

Vom Wegmachen des Gemachten Die Beseitigung der Abfälle ist eine Herausforderung für die Gesellschaft

Die wunderbare Verwandlung Durch Transmutation sollen radioaktive Abfälle unschädlich gemacht werden

Mit 75 PS in die Moderne Am Katzenbach wurde 1891 das erste Münchner Elektrizitätswerk gebaut

KULTUR & TECHNIK

Was übrig bleibt

Wohin mit den Resten der Zivilisation?



Mitglieder sehen mehr

Exklusive Führungen – kostenlos für Sie

Als Mitglied des Deutschen Museums haben Sie viele Vorteile:

So können Sie zum Beispiel im Rahmen unserer Führungsreihe einmal im Monat einen exklusiven, nicht-alltäglichen Blick auf unsere Ausstellungen werfen.

Neu in München: Wegen der großen Nachfrage gibt es jetzt zwei Führungen pro Termin. Jeweils um 11 und um 15 Uhr!

In Bonn weiterhin eine Führung: jeweils um 11 Uhr.

München/Verkehrszentrum

Dienstag, 15. Januar **Das erste Massentransportmittel.**
Mit der Eisenbahn in eine neue Zeit
Treffpunkt für die Führung an der Kasse im Eingangsbereich des Verkehrszentrums

München/Museumsinsel

Dienstag, 19. Februar **Der Deutsche Zukunftspreis**
– Erfindungen, die den Alltag erleichtern

Dienstag, 19. März **Mit Strom läuft (fast) alles**
– was wir tun können für ein schöneres Leben
Treffpunkt für die Führungen jeweils in der Eingangshalle des Deutschen Museums (Museumsinsel)

Bonn

Dienstag, 15. Januar **Führung durch die Sonderausstellung ›All.täglich‹**

Dienstag, 19. Februar **Treibhauseffekt...Ozonloch...Kyoto**
– Ökologietechnik

Dienstag, 19. März **Forscherleben im Zenith**
– Nobelpreisträger nach 1945
Treffpunkt für die Führungen jeweils an der Kasse im Eingangsbereich Deutsches Museum Bonn

Bitte melden Sie sich spätestens 14 Tage im Voraus unter Angabe der Mitgliedsnummer an.

Führungen Museumsinsel, Verkehrszentrum und Flugwerft:
besucherservice@deutsches-museum.de
(oder telefonisch: 089 2179-333 Mo-Fr von 9-15 Uhr)

Führungen Deutsches Museum Bonn:
info@deutsches-museum-bonn.de
(oder telefonisch: 0228/302-256 von Di-Fr von 14-17 Uhr)

Unsere Führungen sind sehr beliebt. Wir empfehlen Ihnen sich möglichst frühzeitig anzumelden.

Bitte beachten Sie auch die geänderte Anfangszeit der Führungen in München.

Bitte den Mitgliedsausweis mitbringen.

Deutsches Museum 



**Liebe Leserin,
lieber Leser,**

nur noch zwei Jahre müssen Sie sich gedulden, dann können Sie sie endlich wieder besuchen: Die alte Tante Ju, die Kraftmaschinen, Dioramen und Vitrinen – alle unsere schmerzlich vermissten Lieblingsobjekte werden 2020 im Ambiente neuer Ausstellungsräume und -konzepte glänzen. Und bereits im Frühjahr 2019 werden wir mit dem Einzug der neuen Ausstellungen beginnen.

Bis dahin war es ein langer und vielfach staubiger Weg: Tonnenweise Bauschutt, alte Leitungen, Bewehrungen, Mauerwerk mussten in den vergangenen Jahren abtransportiert werden. Und wie es auf heutigen Baustellen üblich ist, wurden diese Reste nicht etwa unsortiert deponiert: Baustellenabfälle sind teilweise wertvolle Sekundärrohstoffe und werden sorgfältig sortiert und behandelt. Steine, Beton, Stahl oder Kupferkabel – etliches von dem, was übrig bleibt, kann für neue Bauwerke oder andere Zwecke wiederverwendet werden. Von einem sich an der Natur orientierendem Kreislauf sind wir allerdings – so viel Ehrlichkeit muss sein – auch in der Baubranche noch meilenweit entfernt. Aber immerhin, es gibt ein Problembewusstsein und schon viele gute Entwicklungen.

Apropos Problembewusstsein: In Sachen »Müll« scheint mir derzeit regelrecht ein Ruck durch unsere Gesellschaft zu gehen. Insbesondere die furchtbaren Bilder von den Folgen gedankenlosen Plastikverbrauchs haben viele Menschen wachgerüttelt. Plastik grundsätzlich zu verteufeln ist meines Erachtens allerdings keine gute Idee. Hochwertige Kunststoffe sind aus vielen Produkten gar nicht wegzudenken und sie erleichtern unser Leben enorm. Und es sind ja nicht nur die Kunststoffe, die uns Probleme bereiten. Denken Sie nur an die riesigen Mengen elektronischer Geräte, die kaum gekauft, schon wieder veraltet und entsorgt werden. Noch viel zu wenige dieser Rohstoffdepots werden fachkundig wiederaufbereitet. Oder wohin mit all den Dieselaautos, die in Deutschland bald nicht mehr fahren dürfen?

Zunächst werden sie ins Ausland verkauft – dorthin, wo man es mit dem Umweltschutz noch nicht so ernst nimmt – aber irgendwann landen auch sie auf dem Schrottplatz. Manchen unliebsamen Müll schaffen wir uns vom Hals, indem wir ihn exportierten. Dorthin, wo die ärmsten der Armen noch verwertbare Reste herausuchen. Doch allzu lang dürfte das nicht mehr funktionieren. China beispielsweise wird uns künftig keinen Plastikmüll mehr abnehmen.

Es bleibt uns also gar nichts anderes übrig, als über Konzepte nachzudenken, die sowohl regional wie auch global funktionieren. Ob es uns tatsächlich in den kommenden Jahrzehnten gelingt, uns den Kreislauf der Natur zum Vorbild zu nehmen und schon bei der Produktion das Recycling mitzudenken – wer weiß. Möglicherweise entwickeln wir aber auch Ideen, mit deren Hilfe alles, was nicht mehr zu recyceln ist, in kleinste Bausteine zerlegt werden könnte, die am Ende wieder in die Natur eingebracht werden. Es gibt beispielhafte Ansätze gerade in der eingangs erwähnten Baubranche: Facility-Management für Gebäude berücksichtigt teilweise heute schon bei der Konzeption den kompletten Rückbau nach der vorgesehenen Nutzungsdauer.

Optimistisch stimmt mich, dass heute so intensiv wie nie zuvor über die Endlichkeit unseres Planeten diskutiert wird. Politik, Wissenschaft, Verbraucherinnen und Verbraucher sind sensibilisiert. Und das ist der erste wichtige Schritt zur Veränderung.

Ihr Wolfgang M. Heckl
Generaldirektor



6

In London kamen ab 1930 neue Müllfahrzeuge zum Einsatz.

14

Im römischen Stadtteil Testaccio begegnet einem Abfall aus der Antike auch an ungewöhnlichen Orten.



18

Achtlos entsorgte »Geister-netze« sind eine von vielen Bedrohungen für die Flora und Fauna der Meere.

26

In Castorbehältern werden abgebrannte Brennstäbe aus Atomkraftwerken zwischengelagert.



32

Keinen Müll zu produzieren ist in unserem Alltag nahezu unmöglich.

36

Industrie- wie Haushaltsmüll birgt zahlreiche wiederverwertbare Komponenten. Noch sind die Verfahren, diese zu gewinnen, sehr aufwendig.



48

Mit dem Katzenbachwerk begann die Elektrifizierung Münchens.

54

Multimedial wurden Kinder und Jugendliche im »Dritten Reich« auf den Luftkrieg vorbereitet.



WAS ÜBRIG BLEIBT

- 6 Vom Wegmachen des Gemachten**
Entsorgung im 20. und 21. Jahrhundert | **Von Heike Weber**
 - 14 Testaccio**
Spaziergang um einen antiken Scherbenhaufen | **Von Hannah Schnorbusch**
 - 18 Schwester Meer**
Die Meere müssen eine ganze Menge schlucken | **Von Jörn Bohlmann**
 - 26 Vision »Transmutation«**
Atommüll soll nicht mehr strahlen | **Von Frank Dittmann**
 - 32 Unser alltäglicher Müll**
Ein ganz normaler Tag im Leben der Autorin | **Von Melanie Jahreis**
 - 36 Von der Kunst, Berge zu bewegen**
Wege aus der Abfallmisere | **Von Christian Rauch**
-

MAGAZIN

- 48 Mit 75 PS in die Moderne**
Das erste Elektrizitätswerk Münchens | **Von Alexander Rotter**
 - 54 Kriegsvorbereitung im Klassenzimmer**
Die Propaganda im Unterricht des »Dritten Reichs« | **Von Elisabeth Vaupel**
 - 60 Freundes- und Förderkreis Deutsches Museum**
Warum es sich lohnt, dabei zu sein | **Von Monika Czernin**
-

STANDARD

- 3 Editorial**
- 44 MikroMakro**
Die Seiten für junge Leser
- 64 Schlusspunkt**
- 66 Vorschau, Impressum**

Vom Wegmachen des Gemachten

*Entsorgen als Herausforderung
des 20. und 21. Jahrhunderts.* Von Heike Weber





Müll ist längst zu einer globalen Herausforderung geworden. Elektronikschrott wird in arme Länder transportiert, wo Menschen unter unwürdigen, gesundheitsgefährdenden Bedingungen versuchen, die Sekundärrohstoffe zu sammeln.

Dinge, Gegenstände, technische Objekte und Infrastrukturen werden nicht nur produziert und konsumiert. Das Gemachte geht irgendwann kaputt, ist abgenutzt oder verbraucht, wird als nutzlos deklariert oder bleibt irgendwie als Rest zurück. Und auch bereits beim Produzieren fallen Abfälle an, etwa als Industriemüll. Reste verschwinden nicht einfach so; das demonstrieren der Monte Testaccio in Rom, der aus angehäuften Scherben von Amphoren – einer typischen »Verpackung« der Zeit – in der Antike entstanden ist, ebenso wie die im heutigen Landschaftsbild allgegenwärtigen Deponien und Abräumhalden des 20. Jahrhunderts. Jede Gesellschaftsformation erzeugt beim Konsumieren und Produzieren Reste – archaische ebenso wie moderne, kapitalistische ebenso wie sozialistische. Jedoch unterscheiden sich Gesellschaften verschiedener Regionen und Zeiten darin, wie viele und welche Reste sie produzierten und wie sie damit umgingen. Im Folgenden werden Reste, das Abgenutzte und Verbrauchte und Formen ihres Entsorgens im historischen Wandel seit ca. 1900 überblicksartig dargestellt. Denn der heutige Umgang mit Abfall ist wesentlich von der damaligen Ära der Hygienisierung und der späteren Herausbildung einer Massenkonsumentenkultur geprägt. Seit den 1970er Jahren sind zudem Umweltfragen wichtig geworden.

Eine seit dem 20. Jahrhundert zunehmende und zunehmend komplexe Restemenge

Abfälle fallen in allen Bereichen des gesellschaftlichen Lebens und Wirtschaftens an. Dabei kann es sich um Reste von Rohstoffen ebenso handeln wie um solche von Energieträgern (z.B. Kohleaschen, Atommüll) oder von künstlichen wie auch von natürlichen Stoffen (z.B. Nahrungsmittel-, landwirtschaftliche Abfälle). In Hinsicht auf die Stofflichkeit und den Anfallsort ist der Abfallbegriff jedoch unterbestimmt: Abfall wird nämlich nicht über seine materielle Zusammensetzung definiert, sondern darüber, dass er als unerwünschter Rest übrig geblieben ist, den man irgendwie loswerden und entsorgen will. Juristisch wurde so beispielsweise in den ersten nationalen Abfallgesetzen, die Anfang der 1970er Jahre entstanden, von den »beweglichen Dingen« gesprochen, deren sich der Besitzer »entledigen« will oder muss. Mit dem zunehmenden



New York um 1870: Arme durchsuchen Müllhaufen nach Knochen, Lumpen und Kohle.

Einfluss von umweltpolitischen Erwägungen wurden solche Definitionen seit den 1980er Jahren um Vorstellungen von einer »Kreislaufwirtschaft« ergänzt. So unterscheidet beispielsweise das »Kreislaufwirtschaftsgesetz« von 2012 zwischen Abfällen zur Verwertung und solchen zur Beseitigung.

Als Terminus für die Reste kamen »Abfall« und »Müll« im Deutschen erst Ende des 19. Jahrhunderts auf. Dies ist insofern signifikant, weil es damit erstmals einen Dachbegriff für sämtliche Sachen gab, die man loswerden wollte. Zuvor dominierten demgegenüber stoffspezifische Bezeichnungen, die einzelne Restemengen bezeichneten, etwa Exkrement, Schutt, Lumpen, Kehrlicht oder Krätze, womit Gewerbeabfälle gemeint waren. Ähnlich bezog sich das lateinische *sordes* auf körperlichen Schmutz, *stercus* auf Exkrement, Mist, verfaulende Abfälle oder Schlämme, *rudus* auf Anhäufungen von mineralischen Materialien, *rudera* und *terra* auf Bauschutt. Heutzutage wird zumindest üblicherweise noch in Siedlungs- und Industrieabfälle unterschieden, um Reste der Produktion von solchen der Konsumtion – sie heißen mittlerweile im Englischen *post-consumer waste* – auseinanderzuhalten. Industrieabfälle wurden erst seit den 1960er Jahren als eigenständige Kategorie erfasst und genauen Regelungen und damit auch der öffentlichen Kontrolle unterworfen. Ungefähr zeitgleich wurde nun auch von landwirtschaftlichen Abfällen gesprochen, derweil diese zuvor mehr oder minder wiederverwertet worden waren. Außerdem wurde nun Sondermüll als Abfall mit potenziell toxischer Gefahr gesondert erfasst. Industrie- wie Sondermüll haben allerdings eine längere Geschichte und sie wurden zuvor entweder innerhalb der Produktion wieder eingesetzt oder irgendwie entsorgt; aber sie gingen kaum in Wirtschaftsstatistiken ein, die Abfälle ohnehin erst spät berücksichtigten. Die Kategorie des Abfalls ist mithin wesentlich stoffunspezifisch: Sie

geht über die gegebene chemische Zusammensetzung der Reste ebenso hinweg wie über ihre konkrete physikalische Erscheinung; lediglich wird z. B. von festen oder flüssigen Abfällen oder Abfallschlämmen geredet, derweil sich der engere Begriff des »Mülls« nur auf feste Reste bezieht.

