingereichte Beiträ-
ge übernehmen Verlag und Redaktion keine Gewähr. Die
inhaltsliche Verantwortung mit Namen gekennzeichnete
Beiträge übernimmt der Verfasser. Honorare für Veröffentli-
chungen werden nur an den Inhaber der Rechte gezahlt.
Die Zeitschrift und alle in ihr enthaltenen Beiträge und Ab-
bildungen sind urheberrechtlich geschützt. Mit Ausnahme
der gesetzlich zugelassenen Fälle ist eine Verwertung oder
Vervielfältigung ohne Zustimmung des Verlages strafbar. Das
gilt auch für das Erfassen und Übertragen in Form von Daten.
Die Allgemeinen Geschäftsbedingungen des Bauverlages fin-
den Sie vollständig unter www.bauverlag.de

Printers/Druck

Peter Pomp GmbH, Gabelsbergerstraße 4, 46238 Bottrop,
Deutschland/Germany

Take out what's inside!

Reports on recycling of WEEE, scrap metals, glass, paper, wood,
plastics, household and industrial waste.
recovery – Recycling Technology Worldwide

ORDER NOW!

Order the next 2 issues and save over 37%.
YOUR SPECIAL PRICE € 25

Instead of € 40 if purchased individually [incl. VAT
and postage, extra charge for air mail delivery]

All subscribers of recovery –
Recycling Technology Worldwide benefit from

latest market and competition news and new product developments · Focus on profound
and technical oriented contributions · Interviews and reports on realized projects · Case
studies · Bilingual: English/German issue

ORDER YOUR TRIAL SUBSCRIPTION NOW!

www.recovery-worldwide.com/order · +49 5241 8090884



Green & Circular Economy

**6-9
November
2018**

Rimini Italy

ecomondo.com



22nd International trade fair
for material & energy
recovery and sustainable
development

ECOMONDO

THE GREEN TECHNOLOGIES EXPO

CONTEMPORARY WITH

KEY ENERGY

ORGANIZED BY

ITALIAN EXHIBITION GROUP
Providing the future

IN COLLABORATION WITH

ITA
ITALIAN TRADE AGENCY
ICE - Italian Trade Commission
Trade Promotion Office of the Italian Embassy

For info and requests for free VIP CARDS please contact: Trade Q Trade Fairs and Events - Elizabeth Niehaus
Hoffeldstrasse 73 40235 Düsseldorf - Tel. 0049 211 5667756 - Fax. 0049 211 6980750 - e.niehaus@trade-q.com - www.trade-q.com