Die anfallenden Reste haben in den letzten Jahrhunderten zugenommen, und zwar mit der Industrialisierung und dann vor allem innerhalb der genannten »great acceleration«, womit Umwelthistoriker den explosiven Anstieg von Extraktions- wie Emissionsmengen durch Massenproduktion und Massenkonsum im späten 20. Jahrhundert beschreiben. Zudem sind sie in stofflicher Hinsicht komplexer geworden, wie es das Beispiel von Verpackungen zeigen mag, die noch dazu durch den Massenkonsum massiv zunahm. Papier, Holz, Blech oder Leinensäcke, die dem Transport und Verteilen von Waren in der ersten Hälfte des 20. Jahrhunderts dienten, stellen andere und technisch weniger herausfordernde Anforderungen an das Entsorgen als ein Tetrapack oder Plastikverpackungen. Dazu kommt die Toxizität bestimmter Abfälle im Zuge der zunehmenden Chemisierung des Alltags. Schwermetalle, die etwa von weggeworfenen Kronkorken, Farbresten oder Batterien stammten, wurden bereits um 1970 zu einem Problem für das Kompostieren von Hausmüll. Weitere neue Abfallsorten waren elektrische Geräte oder Leuchtstoffröhren, Medikamente und Kosmetika sowie Haushaltsreiniger. Zusammen mit dem Anstieg der Müllmengen und ihrer stofflichen Komplexität wuchsen auch die sozialen und ökologischen Folgeprobleme des Beseitigens und sie erreichten angesichts der Verbreitung von Massenkonsumgesellschaften sowie des räumlich immer weiter ausgreifenden Müllhandels eine globale Dimension.

Abfälle waren erst nach der Industrialisierung und Urbanisierung in der einwohnermäßig stark gewachsenen Stadt um 1900 zu einem Problem geworden. Ihr steigendes Aufkommen überforderte die bisherigen Entsorgungs- und Wiederverwendungsweisen. Landwirte fuhren Müll als Dung ab, der Altstoffhandel absorbierte Wiederverwertbares. Anderes rottete in Gruben oder auf Haufen vor sich hin. Größere Städte kümmerten sich nun um die Einrichtung von regelmäßigen Müllabfuhr, mit denen nach und nach das heute allgegenwärtige System der nor-

Zum Weiterlesen

S. Krebs, G. Schabacher, H. Weber (Hrsg.), *Kulturen des Reparierens. Dinge – Wissen – Praktiken*, Karlsruhe 2018.

mierten Abfuhrtonnen eingeführt wurde. Bei den städtischen Abfällen – das Land kannte in dem Sinne noch keine Abfälle – handelte es sich wesentlich um Reste aus Markthallen, Straßenkehricht, Gewerbeabfälle und Hausmüll. Letzterer wiederum konstituierte sich aus drei Fraktionen: Küchenreste, Aschen vom Heizen und Kochen sowie diverse andere Reste, etwa Altpapier, Lumpen und diverses Gerümpel. Diese »Sperrstoffe« wurden noch weitgehend vom Lumpen- und Altstoffhandel wiederverwertet. Der Lumpenhändler kaufte Lumpen, Altpapier, Knochen oder Schrott von den Haushalten auf. Außerdem durchsuchten von der Hand in den Mund lebende Lumpensammler den Stadtmüll nach Brauchbarem. Hauptzuständige für das Abfallwesen bzw. den Bereich der Müllabfuhr waren also zunächst die Städte, Stadthygieniker und Stadttechniker – und an der Basis Lumpensammler und Hausfrauen.

Schauen wir im Vergleich dazu in das späte 20. Jahrhundert, so hatte sich die Situation stark verändert. Auch ländliche Haushalte waren inzwischen zu »Produzenten« von Müll geworden. Das Wirtschaftswachstum der Nachkriegsdekaden ging zudem nicht nur mit steigenden Müllmengen einher, sondern auch mit der Formierung weiterer Abfallfraktionen und neuer stofflicher Komponenten im Abfall. Plastikmüll wurde in den 1960er Jahren aufgrund seines hohen Brennwertes zum Problem für die bestehenden Müllverbrennungsanlagen. Außerdem wurde nun der sogenannte Sperrmüll über separate Abfahren entsorgt. Bereits in den 1970er Jahren machte sich darin auch der Elektronikschrott bemerkbar, der heutige Abfallmaßnahmen bestimmt. Das Müllproblem galt nun nicht mehr als städtisches Hygieneproblem, sondern war zu einer globalen ökologischen Herausforderung geworden. Wo das Wissen um Müll und seine Entsorgung um 1900 noch in den Bereich von Hygienelehre und Stadttechnik fiel, entstand seit den 1960er Jahren eine dezidierte Abfallwissenschaft. An die Stelle von lokalen städtischen Fuhrparks und dem Altstoffhandel rückten große und teils global aktive Abfallunternehmen im wachsenden Müllgeschäft.

Verlässliche Angaben über das Müllaufkommen sind für die Vergangenheit mangels systematischer Erfassungen kaum zu machen. So erhob die BRD erst ab den Jahren um 1970 eine systematische Abfallstatistik und führte in den



Berlin 1910: Lumpensammler kaufen verwertbare Reste wie Lumpen, Altpapier oder Schrott von den Haushalten auf.

späten 1970er Jahren für den Hausmüll erstmals eine bundesweite Hausmüllanalyse durch. Es gibt für die Zeit zuvor mithin nur Schätzwerte. Für Anfang des 20. Jahrhunderts kamen Untersuchungen in einigen wenigen deutschen Großstädten zu dem Ergebnis, dass deren Einwohner rund 0,5 Kilogramm Müll pro Kopf und Tag produzierten – das meiste davon waren die schweren Brennaschen. Die Werte zu Beginn der 1960er Jahre dürften dann bei um die 0,6 bis 0,7 Kilogramm pro Tag gelegen haben, wobei angenommen wurde, dass eine Millionenstadt mehr als doppelt so viel Hausmüll pro Kopf produzierte wie eine kleine Kommune; Aschen waren damals aufgrund der aufkommenden Zentralheizungen bereits selten geworden. 2016 »produzierte« der Bundesbürger pro Kopf und Jahr 565 Kilogramm Abfall, inzwischen sind es sogar über 600, wobei rund 220 Kilogramm auf Verpackungen entfallen. Damit liegen die Deutschen an der Spitze Europas im Aufkommen von Verpackungsabfall, den sie aber immerhin zu rund Zweidritteln recyceln. Allerdings stellt dieser Siedlungsabfall nicht die größte Abfallfraktion dar. Quantitativ schlägt der Industriemüll deutlich höher zu Buche, der wiederum von den Mengen an Bauschutt oder Bergematerial übertroffen wird. Restemengen wiederum, die bei der Produktion von Waren im Ausland entstehen, schlagen sich in den dortigen Abfallstatistiken und nicht in jenen des Landes ihres Konsums nieder.

War Müll um 1900 noch weitgehend entweder als wiederverwertbar oder wegen der Gesundheits- und Hygienegefahr als zu beseitigend einzuordnen, herrscht seit dem späten 20. Jahrhundert eine Trias von zu recycelndem »Wertstoff«, zu beseitigendem »Restmüll« und toxischem Risiko vor. Die Grenzen zwischen diesen Kategorien sind damals wie heute verschwommen und hängen auch von politischen, gesellschaftlichen, ökonomischen und kulturellen Aushandlungen ab. Dies zeigt etwa das Beispiel des



London um 1930: Das zunehmende städtische Müllaufkommen wird nun in Mülltonnen gesammelt und von der städtischen Müllabfuhr regelmäßig abtransportiert.

Elektronikschrotts. Modische und technische Obsoleszenz führen dazu, dass Geräte in reichen Ökonomien frühzeitig ausrangiert werden. Trotz inzwischen internationaler Regulierungen im Abfallwesen und trotz seiner potenziellen Toxizität landet Elektronikschrott in Regionen fernab der Erstnutzung und wird dort unter problematischen Bedingungen auf Wiederverwertbares durchsucht und irgendwie entsorgt, liegen gelassen oder vergraben. Wie das Konsumieren nicht in materiellen Bedürfnissen aufgeht, sondern kulturell bestimmt ist, so ist auch das Entsorgen der Reste nicht nur eine Frage von materieller Abnutzung, von Verbrauch und von Abfuhr- und Entsorgungstechnik. Vielmehr sind Müll und seine Entsorgung von Produktions- wie Konsumtionsweisen mitbestimmt und betreffen Hygiene- ebenso wie Umweltfragen; nicht zuletzt bestimmen auch Mentalitäten und Werte wie Sparsamkeit und Verschwendung, was weggeworfen und was gehortet wird.

Der Wandel der Reste ist auch ein Indikator für die sich wandelnde Stoffbasis einer Gesellschaft. Angesichts des weiten Spektrums an existierenden Resten ist der Müllbegriff allerdings simplifizierend und der heutige Müll unterscheidet sich stark von dem Müll vor hundert Jahren. Allerdings haben sich die Entsorgungsmethoden demgegenüber nur wenig geändert und kaum mit dieser Stoffvielfalt Schritt gehalten. Angesichts der stark gestiegenen

Müllmassen ist gegen Ende des 20. Jahrhunderts zudem ein weiteres Problem hinzugekommen: Es mangelt mehr und mehr an »Senken«, also an Kapazitäten, wo all das Gemachte schlussendlich entsorgt werden könnte, weshalb Recycling und Müllvermeidung zu neuen Paradigmen des Umgangs mit Abfall geworden sind.

Die reversible Logistik des Entsorgens und der Abfallwirtschaft

Jedes Gebrauchen endet irgendwann im Verbrauchen, aber das Verbrauchte ist nicht einfach weg. Als semantisches Pendant zum »Versorgen« suggeriert das im 20. Jahrhundert aufgekommene »Entsorgen«, dass der Müll mit-samt unserer Sorgen darum problemlos zu eliminieren sei. Im Alltag scheint dies der Fall zu sein. Wir entledigen uns der unerwünschten Reste über diverse Infrastrukturen, die inzwischen weit über den häuslichen Mülleimer hinausreichen. Autos etwa auf Schrottplätzen, Altglas oder Altkleider in entsprechenden Containern, Flaschen oder Batterien an entsprechenden Rückgabeautomaten oder Sammelpunkten des Supermarkts.

Müllentsorgung ist zunächst mit dem Anhäufen der Reste und ihrem Transport verbunden. In umgekehrter Logistik zur Distribution von Ressourcen und Waren müssen Abfälle gesammelt und dann in die Entsorgungs- und Wiederverwertungskanäle zurückgeführt werden. Das

Am Bullderdeich bei Hamburg entstand 1896 die erste Müllverbrennungsanlage in Deutschland.



eigentliche »Beseitigen« beschränkt sich epochenübergreifend auf vier Methoden des Ablagerns bzw. der Stofftransformation: das Versenken in Wasser und Meer, das Ablagern auf dem Land, das Verbrennen und außerdem diverse Praxen des Weiterverwertens und Umnutzens oder Recyclings; letztere sind stets mit einer enormen Trenn- und Aufbereitungsarbeit sowie mit Material- und Qualitätsverlusten verbunden.

Am einfachsten ist das Weiterverwerten von Resten dort, wo diese sortenrein und in großen Mengen anfallen – also in der Industrie, bei Schlachthöfen, bei Kokereien etc. Recycling war daher dort stets üblich, und es entstanden im Zweig der Abfallverwertung sogar gänzlich neue Wirtschaftszweige, so etwa die Teerchemie des 19. Jahrhunderts oder später das Thomasmehl, das Schlacken der Stahlerzeugung verwertete. Ganze Produktionszweige basierten zudem auf Abfällen aus Industrie, Gewerbe oder Haushalten. So dienten vor dem Einsatz des Holzschliffs im späten 19. Jahrhundert Lumpen als Ausgangsstoff der Papierindustrie. Bestimmte chemische Halbfabrikate wie Glycerin, Stearin oder Knochenasche wurden aus Knochen und anderen tierischen Abfällen gewonnen. Diese Knochenindustrie war in Deutschland noch in den 1930er Jahren anzutreffen.

Für die Entsorgung des Hausmülls entstanden im 20. Jahrhundert große technische Anlagen. Britische Städte richteten beispielsweise im späten 19. Jahrhundert Müllverbrennungsanlagen ein. Nur wenige deutsche Städte übernahmen die Müllverbrennung nach der Jahrhundertwende, die in der BRD erst ab den späten 1960er Jahren verstärkt zum Einsatz kam. In Deutschland wie andernorts war letztlich das Deponieren die übliche Methode der Müllentsorgung – und ist es vielerorts bis heute. In der EU hingegen wurde 2005 jegliches Deponieren von unbehandeltem Müll mit mehr als fünf Prozent Organikanteil verboten.

Zu Beginn des 20. Jahrhunderts war das Müllentsorgen noch vergleichsweise stoffspezifisch ausgerichtet: Wiederverwertbares gelangte in den Altstoffhandel. Papiere wurden verbrannt, Aschen oder Organisches wurde im eigenen Garten entsorgt, Küchenreste an Schweine oder Kaninchen verfüttert. Müllhalden lieferten die sogenann-



»Trümmerfrauen beseitigten die Reste des Zweiten Weltkriegs. In vielen Städten wurde der Schutt zu Bergen aufgetürmt, die man später begründete.

te Müllerde, also zu Kompost verwerten Müll. Dass der Müll in britischen Städten oft verbrannt wurde, lag auch an seinen stofflichen Spezifika: Steinkohle dominierte das Heizen und Feuern, wovon brennbare Reste in den Aschen verblieben. Mülldüngung und Müllkompostierung waren demgegenüber in südlichen Regionen wie z.B. in Südfrankreich üblich, wo der Müll aufgrund anderer Nahrungsgewohnheiten – hier gab es mehr Gemüse und Obst – und geringerer Aschereste wegen des geringeren Heizbedarfs feuchter war und mehr organische Bestandteile aufwies. Einzelne wenige Städte wiederum investierten um 1910 viel Geld in ihre Müllabfuhr und operierten mit getrennten Müllsammlungen. So ließ Potsdam die Küchenreste getrennt einsammeln, die dann an Schweine verfüttert wurden. München hatte eine zentrale Müllsortieranlage eingerichtet, in welcher alles Wiederverwertbare aussortiert und weiterverkauft bzw. genutzt wurde; Charlottenburg betrieb eine sogenannte Dreiteilung: Jeder Haushalt hatte drei Eimer, in die Asche, Küchenreste und Sperrstoffe zwecks Weiterverwertung getrennt wegzuwerfen waren.

Im Laufe der Zeit jedoch wurde vor allem deponiert, teils auch verbrannt und kaum mehr wiederverwertet. Die Hauptherausforderung wurde im schnellen Wegschaffen des Mülls aus der städtischen Agglomeration gesehen. Der Abfallexpertise ging es um eine mit vertretbaren Kosten zu sichernde Stadthygiene, was mit dem Abfahren der Abfälle in die Peripherie gleichgesetzt wurde. Dort wurden dann mit dem Müll alte Kiesgruben aufgefüllt, Feuchtgebiete trocken gelegt oder einfach Halden aufgefahren. Noch dazu versuchten die meisten Städte, eine Müllabfuhr mit möglichst geringen Kosten auszurichten. Manches Mal wurde sie auch gänzlich aus den von den Haushalten erhobenen Abfuhrgebühren finanziert.

»Müllabfuhr« bzw. die »Städtischen Fuhrparks« waren also das, was ihre Benennung signalisierte: wesentlich mit der Abfuhrlogistik beschäftigte Unternehmen. Die

Technisierung der Müllabfuhr konzentrierte sich zunächst auf Fragen des Einsammelns und Abfahrens, was auch den überwiegenden Teil der Kosten ausmachte. Die Wagenflotte wurde motorisiert, Einheitsbehälter wurden angeschafft, Knotenpunkte für das Umladen eingerichtet. Zugleich gab es in einzelnen Städten immer auch Sonderwege: Wo Weinbau betrieben wurde, gelangte der Müll beispielsweise noch bis in die 1960er Jahre hinein in die Weinberge, was in Frankreich noch wesentlich verbreiteter war.

Auch die Deponie galt zunächst als eine Art großer »Komposthaufen«. Man hoffte, der – ja noch weitgehend organische Müll – zersetze sich in einem natürlichen Verwesungsprozess hin zu »Müllerde«. Erst um 1970 wurden solche Vorstellungen korrigiert und die vielfältigen, gar toxischen Zusammensetzungen des Mülls zur Kenntnis genommen. Das nun rückblickend als »wild« bezeichnete Deponieren wurde durch das »geordnete Deponieren« auf großen Zentraldeponien ersetzt, die stärker technisiert und kontrolliert wurden, etwa indem Folien zur Abdichtung der Sohle und Drainagen für das Sickerwasser angebracht wurden.

Recycling wurde durch die Umweltpolitik seit den späten 1970er Jahren gefördert und erhielt auch deswegen Auftrieb, weil sich dichter bewohnte Regionen bereits mit einem Mangel an Deponie-Kapazitäten konfrontiert sahen. Da Papier in den Mülleimern inzwischen den höchsten Stoffanteil hatte, geriet es früh in den Blick der neuen Recyclingpolitik. Es war dann aber vor allem das Recycling von Flaschenglas, das sich in der BRD zum Erfolgsmodell entwickelte. Die Glasindustrie errichtete um 1980 ein dichtes Netz an Glascontainern und hatte sich zu einem vermehrten Einsatz von Altglas verpflichtet, nachdem die Politik damit gedroht hatte, die Produktion von Einwegglasflaschen zu verbieten. Der Erfolg ist mithin zwiespältig. Seitdem ging das Mehrwegflaschen-Pfandsystem, das noch um 1960 selbstverständlich war, parallel zu einem ansteigenden häuslichen Getränkekonsum zugunsten der Einwegflasche zurück. Einwegflaschen kamen in Westeuropa im Laufe der 1960er Jahre auf und das Prinzip war in den umweltbewegten frühen 1970er Jahren, als ältere Bürger zudem noch mit früheren Wiederverwendungsprak-

tiken im Haushalt oder auch den Nöten der Kriegs- und Krisenzeiten vertraut waren, durchaus umstritten.

Im Übrigen betrieb auch die DDR Recycling, und zwar unter dem Dachbegriff der Sekundärrohstoffe und angetrieben vom Mangel an Rohstoffen. Recycling war also hier in das DDR-spezifische Wirtschaftssystem eingebettet, und Einwegprodukte waren weniger gängig oder fehlten gänzlich wie z.B. die Einwegflasche. 1981 wurden zudem »SERO« (Sekundärrohstoffeffassung) eingeführt: ein Sammelsystem, bei dem die DDR-Bürger Altpapier oder Plastikverpackungen und anderes abgaben.

Das jedem Recycling zugrunde liegende sortenreine Trennen blieb lange Zeit auffällig untertechnisiert. Erst im späten 20. Jahrhundert zog mit Lasern und hochmechanisierten Trennanlagen Hightech in diese Bereiche ein. Im globalen Blick wiederum laufen viele der heutigen Recyclingpraktiken immer noch in manueller und gesundheitsgefährdender Weise ab. Mülltrennen und Müllsortieren finden in wirtschaftlichen Grauzonen und in gesellschaftlichen Randzonen statt. Es handelt sich um ein teils informelles Gewerbe, in dem die Ärmsten der Armen als Lumpensammler und Müllarbeiter anheuern, um mit dem Sammeln, Trennen und Handeln mit Resten zumindest ein Auskommen zu finden. Das Sammeln von Plastikflaschen beispielsweise ist heute in deutschen ebenso wie in asiatischen Städten zu finden und bringt oftmals alte Menschen ohne ausreichendes Auskommen über die Runden.

Um 1900 war das Lumpen- und Altstoffsammeln auch in europäischen oder amerikanischen Städten gang und gäbe. Der »Rohproduktenhandel« verwertete wesentliche Bestandteile des anfallenden Haus- und Gewerbemülls und erreichte über seine hochgradige Differenzierung einen Sortiergrad, der das heutige Recycling leicht in den Schatten stellt. So wurde beispielsweise zwischen mehreren Hundert Sorten Lumpen und rund 70 Sorten Altpapier geschieden, bei Zelluloid waren es über zehn und selbst im Knochenhandel bis zu acht Sorten.

Der ökonomisch wichtigste Bereich war im »Stahlzeitalter« der Schrotthandel. Dem folgten Lumpen, die in der Frühen Neuzeit noch das wichtigste Sammel- und Handelsgut dargestellt hatten. An dritter Stelle standen die Knochen — teils »Kehrichtknochen« aus dem Hausmüll,



DIE AUTORIN

Prof. Dr. Heike Weber
Technik- und Umwelt-
historikerin, lehrt und forscht
seit 2017 am Institut für
Technikzukunft des KIT
(Karlsruher Institut für
Technologie). Sie hat
zahlreiche Publikationen zur
Geschichte von Resten und
Recycling verfasst.

aber vor allem höherwertige, frische Knochenabfälle von Schlachthöfen und Metzgereien waren gefragt. Auch anderes wurde eingesammelt, getrennt und wiederverwertet. Aus alten Konserven wurde Zinn zurückgewonnen und an die Kunstseiden-Produktion geleitet; Glühlampen wurden in Messingsockel, Glühfäden und Glühlampenscherben zerlegt. In ihrer Separier- und Rückführ-Arbeit verknüpften diese Reste-Ökonomien dabei teils unterschiedliche Industriebranchen miteinander. Das Zinn der Konservendose verband die Metallbranche mit der Textilindustrie und der Knochen die Schlachthöfe mit der Chemieindustrie.

Die Rede vom »Gold in der Mülltonne« war damals wie heute immer wieder anzutreffen. Wie die mittelalterlichen und frühneuzeitlichen Alchemisten an die Transmutation von Metallen glaubten und aus unedlen Metallen Gold zu produzieren suchten, so würde der Müll ungeahnte, rückgewinnbare Werte beinhalten. Im Ersten und im Zweiten Weltkrieg gerieten die Mülleimer daher auch in den Blick der kriegführenden Regierungen, und insbesondere das NS-Regime zielte darauf, Abfälle als Materialreserve für die Kriegswirtschaft zu nutzen. Gesprochen wurde damals sogar bereits von einem »Kreislauf der Rohstoffe« in der Wirtschaft. Dahinter stand allerdings keinerlei ökologische Überlegung. Die Reste sollten vielmehr für die kriegerischen und mörderischen Zwecke des Regimes mobilisiert werden.

Recycling – ein Kreislauf?

Der Recycling-Begriff stammt aus der Petrochemie der 1920er Jahre, wo er auf die Rückführung von Residuen in die Raffination verwies. Wie oben skizziert, ist das Prinzip der stofflichen Transformation zur Wiedergewinnung von Ressourcen aus Resten schon immer gängig gewesen und es erlebte zu verschiedenen Zeiten und aus verschiedenen Gründen heraus Konjunkturen wie Niedergänge. Gegen Ende des 20. Jahrhunderts wurde das Recycling von Altglas, Altpapier und organischen Abfällen als »ökologische« Entsorgung wieder aufgegriffen und dann auch auf das Recycling von Plastik und weiteren Stoffen ausgedehnt. Aber auch die Motivationen dieses neuerlichen Recyclings sind vielfältig und reichen vom Einsparen von Deponiekosten über die Maximierung von Ressourcen hin zu ökologischen Zielen.



Plastikabfälle sind eines der größten und derzeit meist diskutierten Umweltprobleme. Sie vermüllen nicht nur sichtbar die Strände sondern vergiften als Mikroplastik Flora und Fauna der Gewässer.

Recycling hat sich am Anfang des 21. Jahrhunderts nicht nur als zentrale Säule des Abfallmanagements durchgesetzt, sondern soll auch Basis einer kommenden Kreislauf-Ökonomie sein. Diese soll bereits beim Produzieren auf den Einsatz von Rezyklaten und auf die Rezyklierbarkeit des Produzierten achten. Allerdings zeigt die Geschichte des bisherigen Recyclings, dass jedes Wiedereingliedern von Abfällen in die Produktion immer auch mit Energie-, Materie- und Qualitätsverlusten einhergeht, welche die reversible Logistik der Abfallwirtschaft unweigerlich mit sich bringt: Müllströme müssen transportiert werden, Sorten müssen getrennt werden. Recyclate sind oftmals von minderwertigerer Qualität als die ursprünglichen Abfallstoffe; Stoffe gehen dabei verloren und neue Reste, mitunter auch toxische, fallen an. *Downcycling* wäre daher auch die treffendere Bezeichnung als *Recycling*.

Als weithin verwendete Bildmetapher hat sich derweil der Kreislauf durchgesetzt, der sich ewig perpetuierende und verlustfreie Stoffströme suggeriert. Auch dieses Bild ist nicht neu: Der Kreislauf wurde im 19. Jahrhundert zur Metapher, um darauf hinzuweisen, wie sich die Natur über ihre Nährstoff-»Kreisläufe« im Gleichgewicht hält. Die Grundform findet sich bereits in der Symbolik der Uroboros-Schlange, einem in vielen archaischen Kulturen verbreiteten Bildmotiv: Dieser »Schwanzbeißer« trägt, als Kreis dargestellt, den eigenen Schwanz in seinem Munde. Damit stand die kreisförmige Schlange für die kosmischen Kreisläufe, für deren Unendlichkeit und ewige Wiederkehr und die göttliche Eigenschaft der Natur, sich zugleich zu verbrauchen und zu erneuern.

Diese kreisförmige Schlange fand später Eingang in die Bildwelt der Alchimisten, wo sie die von ihnen angestrebte Transformation der Materie symbolisierte – aber ebenso wie die Alchemisten am Goldmachen scheiterten, so wird auch jedes Recycling nicht ohne Reste und Verluste auskommen und den Kreis nicht schließen können. ■■

Der Monte
Testaccio im
Süden Roms.



Testaccio.

Spaziergang um einen antiken Scherbenhaufen

Touristen verirren sich eher selten in das Viertel Testaccio im Süden Roms. Wer ahnt schon, dass sich hier eine der spannendsten archäologischen Stätten der Stadt befindet: eine antike Mülldeponie. Von Hannah Schnorbusch

Es ist Oktober, als ich Roms rissigen Asphalt an der Station Pyramide seit Jahren wieder einmal betrete. Die Sonne steht tief und taucht die Cestius-Pyramide in ein goldenes Licht, auf der Kreuzung vor der Porta San Paolo tobt der Verkehr.

Ich überquere den Piazzale Ostiense und schlendere, die eindrucksvolle Pyramide aus dem späten 1. Jh. v. Chr. hinter mir lassend, vorbei am Palazzo delle Poste, einem eleganten Postamt aus der Zeit des italienischen Rationalismus, die Via Marmorata entlang, deren Name an die antiken Marmor-Magazine erinnert, die sich hier befanden. An der Ecke vor dem Feinkostladen Volpetti steht eine englischsprachige Touristengruppe, die sich lautstark über den soeben verkosteten Prosciutto austauscht. Doch kaum bin ich nach links in das gleichmäßige Straßenraster des Rione Testaccio eingebogen, ist von Touristen weit und breit nichts mehr zu sehen. Ein älteres italienisches Ehepaar kreuzt meinen Weg, zwei Jugendliche mit Kapuzenpullover stromern vorbei, abblätternde Fassaden in Rot- und Gelbtönen, hier und da Graffiti, vor ein paar Fenstern hängt Wäsche zum Trocknen. Keine Restaurants mit bebilderten Speisekarten vor der Tür, keine Souvenirshops und keine Selfiestick-Battaglia.

Das Stadtviertel Testaccio liegt auf den südlichen Ausläufern des steil abfallenden Aventins, am östlichen Tibe-

rufer, im Westen und Süden vom Fluss begrenzt, im Osten vom Verlauf der Aurelianischen Stadtmauer.

Bis zur Regierungszeit Kaiser Claudius' (41–54 n. Chr.) lag das Viertel, obwohl es schon im 6. Jh. v. Chr. von der Servianischen Stadtmauer umschlossen war, offiziell außerhalb des Pomeriums, also außerhalb des eigentlichen Stadtbereiches. Durch seine besondere Lage am Tiber-Hafen entwickelte sich der Aventin in der Antike schnell zu einem Viertel der Händler und Geschäftsleute, einem Viertel mit hohem Ausländeranteil und einem Viertel der römischen Plebs. Hier befanden sich ab dem 2. Jh. v. Chr. die großen Hafen- und Speicherbauten der Stadt: die Horrea Galbae, in denen das staatlich kontrollierte Olivenöl gelagert wurde, das Emporium und die Porticus Aemilia.

Ich schlendere weiter, über die quadratische Piazza di Testaccio, in deren Mitte ein wuchtiger Brunnen mit einer Skulptur aus aufgetürmten steinernen Amphoren steht, bis zur Piazza Santa Maria Liberatrice, bleibe ein paar Minuten vor der neoromanischen Fassade stehen und beobachte, wie eine Taube sich über die Reste einer Chipstüte hermacht. In der Via Rubattino komme ich an den eingezäunten Resten einer Bogenreihe der Porticus Aemilia vorbei. Der riesige Gebäudekomplex, der einst Lagerräume, Werkstätten und Ladenzeilen beherbergte, entstand, wie



Scherbenschichten hinter Glas im Ristorante »Flavio al Velavevodetto«.

Livius überliefert, im Rahmen des im Jahr 193 v. Chr. begonnenen, groß angelegten Hafenausbaus und erstreckte sich auf einer Fläche von 487 Metern Länge und 60 Metern Breite bis hinunter an den Fluss.

An der Ecke Via Beniamino Franklin/Via Aldo Manunzio laden zwei junge Männer gerade zwei Rinderhälften aus einem Lieferwagen und schleppen sie in den 2012 eingeweihten Nuovo Mercato di Testaccio. Die Markthalle wirkt ausgestorben.

Antike Mülldeponie

Ein Stück weiter oben auf der Via de Beniamino Franklin entdeckte ich das imposante Portal des Ex Mattatoio. Der ehemalige Schlachthof aus dem späteren 19. Jahrhundert wurde 1975 stillgelegt und dient seit seiner Restaurierung 2010 als Zweigstelle des Museo d'Arte Contemporanea di Roma (MACRO). Ich gehe außen an einer langgestreckten Halle entlang, über einen etwas verwahrlosten Parkplatz auf dem passenderweise eine Reihe Mülltonnen ein trauriges Bild abgibt. Gegenüber erhebt sich der Namensgeber der Viertels, der Monte Testaccio, lateinisch Monte Testaceus oder auch »Monte dei cocci«, wie die Einheimischen sagen (lat. testae, ital. cocci = Scherben): eine antike Mülldeponie, auf der ausschließlich Amphoren entsorgt wurden. Etwa 53 Millionen zerbrochene Gefäße sollen sich hier unter der dicht mit Bäumen und Sträuchern bewachsenen Oberfläche befinden.

Ich folge der schmalen Straße, die um den dreißig Meter hohen Hügel herumführt, und komme an einer Reihe marode wirkender Gebäude vorbei, Diskotheken wohl, danach folgen ein paar Bars, ein Café, ein Restaurant. Von Amphoren weit und breit keine Spur. Als ich den Hügel fast umrundet habe, spreche ich eine erschöpft aussehende Kellnerin an, die auf dem Bürgersteig stehend eine Zigarette raucht und auf ihrem Handy herumtippt. Wo man denn die alten Scherben sehen könne, frage ich. Sie lächelt, drückt die Zigarette aus und gibt mir mit der Hand ein Zeichen, ihr zu folgen. Wir gehen an weiß eingedeckten Tischen vorbei, der Kellner an der Kaffemaschine lächelt mir zu. Und dann entdecke ich sie, an der Rückwand des großen Raumes, hinter drei großen bogenförmigen Glasscheiben: antike Scherben, säuberlich gestapelt.



Eine Rinderhälfte auf dem Weg in den Mercato di Testaccio.

Schon in der 2. Hälfte des 19. Jahrhunderts weckte der antike Scherbenberg das Interesse der Altertumsforscher. 1872 begann der Epigraphiker und Mommsen-Schüler Heinrich Dressel seine Untersuchungen auf dem Monte Testaccio. Dressels Formentafel der antiken Amphoren, die 1899 im zweiten Teil des XV. Bandes des *Corpus Inscriptio-num Latinarum* erschien, gilt bis heute als wichtigstes Referenzwerk für die Klassifizierung Römischer Amphoren. Bei seinen Untersuchungen zu den Amphoren vom Monte Testaceus stellte er erstmals eine Abhängigkeit zwischen der Amphorenform und den auf den Gefäßkörper gemalten Inschriften her und differenzierte 45 verschiedene Amphorentypen.

Dressel befasste sich zunächst vor allem mit der Dechiffrierung der Inschriften auf den Amphoren. Die Stempel, Ritzungen und gemalten Inschriften (tituli picti) auf den Gefäßen geben, sofern erhalten, zumeist Auskunft über

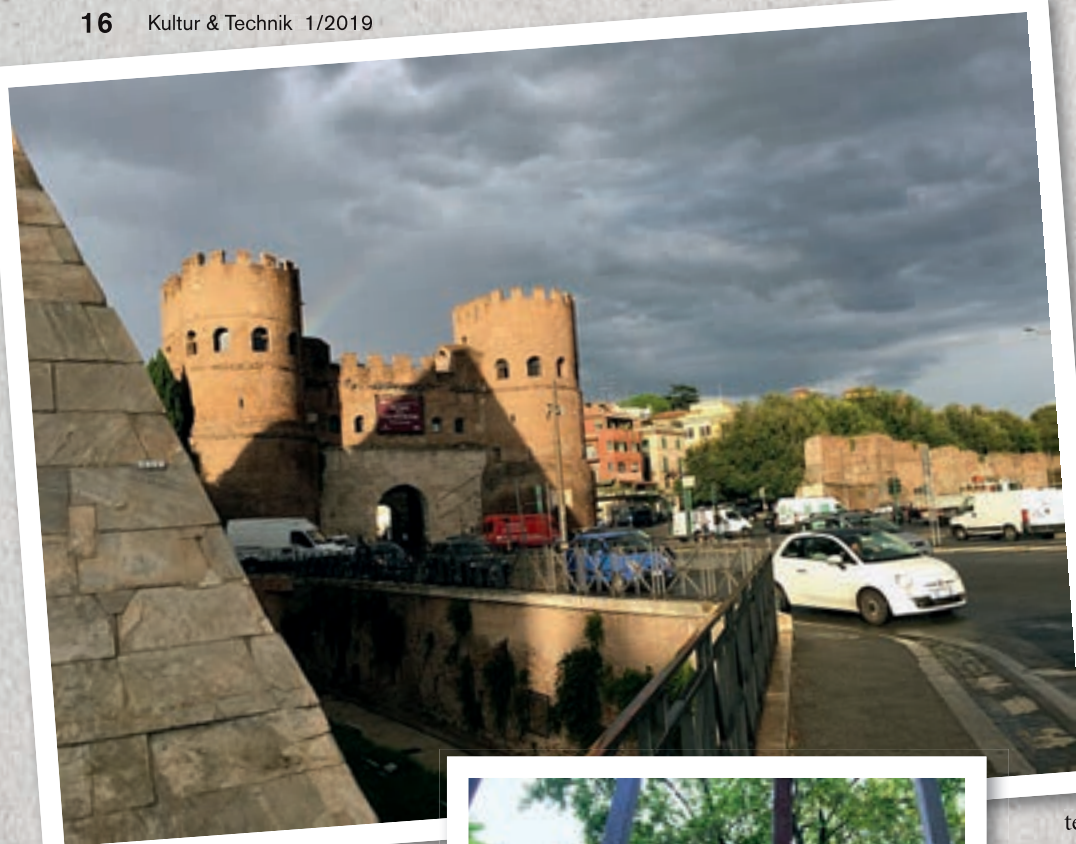
Zum Weiterlesen

J. Remesal Rodríguez, *El monte Testaccio: de vertedero a archivo*, Rom 2012/13.

Antonio Aguilera Martín, *El Monte Testaccio y la llenura subaventina. Topografía extra portam Trigeminam*, Roma 2002.

Filippo Coarelli, *Rom. Ein Archäologischer Führer*, Mainz 2000.

Sergio Mancinelli, *Ponte Sublicio. Storie di Testaccio*, Rom 2015.



Die Porta San Paolo (links) und Reste des Porticus Aemilia (rechts).



Die Fontana delle Anfore auf der Piazza di Testaccio.



Ein Haufen antiker Scherben.

den Herstellungsort, das Gewicht der Amphore selbst und das Gewicht des Inhalts der Amphore, nennen den Namen des Exporteurs, liefern Informationen zur Lagerung und – besonders wichtig – zum Versanddatum. Schon damals vermutete Dressel, dass quasi das gesamte Material auf dem Monte Testaccio zu einem einzigen Gefäßtyp gehört, nämlich zu einer aus der Römischen Provinz Baetica im heutigen Spanien stammenden Amphore mit nahezu kugelförmigem Bauch, die er als Nummer 20 katalogisierte.

Tatsächlich stammen, wie man heute weiß, 80 bis 85 Prozent der Scherben von Amphoren aus der Baetica, während die übrigen 15 bis 20 Prozent überwiegend zu Gefäßen gehören, die aus Afrika, vor allem aus der Provinz Africa Proconsularis, importiert wurden.

Amphoren waren die Standardbehälter für den Transport von flüssigen und halbflüssigen Lebensmitteln und lassen sich zunächst in zwei Kategorien unterteilen: Multifunktionale, recycelbare Amphoren (v.a. für Wein, Früchte, Getreide) und monofunktionale, nicht wiederverwendbare Amphoren (in erster Linie Ölamphoren und Amphoren für Garum, eine antike Fischsauce). Durch schriftliche Überlieferung ist bekannt, dass der Großteil der Amphoren wieder- bzw. weiterverwendet wurde. Am Tiberhafen blühte ein regelrechter Handel mit den recycelbaren Amphoren. Die intakten Behälter wurden je nach der vorgesehenen Zweitverwendung sortiert und verkauft, die bereits defekten Amphoren wurden als Baumaterial weiterverwertet, zumeist für die Herstellung von wasserfestem Putz.

Die monofunktionalen Amphoren konnten jedoch aufgrund ihres vormaligen Inhalts und ihrer Form nicht so einfach recycelt werden. Besonders schlecht recycelbar waren vor allem die aus Spanien importierten Ölbehälter, eben jener Typus »Dressel 20«, der sich durch dickere Gefäßwände und einen robusten, schweren Korpus auszeichnet. Der massive und kontinuierliche Zustrom von Amphoren dieses Typs nach Rom verursachte ein so großes Problem, dass die Hafenleitung ein spezielles Areal für die Entsorgung einrichtete, das (spätestens) seit augusteischer Zeit immer weiter wuchs und so den artifiziellen Hügel des Monte Testaceus bildete.

Um herauszufinden, wie und in welchem Zeitraum der künstliche Berg genau entstanden war, unternahm Dressel 1881 gemeinsam mit L. Bruzza Sondagen in verschiedenen Sektoren des Monte Testaccio und kam zu dem Schluss, dass der Hügel in geordneter Weise gewachsen war und dass das Material verschiedener Epochen an verschiedenen Stellen deponiert worden war.

Seit 1989 wird der Monte Testaccio von Archäologen der Universität Barcelona unter der Leitung von José María Blázquez Martínez, José Remesal Rodríguez und Emilio Rodríguez Almeida (2016 verstorben) erforscht. Das spanische Archäologenteam konnte die These, dass der Berg in geordneter Form gewachsen war, bestätigen. Noch geordneter sogar, als Dressel angenommen hatte: Bevor man



eine Ladung Scherbenmüll aufschüttete, wurde zunächst eine Art Mauer errichtet. Man drapierte eine Reihe aus Amphoren, deren Boden man herausbrach. Den übriggebliebenen Amphorenkörper füllte man mit anderen Fragmenten wieder auf, um die Gefäße so zu beschweren. Hinter dieser Mauer lud man dann die restlichen Scherben ab. Sobald die Oberkante der ersten Amphorenmauer erreicht war, wurde auf die gleiche Weise, leicht versetzt, eine weitere Reihe angelegt. Zwischen die einzelnen Scherbenladungen wurden größere Amphorenfragmente geschichtet, um das Niveau auszugleichen. Dank der Inschriften auf den Fragmenten lässt sich zudem relativ genau bestimmen, zu welchem Zeitpunkt an welcher Stelle des Berges wie viele Amphoren abgeladen wurden und woher diese Amphoren ursprünglich kamen.

Abgesehen davon, dass wir über die Scherben des Monte Testaccio die antiken Handelsrouten rekonstruieren können, ist die Forschung an der antiken Scherbenhalde aus zwei anderen Gründen von besonderer Bedeutung: Zum einen ergibt sich durch die Möglichkeit, die Scherben – über die Angabe des Versandzeitpunkts auf den Gefäßen – relativ genau zu datieren, eine bisher einmalige Datendichte, durch die sich auch andere römische Denkmäler besser datieren lassen. Zum anderen gibt der Monte Testaccio Auskunft darüber, wie die Römer ihre Mülldeponien organisierten.

Nach einer großen Portion Tonnarelli Cacio e Pepe komme ich auf dem Rückweg zur Metrostation Piramide am Eingang zur Archäologischen Stätte vorbei. Das Tor ist verschlossen, eine Metalltafel lässt verlauten. E' VIETATO L'INGRESSO ALLE PERSONE NON AUTORIZZATE. Ich biege links in die Via Galvani, erhasche noch einen letzten Blick auf die Scherben hinter dem Zaun und lasse das Testaccio hinter mir. »Roma Roma Roma, Roma Roma bella«, denke ich, »ci vediamo presto!« ■■



»Eintritt verboten« mahnt das Schild am Eingang zur Archäologischen Zone.



DIE AUTORIN

Hannah Schnorbusch hat Klassische Archäologie, Philosophie und Kunstgeschichte in München und Rom studiert. Sie arbeitet als wissenschaftliche Hilfskraft am Deutschen Archäologischen Institut in Madrid.

RADSPIELER

Seit 1841



*Radspieler –
damit
Einrichten
Freude
macht!*



*F. Radspieler & Comp. Nachf.
Hackenstraße 7
80331 München
Telefon 089/23 50 98-0
Fax 089/26 42 17
www.radspieler.com*



Schwester Meer

Die Weltmeere müssen eine ganze Menge schlucken: Müll und Gifte werden darin versenkt – mit unabsehbaren Folgen. Von Jörn Bohlmann

Gelobt seist Du, mein Herr, für Bruder Wind, für Luft und Wolken und heiteres und jegliches Wetter, durch das Du Deine Geschöpfe am Leben erhältst. Gelobt seist Du, mein Herr, für Schwester Wasser. Sehr nützlich ist sie und demütig und kostbar und keusch.« Mit diesen als vierter und fünfter Vers formulierten Zeilen preist Franz von Assisi (1181/82–1226) in seiner Meditation *Der Sonnengesang* die Schönheit des Universums und unseres Planeten. Demütig werden Sonne, Himmel, Luft, Sterne, Feuer und auch der Tod als unsere Brüder und Schwestern bezeichnet. Die von Franz von Assisi gepriesenen Erscheinungen gehören zur Schönheit unseres Seins. Und erinnern uns daran, dass wir ohne die Gaben unseres Planeten nicht existieren würden. Von zeitloser Eleganz sind sie, die Zeilen des Franz von Assisi; und gelten dabei als eines der ältesten Zeugnisse der italienischen Literatur.

Es heißt, dass Franz von Assisi, Sohn eines wohlhabenden Tuchhändlers, in seiner Jugend ein ausschweifendes Leben führte. Läuterung erfuhr er, als er zu Beginn des 13. Jahrhunderts als Ritter in den Krieg zog, um für Papst und

Brennende Ölfelder hüllen die Küste Südafrikas nach der Haverie eines Tankers in dunkle Rauchwolken.

Kirche den Stauffern die politische Herrschaft abzuringen. Auf einer späteren Wallfahrt tauschte er, der wohlhabenden Tuchhändlersohn, seine Kleidung mit einem Bettler, um ein Leben in Armut und Demut zu führen.

Respektvoll und gar die Wunder unseres Planeten als unsere Geschwister anzusehen: Davon, so scheint es, sind wir heute weiter entfernt denn je. Von »Schwester Wasser, demütig und kostbar und keusch« kann heute kaum mehr die Rede sein, vergegenwärtigen wir uns das Ausmaß, mit welchem wir die größte Naturlandschaft unseres Planeten, unsere Meere, verschmutzen.

(Mikro-)Plastik und Geisternetze

Zwar wirken Strände, Küsten und Häfen häufig sauber und aufgeräumt, wenn wir uns im Urlaub an Meer und Küste aufhalten. Was wir jedoch nur selten wahrnehmen, ist das häufig zu nächtlicher Stunde ausgeführte Aufräumen touristischer Strände. Um sie von angespültem Plastikmüll zu befreien. Dieser stammt nur zu ca. 20 Prozent unmittelbar vom Schiffsverkehr, der große Rest ist achtlosen Konsum

Kreuzfahrten sind beliebt.
Doch die schwimmenden
Hotels verpesten Luft und
Wasser durch giftige Abgase
und Schweröl.



Geisternetze aus Plastik
sind eine tödliche Falle für
Meerestiere.

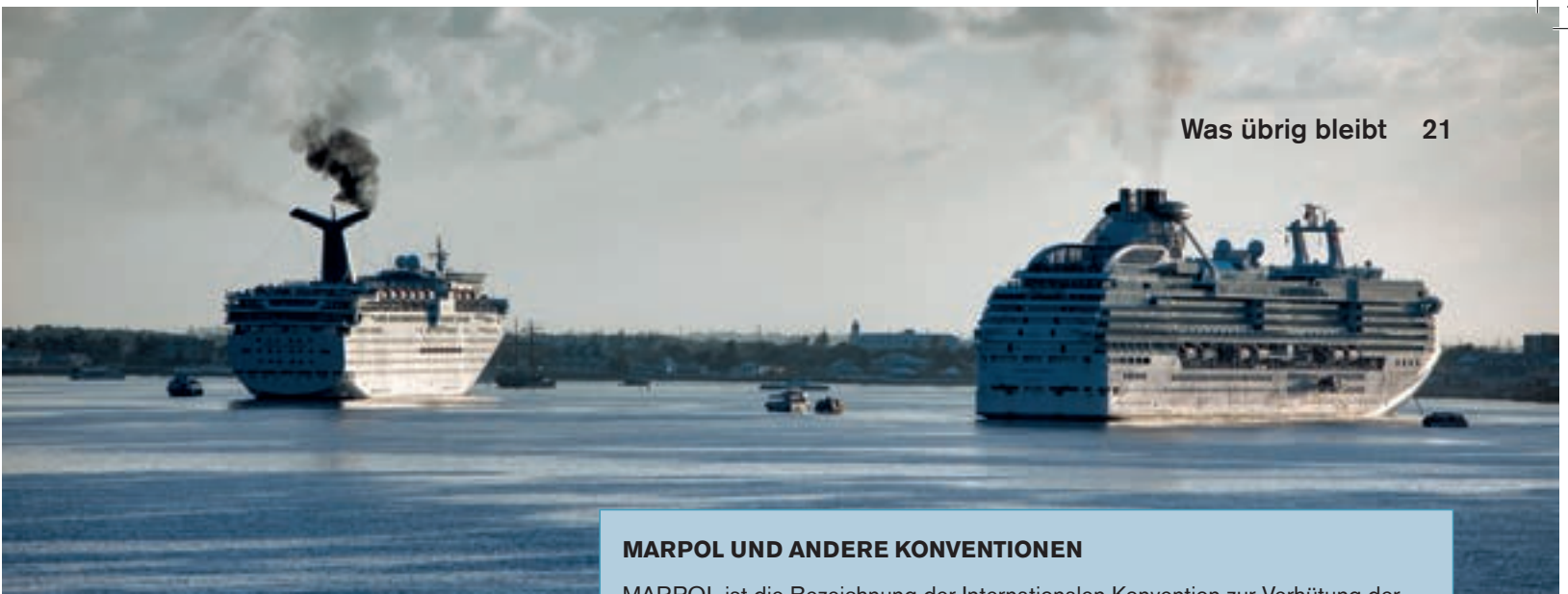
Eine der unheilvollen Substanzen, die sich mittels Blut- oder Urintests mittlerweile bei 90 Prozent der in Industriestaaten lebenden Menschen nachweisen lässt, heißt Bisphenol A, abgekürzt BPA. BPA wird den unterschiedlichsten Kunststoffprodukten beigelegt, um sie formstabil und haltbar zu machen. Beispielsweise werden die Innenseiten von Konservendosen mit BPA-haltigen Substanzen beschichtet. BPA findet sich aber auch in Babyschnullern oder Plastikgeschirr und -besteck. Vom Körper aufgenommen, vermögen schon geringe Mengen der chemischen Substanz wie ein Hormon zu wirken. Als von BPA unterstützte bzw. ausgelöste Erkrankungen listet die Umweltschutzorganisation BUND u.a. bei bis zu 40 Prozent der in Industriestaaten lebenden jungen Männer eine verminderte Spermienqualität auf. Missbildung der Geschlechtsorgane, Hodenhochstand, vermehrte Schwangerschaftskomplikationen und Frühgeburten, hormonbedingte Krebsarten wie Brust-, Prostata- und Hodenkrebs oder »einfach nur« Kreislauferkrankungen, Diabetes, Über-

gewicht, Störungen des Immunsystems, Verhaltensauffälligkeiten von Kindern und vorzeitig einsetzende Pubertät: BPA zeichnet sich mit verantwortlich. Wie umfassend die Problematik ist, wird deutlich, wenn man sich vergegenwärtigt, dass noch immer weltweit jährlich sechs Millionen Tonnen der schädlichen Substanz hergestellt und verwendet werden. Eine halbe Million davon alleine von der chemischen Industrie in Deutschland. Haben Sie heute schon geduscht, sich die Haare gewaschen oder geschminkt? Womit eigentlich genau?

Ölpest und Verklappung

Gegenüber der perfide wirkenden Verschmutzung der Weltmeere durch (Mikro-)Plastik erscheint die Verschmutzung der Meere durch Ölkatastrophen nahezu plump. In unguter Erinnerung ist u.a. die Ölpest im Golf von Mexiko, die am 20. April 2010 durch die Explosion der Förderplattform Deepwater Horizon ausgelöst wurde. Über einen Zeitraum von 87 Tagen, vom 20. April bis zum 16. Juni 2010, traten schätzungsweise 800 Millionen Liter Rohöl aus einem ca. 1500 Meter unter der Wasseroberfläche liegenden Bohrloch aus. Die Auswirkungen für die Umwelt waren verheerend. Unter anderem wurde versucht, das ins Meer ausgetretene Rohöl durch die Eingabe großer Mengen giftiger Lösungsmittel zu neutralisieren; ein Verfahren, welches von Umweltorganisationen seit langem kritisiert wird. Dessen ungeachtet wurden knapp sieben Millionen Liter Lösungsmittel in das verseuchte Gewässer des mexikanischen Golfes gegeben. Mit zweifelhaftem Erfolg. So wurde Ende Juni 2010 in einer Tiefe von 1100 Metern eine 35 Kilometer lange Schadstoffwolke, bestehend aus monoaromatischen Erdölkohlenwasserstoffen, erkannt. Die ungeachtet der massiven Zugabe giftiger Lösungsmittel keinerlei Anzeichen der Zersetzung aufwiesen.

Deepwater Horizon ist jedoch kein Einzelfall. Bereits 1991 flossen knapp eine Milliarde Liter Rohöl in den Persischen Golf. Dagegen erscheinen »kleine« Katastrophen wie Ixtoc I im Golf von Mexiko (von Juni 1979 bis März 1980, bei welcher zwischen 440 000 und 1 400 000 Liter Rohöl austraten) oder der wegen eines Navigationsfehlers am 24. März 1989 im Golf von Alaska auf Grund gelaufene Öltanker Exxon Valdez, der mit 163 000 Tonnen Rohöl beladen



war, von denen »nur« 37 000 Tonnen ins Meer gerieten, fast harmlos. Waren sie aber nicht. Alleine die 37 000 Tonnen ausgetretenes Rohöl der Exxon Valdez verseuchten rund 2000 Kilometer Küstenlinie und töteten hunderttausende Lebewesen. Das Ökosystem im Prinz-William-Sund hat sich von diesem Navigationsfehler bis heute nicht vollständig erholt.

Die genannten Begebenheiten sind nur drei Beispiele einer bedeutend längeren Liste von Unfällen mit massiven Auswirkungen auf die Umwelt. Ihnen steht das vorsätzliche Verklappen und Entsorgen nicht nur von Öl oder Säuren, sondern auch ganzer Plattformen entgegen. So weckte 1995 die geplante Versenkung der schwimmenden Speicherplattform Brent Spar durch den Erdgas- und Mineralölkonzern Shell hierzulande großes Aufsehen. Greenpeace-Aktivistinnen hatten den 147 Meter hohen, 50 000 Tonnen Öl fassenden Schwimmkörper besetzt, um die Versenkung des überflüssig gewordenen Industrieschrotts nordöstlich der Shetlandinseln zu verhindern. Und auch die »normale« Verklappung, also das Entsorgen von Giftstoffen ins Meer, war noch bis 1989 auch in Deutschland gängige und gesetzeskonforme Praxis. Denn bis dahin war das Einleiten schwermetallhaltiger Dünnsäure, verdünnter Schwefelsäure als Industrieabfall, in die Gewässer der Nordsee so rechtmäßig wie gängig. Jährlich mehr als fünf Millionen Tonnen der schwermetallhaltigen Dünnsäure wurden noch in den 1980er Jahren legal mittels Pipeline oder speziellen Verklappungsschiffen in die Nordsee »entsorgt«. Schon der Begriff »entsorgen« erscheint skandalös, bezeichnet er doch, wer die »Sorge« los war: die Industrie, welche giftigen Müll auf Kosten der Umwelt und der Allgemeinheit einfach ins Meer leitete. Wieder bedurfte es des Engagements der Greenpeace-Aktivistinnen, um auf diese fatale Praxis und ihre Auswirkungen auf die Umwelt hinzuweisen und die Missstände endlich zu beheben.

Ballastwasser

Ganz anders als die Verklappung von Umweltgiften, und doch sehr ähnlich, gestaltet sich das Problem mit dem Ballastwasser. Da Frachtschiffe so konstruiert werden, dass sie beladen größtmögliche Stabilität aufweisen, nehmen sie, wenn sie leer oder nur mit wenig Ladung fahren, zwecks

MARPOL UND ANDERE KONVENTIONEN

MARPOL ist die Bezeichnung der Internationalen Konvention zur Verhütung der Meeresverschmutzung durch Schiffe (International Convention for the Prevention of Marine Pollution from Ships). Sie wurde in ihrer grundlegenden Fassung 1973 formuliert und trat mit ihrer zweiten Fassung 1978 in Kraft, weshalb das Vertragswerk in der Fachwelt häufig als MARPOL 73/78 bezeichnet wird.

In nur 20 grundlegenden Artikeln regelt das Übereinkommen die Selbstverpflichtung der Vertragsstaaten, die Verschmutzung der Meere durch den Schiffsverkehr zu regulieren, zu reduzieren bzw. zu unterbinden.

Die Internationale Maritim Organisation (IMO) übernimmt verwaltende Aufgaben und stellt mit dem Environment Protection Committee (MEPC) das Gremium, in welchem internationale Regeln und Standards festgelegt werden. Diese werden in Anlagen der eigentlichen Konvention formuliert und können so, ohne aufwendige Neuratifizierungen durch die Mitgliedstaaten, fortlaufend aktualisiert werden. Gemeinsam mit SOLAS (Safety of Life at Sea) schafft MARPOL die Grundlage weltweiter Anstrengung im Kampf gegen Meeresverschmutzung.

Unter anderem müssen an Bord der Schiffe der Verbleib von Rückstandsölen, anfallender Müll oder andere umweltgefährdende, betriebsbedingte Rückstände protokolliert werden (»Öl- und Mülltagebuch«). Zudem werden Sondergebiete für das zum Teil noch immer zulässige Verklappen von Ölen, Chemikalien und Müll festgeschrieben; Regelwerke, die seit ihrem Inkrafttreten fortlaufend kleinteiliger und strenger werden. Beim Umweltschutz kommt dem Mittel-, dem Schwarzen und dem Roten Meer, der Nord- und Ostsee sowie den Gewässern der Antarktis (südlich des südlichen sechzigsten Breitengrades), Teilen des karibischen Meeres sowie dem Golf von Mexiko durch höhere Umweltauflagen besonderer Schutz zu.

Neben MARPOL und SOLAS sollen zusätzliche Konventionen Umweltbelastungen minimieren und verhindern helfen: u. a. die Konvention zur Handhabung von Ballastwasser (International Convention for the Control and Management of Ships' Ballast Water and Sediments) oder die im Text erwähnte Hongkong-Konvention zum Abwracken von Schiffen.

In der Praxis ist die Durchsetzung der Konventionen nicht unkompliziert, da nicht alle Staaten alle Konventionen ratifizierten und eine effiziente Überprüfung der festgeschriebenen Standards nicht wirklich durchsetzen können – oder wollen, weil damit u. a. verwaltungstechnischer und finanzieller Aufwand, Kosten und evtl. finanzielle Verluste einhergehen.

In der Praxis können die Staaten das Einhalten von MARPOL und SOLAS kontrollieren, wenn Schiffe in Häfen ihres Hoheitsgebietes einlaufen oder sich in ihren Hoheitsgewässern aufhalten. Aber auch in ihren Hoheitsgewässern dürfen die staatlichen Behörden Kontrollen durchführen, z. B. ob Öl- oder Mülltagebuch ajour sind, welcher Müll sich an Bord befindet etc. In den deutschen Hoheitsgewässern wird diese Aufgabe von der Küstenwache durchgeführt. Auch eine Überwachung des Schiffsverkehrs aus der Luft ist möglich, die u. a. das Einleiten von Öl in Küstengewässern erkennbar macht. Die Konventionen erhöhen zwar den oft unliebsamen Verwaltungsaufwand, sowohl an Land als auch an Bord der Schiffe, tragen aber zur Einhaltung von Minimalstandards und damit zur Erhaltung unserer Umwelt bei.

Erhöhung ihrer Stabilität Wasser als Ballast in speziell dafür vorgesehene Tanks auf. Das ist per se erst einmal wenig problematisch. Wird es aber, wenn die Schiffe in einem anderen Hafen, in einer anderen Klimazone, auf einem anderen Kontinent, in einem neuen Ökosystem ihr Ballastwasser wieder abpumpen. Und mit ihnen Keime, Bakterien, Fischlaich, lebende Muscheln oder anderes Meeresgetier. Denn im ungereinigten bzw. unbehandelten Ballastwasser überleben häufig irgendwelche Organismen. Und wenn diese in den neuen Gewässern passende Lebensbedingungen vorfinden, breiten sie sich ggf. als invasive Arten aus, manchmal mit fatalen Folgen.

Bekanntes Beispiel für Neozoen, so nennt man die sich in neuen Ökosystemen verbreitenden Arten, ist eine durch Ballastwasser an die amerikanische Westküste gebrachte asiatische Muschel, *Limnotherma protonei*. Sie findet dort, ohne natürliche Feinde, derart gute Lebensbedingungen, dass sie von der Küste sogar in Flüssen stromauf wandert und – mittlerweile massiv vermehrt – bereits die Kühlwasseransauggitter von Kraftwerken verstopfte und deren Ausfall bewirkte.

Ins Kaspische Meer eingeschleppte Quallen dezimierten binnen eines Jahrzehnts heimische Fischbestände. Und der Schiffsbohrwurm *Teredo navalis*, der in unseren Gewässern eigentlich nichts zu suchen hat, gefährdet, durch Ballastwasser eingeschleppt, nun jahrhundertalte Holzfundamente und Küstenschutzanlagen.

Wurde früher Ballastwasser chemisch behandelt – und die tote Brühe hernach einfach abgepumpt – stellen heute Filter- und Fliehkraftverfahren, Umkehrosmose, UV- oder Ultraschallbehandlungen gängige Verfahren dar, die Artenvielfalt der Weltmeere und die verschiedenen Ökosysteme zu schützen. Was in den europäischen Häfen auch weitestgehend gelingt, weil hier durchaus Kontrollen durchgeführt werden. In außereuropäischen Häfen sieht



Bis 1989 durfte schwermetallhaltige Dünnsäure in der Nordsee verklappt werden. Das Bild zeigt eine Verklappung im Jahr 1988.

dies jedoch anders aus. Und weil die Behandlung von Ballastwasser eben auch ein Kostenfaktor darstellt, der sich durchaus auch einmal einsparen lässt... Na, Sie wissen schon.

Antifoulings

Ähnlich außerhalb direkter Sichtbarkeit wie die Problematik des Ballastwassers verhält es sich mit den giftigen Unterwasseranstrichen von Schiffen oder anderen Anlagen: den Antifoulings. Auf den Unterwasserbereich von Schiffen aufgetragene Antifoulings sollen verhindern, dass sich Algen, Seepocken, Muscheln und andere Organismen ansiedeln. Denn sie erhöhen den Strömungswiderstand der Schiffe und setzen damit Betriebs- und Treibstoffkosten herauf. Verringerten in Antike, Mittelalter und Neuzeit aufgenagelte Blei- oder Kupferplatten den Bewuchs hölzerner Schiffe – und hinderten Holzbohrwürmer an ihrem unheilvollen Tun – kam mit dem Bau von Eisen- und Metallschiffen vermehrt Giftfarbe in Gebrauch. Bereits die Handels- und Fachbezeichnungen von Farben mit einem Zusatz von Eisenoxidpigmenten, deren deutscher Handelsname »Totenkopf« lautet (lateinisch: »Caput mortuum«), sprechen für sich. Aber nicht nur Eisenoxide, auch andere metallische Oxide wurden als Farbzusätze

verwendet, u. a. solche des Zinns. Eine dieser hochgiftigen Zinnverbindungen, das Tributylzinn (TBT), kam als Antifouling in den 1970er Jahren auf den Markt. Mit verheerenden Folgen für die Umwelt, die seinerzeit ausgerechnet anhand französischer Zuchtaustern sichtbar wurden. Denn mit der vermehrten Verwendung von TBT in Antifoulings ging ein Massensterben von Austernlarven, Fehlbildungen der Muscheln sowie hormonellen Störungen anderer Organismen einher. Aber erst im Jahr 2003 wurde ein internationales Verbot von TBT-haltigen Antifoulings ausgesprochen, so dass nun andere biozidhaltige Anstriche, beispielsweise auf der Basis von Kupferverbindungen (Dikupferoxid) oder Zinkverbindungen (Zinkoxid) er-



Was so fröhlich rot leuchtet ist ziemlich giftig: Antifouling-anstriche sollen verhindern, dass sich unerwünschte Kleinstlebewesen an Schiffsrümpfen festsetzen. Nach wie vor werden dazu biozidhaltige Farben eingesetzt.

setzt werden. Sie sind zwar weniger giftig als TBT, zeigen aber dennoch unerwünschten Einfluss auf die Gesundheit unserer Gewässer. Und gelten zudem als ausgesprochen schwer abbaubar.

Besserung versprechen biozidfreie Anstriche, beispielsweise auf der Basis silikonhaltiger Verbindungen, sich selbst abtragende Copolymer-Anstriche oder wasserabweisend wirkende hydrophobe Beschichtungen, die einen Bewuchs im Unterwasserbereich von Schiffen verhindern sollen. Sie kommen derzeit vor allem in der Sportschifffahrt zum Einsatz, die ein interessantes Experimentierfeld für Großschifffahrt und Industrie darstellt.

Luftverschmutzung

Werden die Umweltbelastungen durch Ballastwasser und Unterwasseranstriche erst beim genaueren Hinsehen deutlich, verhält es sich mit der Luftverschmutzung durch die Großschifffahrt anders. Sie ist direkt an dickem, schwarz-gelblichem, schwefeligem Rauch erkennbar. Diese Schiffsabgase belasten unsere Atmosphäre derart massiv, dass Menschen (Tiere übrigens auch, aber über diese spricht in diesem Zusammenhang kaum noch jemand), dass also die Küsteanrainer derart an Atemwegserkrankungen leiden, dass infolge der massiven Luftverschmutzung durch die Handelsschifffahrt alleine in Europa jährlich schätzungsweise 60 000 Menschen den Tod finden.

Quell dieser massiven Umweltverschmutzung und Gesundheitsgefährdung ist der Treibstoff, mit denen die großen Schiffe betrieben werden: Schweröl. Schweröl ist ein Rückstandsöl, das als Abfall aus der Destillation von Rohöl anfällt. Also bei der Gewinnung von Benzin und Diesel, mit dem auch Sie Ihr Auto betanken. Im Schweröl befinden sich die schwersten und unbrennbaren Bestandteile des Rohöls, die beim hochreinen Autotreibstoff unerwünscht sind, die sogenannten Asphalte. Ja, Asphalt und Schweröl sind nahe Verwandte; im Grunde Müll, der auf unsere Straße gebracht oder eben in gigantischen Schiffsmotoren als Treibstoff verbrannt wird.

Ähnlich wie Asphalt ist der Treibstoff Schweröl bei Zimmertemperatur hochviskos, also eine feste, zähe Masse. Um an Bord der Schiffe überhaupt als Treibstoff Verwendung zu finden, muss er auf 50 bis 70 Grad Celsius

erwärmt werden. Und um in die Verbrennungskammer der Motoren eingespritzt zu werden, sind ganze 130 bis 140 Grad Celsius notwendig. Bei der Verbrennung von Schweröl in Schiffsmotoren fallen, je nach Qualität des Schweröls, unterschiedliche, aber immer skandalös hohe Belastungen durch verschiedene Schwefeloxide (S_xO_y), Stickoxide (NO_x) sowie Rußpartikel (black carbon) an. Deren fatale Auswirkungen auf unsere Atemwege sind hinreichend bekannt.

Wenn Sie an der Tankstelle ihr Auto betanken, bekommen Sie einen Treibstoff, der maximal 0,001 Prozent Schwefel enthält, also ein Tausendstel Teil pro Einheit. So schreibt es der Gesetzgeber vor. Für Schweröl im Schiffsverkehr sind die Regelwerke jedoch wesentlich lockerer. Befindet sich ein Schiff auf hoher See, außerhalb definierter Küstengewässer, darf dort Schweröl verbrannt werden, welches bis zu 3,5 Prozent Schwefel enthält. Also die 35 000-fache Menge dessen, was Sie mit Ihrem Pkw an Land freisetzen dürfen. Erreichen die Schiffe europäische Küstengebiete oder die Küste Kaliforniens, befahren sie die sogenannte Sulphur Emission Control Area (Schwefel-Emission-Kontrollzone). Hier darf der Treibstoff dann »nur« noch 0,1 Prozent Schwefel enthalten. Also noch immer also das 100-fache dessen, womit Sie mit Ihrem Auto die Landschaft verpesten, Verzeihung, was Sie in die Landschaft einbringen. Sulphur Emission Control Areas in den Entwicklungsländern oder den asiatischen Industriestaaten? Naive Frage. Aber ja, der Gesetzgeber verspricht Besserung. Nur noch bis 2020 ist 3,5 prozentiges Schweröl auf hoher See zulässig. Vielleicht aber auch noch bis 2025, falls die Industrie es nicht schafft, die nötigen Mengen von »sauberem« Schweröl rechtzeitig bereitzustellen. Was glauben Sie? Gelingt der Industrie die Bereitstellung ausreichender Mengen bis 2020?

Was nach trockenen und wenig konkreten Zahlen klingt – 3,5 Prozent Schwefel, was macht das schon(?) – wird mit einem kleinen Rechenstück deutlich greifbarer: Unser internationaler Welthandel, der jährlich um die 9 000 000 000 (Neunmilliarden) Tonnen Fracht beträgt, wird zu 90 Prozent von Schiffen bewegt. Zu diesem Zwecke befahren rund 60 000 Schiffe unsere Ozeane und Binnenmeere. Diese Schiffe haben mittlerweile eine Grö-



Gefährliche Schwerstarbeit leisten Arbeiter in Schwellenländern wie Bangladesch, wo sie alte Schiffe – auch aus deutschen Reedereien – abwracken.

ße von bis zu 400 Meter Länge und über 50 Meter Breite angenommen; 20 000 Zwanzig-Fuß-Container passen auf einen dieser Giganten. Alle dieser Schiffe werden mit dem stark schwefelhaltigen Schweröl betrieben. Und weil die Verbrennungsmotoren dieser Stahlgiganten entsprechend groß und gefräßig sind, setzen alleine die fünfzehn größten dieser Schiffe jährlich so viel giftige Schwefeloxide frei, wie alle Automobile dieser Welt zusammen. Von denen es – allgemeingültiger Schätzung nach – rund eine Dreiviertelmilliarde gibt. Dass es in diesem Rechenbeispiel noch weitere 59 985 Schiffe gibt, von denen an die hundert nur unwesentlich kleiner sind als die bereits erwähnten fünfzehn, dass auch diese Schiffe massiv viel Schweröl verbrennen, dass bei internationalen Regierungsabsprachen und Klimazielen die Belastungen durch den Luft- und Seeverkehr systematisch ausgeblendet werden – es ist empörend.

Abwracken

Doch damit nicht genug. Noch sind massive Umweltgefährdung durch achtlos ins Meer »entsorgte« Munition genauso wenig angesprochen wie die heillose Überfischung der Meere, das Aquafarming oder das »Deep-Sea-Mining«, der Unterwasserabbau industrieller Rohstoffe. Bleiben wir stattdessen aber bei den Schiffen selbst, nämlich bei deren »Entsorgung«, dem Abwracken, welches eine erhebliche Belastung für die Umwelt darstellt. Jährlich wer-

den rund eintausend Handelsschiffe verschrottet; im Jahr 2016 waren 98 Schiffe deutscher Reedereien darunter. Dies geschieht jedoch meist nicht, wie man denken sollte, auf europäischen Werften, wo verantwortbare Arbeits-, Umwelt- und Sicherheitsstandard eingehalten werden müssen, sondern in Bangladesch, Pakistan oder Indien. Denn vor allem billig soll sie sein, die Schiffsverschrottung.

Zu diesem Zweck werden die abgeschriebenen Schiffe mit Hilfe ihrer eigenen, voll funktionsfähigen Motoren mit voller Fahrt einfach auf flache Strände gefahren, »beaching« nennt man dieses Verfahren. Derart mutwillig gestrandet, werden die Stahlgiganten dann nach der sogenannten »Schwerkraftmethode« zerlegt. Kräne oder Kraftfahrzeuge fürs sichere fachgerechte Arbeiten? Fehl-anzeige. Stattdessen turnen mit Schweißbrennern ausgerüstete Männer auf den Schiffen herum, um sie von oben nach unten auseinanderzuschneiden. Mit voller Wucht und vollkommen ungeschützt krachen die abgebrannten Stahlplatten auf Deck und Strand. Dabei zeigt sich, dass die Verschrottung der Schiffe eine massive Umweltbelastung darstellt. Wird alleine in Bangladesch weiter in jener Manier und im gleichen Ausmaß abgewrackt wie bisher, werden bis 2030 zirka 79 000 Tonnen Asbest, 240 000 Tonnen PBC, 210 000 T Tonnen ozonschädigende Substanzen, 69 200 Tonnen Giftfarben, 678 Tonnen Schwermetalle wie Blei und Quecksilber, fast drei Millionen Tonnen flüssige und andere organische Abfälle und ca. 775 Tonnen Säuren anfallen und abgegeben. Wohin? Naive Frage, wohin wohl? Indische und pakistanische Abwrackstrände sind in dieser Statistik noch nicht einmal mit eingerechnet.

Aber nicht nur die massiven Umweltbelastungen stellen ein so trauriges wie tagtägliches Geschäft beim Abwracken auf den Stränden Bangladeschs dar. Sondern auch die dort herrschenden Arbeitsbedingungen. Beim Zerlegen der Schiffe mit Schneidbrennern tragen die meisten Arbeiter keine geeignete Sicherheitsbekleidung. Im Gegenteil, wer bei dieser Arbeit nur einfache Turnschuhe trägt, ist schon besser ausgerüstet als die Vielzahl seiner Kollegen. Gas-masken, Atemgeräte, Helme, Handschuhe, Hörsen-sicherung? Wieder eine naive Frage. 12 Prozent der untersuchten Arbeiter auf den Abwrackstränden Bangladeschs litten an Atemwegserkrankungen durch Kontakt mit Asbest,

6 Prozent hatten bereits eine Asbestose. Und ganze 39 Prozent litten unter Einschränkungen durch Atemwegsbelastungen. Tödliche Unfälle sind sowieso die Regel. In Alang, im indischen Bundesstaat Gujarat, liegt die durchschnittliche Lebenserwartung der Abwracker zwischen 40 und 50 Jahren; und damit bis zu 25 Jahre niedriger als im nationalen Durchschnitt. Zustände, die nicht nur unsere Umwelt verschmutzen, sondern auch unsere Moral.

Das alles geschieht täglich, öffentlich, in diesem Moment, in Kauf genommen sowohl von den Reedereien, als auch von uns auch so aufgeklärten Verbrauchern. Zwar regelt die Baseler Konvention die Kontrolle der grenzüberschreitenden Verbringung gefährlicher Abfälle und ihrer Entsorgung, nach welcher auch das Abwracken in der Manner, wie sie auf den Stränden Südasiens vollzogen wird, nicht möglich wäre. Die Baseler Konvention lässt sich jedoch einfach dadurch umgehen, indem Reedereien die abzuwrackenden Schiffe just in den Tagen an die Abwracker veräußern, an denen sich die Schiffe auf hoher See befinden. Dadurch gibt es keine zur Kontrolle befugten Hafenstaaten, der regelnd einschreiten und auf das Einhalten der Vereinbarung beharren könnten. Und weil sich die internationale Gemeinschaft bis heute nicht darauf verständigen konnte, dass beim Verkauf auf hoher See der Flaggenstaat des Schiffes zuständig wäre, also das Land, in welchem das Schiff registriert ist, und sich auch die Herkunftsländer der Reeder nicht verantwortlich zeichnen müssen, kann die Schmuddelpraxis des Abwrackens munter fortgesetzt werden. Billig soll es schließlich sein, das Abwracken, um unter dem Strich den eingebrachten Profit des Schiffes nicht zu schmälern.

Eine 2009 verabschiedete Konvention (Hong Kong International Convention for the Safe and Environmentally Sound Recycling of Ships), welche dieser skandalösen Praxis ein Ende setzen würde, wird noch viele Jahre nicht in Kraft treten, weil ihr zunächst die Mehrheit der Billigflaggen- und Verschrottungsländer beitreten müssten. Angesichts des Geschäfts, das ihnen dann entgehen würde, lässt die Ratifizierung dieser Konvention aber auf sich warten. Was schließlich mehr zählt als verantwortbare Umwelt- und Arbeitsstandards und eine gute Moral, ist der schöne Mammon: Geld, Gewinn und letztendlich bloße Gier.



Die Lager- und Verladeplattform »Brent Spar« gilt Umweltaktivisten als Symbol des Kampfes gegen die Versenkung von Industrieschrott im Meer.

1995 sollte die stillgelegte Plattform »entsorgt« werden. Greenpeace organisierte dagegen erfolgreich weltweiten Widerstand.



DER AUTOR

Dr. Jörn Bohlmann ist promovierter Ethnologe sowie gelernter Segelmacher und Holzbootsbauer. Er arbeitete viele Jahre im Handwerk, fuhr mehrere Jahre zur See und lebte 18 Jahre im skandinavischen Ausland. Bis 2018 war er Kurator für Schifffahrt und Meerestechnik am Deutschen Museum. Bohlmann lebt und arbeitet heute in der Nähe von Hamburg.

Übrig bleibt die unbequeme Wahrheit, dass wir alle, irgendwie, nämlich mittels unseres Konsums, mit all diesen Missständen zu tun haben. Und das Wissen, dass wir durch unser Konsumverhalten einen kleinen, aber nicht unwesentlichen Beitrag zur Verbesserung dieser Umstände leisten könnten. Statt immer wieder neu zu kaufen und wegzuworfen, sollten wir mehr auf die englische Fünf-R-Regel achten: Refuse, Reduce, Reuse, Recycle, Rot. Auf Deutsch Ablehnen (nicht kaufen), Reduzieren, Wiederverwenden (Reparieren), Verwerten, Kompostieren. Mehr Radfahren, Zufußgehen und weniger Autofahren ist ohnehin nicht nur besser für die Umwelt, sondern auch einträglich für die eigene Gesundheit.

Unbeantwortet ist noch die eingangs gestellte Frage, ob Sie sich heute schon geduscht, die Haare gewaschen und geschminkt haben? Dann schauen Sie doch einfach mal im *Einkaufsratgeber Mikroplastik* des BUND, ob Sie beim Waschen und Schminken heute schon Mikroplastik in Haut, Haar und Umwelt gebracht haben oder nicht. Dieser Einkaufsratgeber, und weitere dazu, ist ganz einfach zu finden. Einfach die drei Worte »BUND Einkaufsratgeber Mikroplastik« in die Suchzeile Ihres Internetbrowsers eingeben. Wenn Sie dort sehen, dass Ihr Pflegemittel Mikroplastik enthält, können Sie doch das nächste Mal ganz einfach ein besseres Pflegemittel kaufen. Was zumindest schon mal ein Anfang wäre.

Dass Sie wahrscheinlich dann doch wieder mit dem Auto Ihren Wochenendeinkauf tätigen werden, weil es regnet, oder weil es nach Regen aussieht, Sie hinterher noch zu Onkel oder Oma wollen oder weil es einfach »sooo« schön praktisch ist: Was hätte wohl Franz von Assisi dazu gesagt? »Gelobt seiest Du, Herr, für Bruder Auto, gar nützlich ist er und praktisch und schnell« (?). Sicherlich nicht. Vielmehr erinnert uns dieser mit seinem Sonnengesang ja daran, dass wir uns gegenüber der Natur, ihrer Schönheit und des Daseins durchaus etwas demütiger und dankbarer verhalten könnten als bisher. »Gelobt seiest Du, mein Herr, für Schwester Wasser. Sehr nützlich ist sie und demütig und kostbar und keusch«. Wobei Franz von Assisi mit »nützlich« wohl kaum gemeint hatte, giftigen Müll und Dreck einzuleiten. Aber das wissen wir ja alle schon seit Langem, na klar. ■■■



Die Vision von der Transmutation

In vier Jahren sollen alle deutschen Kernkraftwerke stillgelegt werden. Doch wohin mit dem radioaktiven Abfall? Weltweit forschen Wissenschaftler an Alternativen zur Endlagerung. Die beste Lösung wäre es, die Reste so zu verwandeln, dass sie nicht mehr strahlen.

Von Frank Dittmann

Nach der Reaktorkatastrophe im japanischen Kernkraftwerk Fukushima am 11. März 2011 beschlossen Bundestag und Bundesrat am 30. Juni 2011, die sieben ältesten deutschen Kernkraftwerke sowie das KKW Krümmel sofort stillzulegen und bis 2022 alle übrigen Atomkraftwerke vom Netz zu nehmen. Dann wird in Deutschland die 60-jährige Nutzung der Kernenergie zur Energieerzeugung enden. Damit stellt diese Branche aber keineswegs ihre Tätigkeit ein, schließlich müssen die stillgelegten Kraftwerke rückgebaut werden. Darüber hinaus werden auch in einigen Bereichen, etwa in der Nuklearmedizin oder in der Forschung, weiterhin radioaktive Isotope eingesetzt. Dabei wird auch zukünftig Atom Müll anfallen und dieser muss zusammen mit jenem radioak-



Abbildungen: Marc Meyerbroeker/Caro/Süddeutsche Zeitung Photo; imago stock&people

tiven Abfall, der bereits heute in Deutschland existiert, ordnungsgemäß entsorgt werden. Derzeit sucht man nach einem geeigneten Standort für ein Endlager, in dem hochradioaktiver Abfall so deponiert werden kann, dass er über Hunderttausende, vielleicht sogar Millionen von Jahren von der Umwelt ferngehalten wird. Ist ein Standort gefunden, muss das unterirdische Endlager noch gebaut werden. Wann dieses schließlich betriebsbereit sein wird, ist heute nur schwer abschätzbar.

Angesichts der vielen Unwägbarkeiten erscheint eine Idee bestechend, die in den letzten Jahren immer wieder auftaucht: Partitionierung und Transmutation. Dabei soll der langlebige Atommüll in Substanzen verwandelt werden, die im besten Fall gar nicht oder höchstens Tausen-

Ein Mitarbeiter im Zwischenlager Gorleben inspiziert einen der Castorbehälter. In Gorleben werden hochradioaktive Abfälle aus der Wiederaufbereitungsanlage La Hague zwischengelagert.

Vehement kämpfen Atomkraftgegner seit 1976 gegen eine Endlagerstätte in Gorleben.

de von Jahren strahlen. Weltweit arbeiten Wissenschaftler tatsächlich intensiv an dieser Aufgabe, nicht zuletzt weil viele Staaten auch weiterhin auf die Stromproduktion aus Kernenergie setzen und damit die Endlagerfrage eine zunehmende Relevanz erhält. Würde sich dieses Verfahren im großtechnischen Maßstab bewähren, müsste deutlich weniger Müll in unterirdische Hohlräume eingelagert werden und vor allem wäre die schädliche Radioaktivität nach viel kürzerer Zeit abgeklungen. Um zu verstehen, wie diese Lösung zur Verringerung des nuklearen Erbes für die nachfolgenden Generationen funktionieren könnte, muss man sich zunächst den Prozess der Bildung langlebiger Radionuklide in einem Kernreaktor vergegenwärtigen.

Welcher Atommüll entsteht im Kernkraftwerk?

Im Reaktor eines Kernkraftwerks werden die Atomkerne des nuklearen Brennstoffs – meist Uran – mit Neutronen beschossen. Trifft nun ein Neutron einen Atomkern, kann das zwei verschiedene Auswirkungen haben: Entweder fängt der Kern das Neutron ein und wird dabei nach mehreren Zwischenschritten in ein schwereres Element umgewandelt oder der Atomkern bricht auseinander und zwei leichtere Kerne entstehen. Allerdings besteht natürliches Uran zu 99 Prozent aus dem schwer spaltbaren Uran-Isotop 238 und lediglich zu knapp einem Prozent aus dem leichter spaltbaren Uran 235, das in den Brennelementen, die in den Reaktor eingebracht werden, zu drei bis fünf Prozent angereichert ist. Für die Spaltung der Uran-235-Kerne werden langsame Neutronen benötigt.

Trifft ein Neutron auf Uran 238, das überwiegend in den Brennstäben enthalten ist, bilden sich radioaktive und sehr giftige Nebenprodukte – Plutonium und sogenannte minore Actinide. Diese Transurane sind Elemente, die Uran im Periodensystem folgen und nur in Spuren frei in der Natur vorkommen: Neptunium (Ordnungszahl 93), Plutonium (94), Americium (95) und Curium (96). Ihr Anteil in abgebrannten Brennstäben liegt zwar lediglich bei einem Prozent, wovon wiederum 90 Prozent auf Plutonium entfallen, aber deren Halbwertszeit ist erheblich. Damit wird jene Zeitspanne bezeichnet, in der die Menge und damit die Aktivität eines Radionuklids durch den Zerfall auf die Hälfte sinkt. Bei Plutonium 239 beträgt sie etwa

Zum Weiterlesen

Ortwin Renn (Hrsg.), *Partitionierung und Transmutation. Forschung – Entwicklung – gesellschaftliche Implikationen*. München 2014.

Das Periodensystem der Elemente. Für die Betrachtungen in diesem Beitrag sind vor allem die auf das Uran folgenden Elemente (Transurane) wichtig.

KLEINES GLOSSAR

Actinide: 14 chemische Elemente, die im Periodensystem dem Actinium folgen und ähnliche Eigenschaften besitzen. Alle zerfallen radioaktiv. Jene Actinide, die in abgebranntem Kernbrennstoff in relativ geringen Mengen enthalten sind, werden als »miniore Actinide« bezeichnet.

Halbwertszeit: Zeitraum, in dem die Hälfte der Atomkerne eines radioaktiven Stoffes zerfällt.

Isotope: Besitzen im Kern die gleiche Anzahl von Protonen (Ordnungszahl) und stellen daher das gleiche Element dar, enthalten aber eine unterschiedliche Anzahl von Neutronen. Gekennzeichnet werden sie durch die Summe aus Ordnungs- und Neutronenzahl (Massenzahl) nachgestellt der Bezeichnung des Elements.

Partitionierung: Herauslösen und chemische Abtrennung der verschiedenen radioaktiven Stoffe aus abgebrannten Reaktorbrennstäben.

Proliferation: Weitergabe von Massenvernichtungswaffen oder der Herstellungstechnologie dafür an Staaten, die noch nicht darüber verfügen.

Radionuklide: Atomkerne, die instabil sind und radioaktiv zerfallen.

Transmutation: Umwandlung eines chemischen Elements in ein anderes. Sie erfolgt beim radioaktiven Zerfall sowie bei Kettenreaktionen in Kernreaktoren.

Transurane: Haben eine höhere Ordnungszahl als Uran (92). Da sie instabil sind und zerfallen, kommen sie in der Natur nicht vor. Die Halbwertszeiten liegen zwischen Bruchteilen von Sekunden und einigen 10 Millionen Jahren.

Verglasung: Einbindung hochradioaktiver Abfälle in eine feste Glasmatrix. Dabei werden radioaktive Flüssigkeiten mit einer Borosilikatglasschmelze vermischt und in zylindrische Behälter aus Edelstahl gefüllt, wo sie erstarren.

24 000 Jahre. Das Neptunium-Isotop 237 braucht über zwei Millionen Jahre und Americium 243 dagegen nur etwa 7000 Jahre bis sich die Radioaktivität halbiert. Das langlebigste Curium-Isotop 247 besitzt eine Halbwertszeit von 15,6 Millionen Jahren. Neben den Transuranen entstehen bei der Kernspaltung aber auch Radionuklide mit kleineren Ordnungszahlen als Uran und mit Halbwertszeiten von mehr als einem Tag bis hin zu Millionen Jahren. Wichtig ist hier das Element Technetium (Ordnungszahl 43), das in der Natur nur in sehr geringen Mengen vorkommt. Das besonders relevante Technetium-Isotop 99 besitzt eine Halbwertszeit von 200 000 Jahren.

Transmutation und Partitionierung

Erste Überlegungen zur Transmutation kamen in den 1980er Jahren auf. Im Zusammenhang mit den Schnellen Brütern wurde darüber diskutiert, dass man diese so konstruieren könnte, dass sie Isotope mit langen Halbwertszeiten in solche umwandeln, die schneller zerfallen. Aber Brutreaktoren setzten sich bekanntlich weltweit nicht durch.

In den 1990er Jahren entwickelte der Italiener Carlo Rubbia, Physiknobelpreisträger von 1984 und zu diesem Zeitpunkt Generalsekretär des Europäischen Kernforschungszentrums CERN in Genf, ein nach ihm benanntes Konzept, den Rubbia-Reaktor oder Rubbiatron. Danach sollten Teilchenbeschleuniger dazu benutzt werden, langlebige Radionuklide in Elemente zu verwandeln, die bestenfalls gar nicht strahlen oder doch wenigstens in Jahrhunderten zerfallen. Um dies zu erreichen, soll ein Strahl schneller Protonen aus einem Teilchenbeschleuniger auf ein erhitztes Metall, ein Target, geschossen werden. Die dabei entstehenden schnellen Neutronen können die langlebigen radioaktiven Elemente in solche mit kurzen Halbwertszeiten umwandeln. Trifft z. B. ein Neutron das Plutonium-Isotop 239 mit einer Halbwertszeit von 24 000 Jahren, spaltet sich dieses in zwei Atome: das stabile Ruthenium 104 und das Cäsium 134 mit einer Halbwertszeit von nur noch zwei Jahren. Da das spaltbare Material im Reaktor unterhalb der kritischen Masse liegt – also jener Menge, bei der sich eine Kettenreaktion selbstständig aufrechterhält – ist hier eine Kettenreaktion ausgeschlossen. Damit ist der Rubbia-Reaktor viel sicherer als z. B. der Schnelle

Arbeiter in der Wiederaufbereitungsanlage Marcoule in Frankreich.



Brüter. Wird der Beschleuniger abgeschaltet, stoppt die Reaktion sofort. Bei der Transmutation wird zudem Energie frei, die einerseits den Beschleuniger betreiben und andererseits ins Netz gespeist werden könnte.

Erste Versuche am CERN in den 1990er Jahren bewiesen, dass das Rubbia-Prinzip funktioniert – allerdings wurden nur wenige Milligramm umgewandelt. In der Praxis geht es aber um viele Tonnen. So schätzt man die Menge des Atommülls nach dem Abschalten des letzten Kernkraftwerks in Deutschland auf ca. 17 000 Tonnen. Etwa 170 Tonnen davon sind langlebige Isotope, vor allem Plutonium und Americium. 30 Jahre nach den vielversprechenden Versuchen am CERN existiert noch keine großtechnisch funktionsfähige Anlage und viele Detailfragen sind noch ungeklärt. Eine entscheidende Komponente ist mittlerweile verfügbar – ein entsprechend leistungsfähiger Teilchenbeschleuniger. In Belgien wird derzeit mit MYRRHA (Multi-purpose hybrid Research Reactor for High-tech Applications) eine Anlage gebaut, bei der ein Neutronenstrahl erzeugt und auf einen Reaktor gelenkt wird, der Brennelemente aus langlebigem Atommüll enthält. Die Anlage soll 2030 in Betrieb gehen. Deutschland war anfangs Projektpartner, hat sich aber mittlerweile bis auf wenige Aktivitäten zurückgezogen.

Trotz der Erfolge in der Beschleunigerentwicklung sind noch wichtige Fragen offen. Die für die Transmutation der verschiedenen Radionuklide nötigen Strahlendosen sind sehr unterschiedlich. Außerdem enthalten die verbrauchten Brennelemente »Neutronengifte«, die Neutronen absorbieren, ohne dass es zu einer gewünschten Reaktion kommt. Aus diesem Grund muss der Atommüll aus heutigen Kernkraftwerken in verschiedene Fraktionen zerlegt werden (Partitionierung). Bei diesem Prozess werden zunächst Plutonium und Uran aus den verbrauchten Brennelementen extrahiert und dann die anderen langlebigen Radionuklide abgetrennt. Diese Stoffe werden anschließend zu neuen Brennelementen für den Transmutationsreaktor zusammengefügt. Allerdings gibt es weltweit nur wenige Aufbereitungsanlagen wie etwa jene im französischen La Hague oder in Sellafield in England. In Deutschland existiert dagegen keine derartige Anlage.

Weiterhin ändern sich während des Umwandlungs-



prozesses die physikalischen und chemischen Eigenschaften der Transmutationselemente, so dass die Bestrahlung in der Regel nach einigen Jahren beendet werden muss, noch bevor alle gefährlichen Stoffe abgebaut sind. Wenn aber mehrere Durchläufe durch den Transmutationsreaktor nötig sind, muss auch die Partitionierung mehrfach durchlaufen werden. Während die Abtrennung des sehr giftigen Plutoniums technisch gelöst ist, ist die Separierung der Elemente Neptunium, Americium und Curium schwierig. Sie kommen in viel geringeren Mengen in den abgebrannten Brennstäben vor, strahlen stark und sind wegen ihrer ähnlichen chemischen Eigenschaften nur schwer zu trennen. Mittlerweile sind hochkomplexe Moleküle bekannt, »Liganden«, die etwa die Trennung von Americium und Curium ermöglichen. Das Gefahrenpotential der Partitionierung wird etwas höher als das des Betriebs von Kernreaktoren eingeschätzt, weil hier hochradioaktive Substanzen in gefährlicher, d. h. flüssiger Form verarbeitet

In die französische Wiederaufbereitungsanlage La Hague in Frankreich liefern auch deutsche Kernkraftwerksbetreiber ihre abgebrannten Brennelemente.



Die Karte zeigt Lage und Status der Kernkraftwerke in Deutschland.

werden. Dies dürfte die Kosten für solche Trennverfahren in die Höhe treiben und die Akzeptanz in der Bevölkerung erheblich verringern.

Hinzu kommt, dass nach heutigem Stand bereits verglaste Abfälle, die sicherheitstechnisch besser beherrschbar sind, der Transmutation aus wirtschaftlichen Gründen nicht mehr zugeführt werden können. Für die Lagerung dieser Abfälle wäre demnach ein klassisches Endlager nötig. Würde man in der Transmutation einen in der Zukunft gangbaren Weg zur Bearbeitung hochradioaktiver Abfälle sehen, wäre es notwendig, die Verglasung rasch zu stoppen. Folglich müsste der in der Zwischenzeit entstehende Atommüll für viele Jahre in einer nicht verglasten, und damit in einer Form gelagert werden, die ein höheres Risikopotenzial besitzt.

Aus verteidigungspolitischer Sicht ist äußerst problematisch, dass bei der Partitionierung relativ reines Plutonium abgetrennt wird. Dieses Element ist nicht nur extrem giftig, langlebig und stark strahlend, es eignet sich auch gut zum Bau von Atomwaffen. Nun kann man argumentieren, dass die Vernichtung von Plutonium einen Beitrag zur Verringerung von kernwaffenfähigem Material darstellt. Andererseits muss die Partitionierung aber streng kontrolliert werden, so dass die Proliferation unterbunden wird. Nicht zuletzt entstehen in den Kernreaktoren auch

Radionuklide, etwa Technetium oder auch Zirkonium, die durch Transmutation nicht bearbeitet werden können. Da von deren langlebigen Isotopen aber große Gefahren ausgehen, müssten mindestens diese abgetrennt und langfristig gelagert werden.

Ein radikaler Schritt wäre die Entwicklung eines völlig neuen Reaktortyps, der mit abgebrannten Brennstäben funktioniert, so dass man auf eine oder gar mehrfache Wiederaufarbeitung verzichten könnte. Als Basis könnte der »Flüssigsalz-Reaktor« dienen. Bei diesem Reaktortyp liegt der Kernbrennstoff in Form geschmolzenen Salzes vor, das zugleich als Wärmeübertragungsmittel dient. Schnelle Neutronen sollen dort die langlebigen Radionuklide in kurzlebige umwandeln und dabei Energie erzeugen. Optimisten argumentieren, dass sich so der zuvor schwierig zu entsorgende Atommüll in einen begehrten Rohstoff verwandeln ließe. Damit wäre auch kein Uranabbau mehr nötig, der mit enormen Schäden für Umwelt und Gefahren für die Arbeiter verbunden ist. Ob aber dieser Weg wirklich gangbar ist, kann heute nicht abgeschätzt werden.

Die Bundesregierung und die Transmutation

Das Bundeswirtschaftsministerium hatte acatech, die Deutsche Akademie der Technikwissenschaften, beauftragt, diese neue Entsorgungstechnologie in einer Studie zu untersuchen. Das 2014 erschienene Gutachten kam zu der Empfehlung, diesen Weg in Deutschland nicht aktiv zu verfolgen, aber sich in Form einer »Forschungspartizipation« an europäischen Projekten zu beteiligen, um damit den Forschungsstand im Blick zu behalten. So entsteht z. B. derzeit in Belgien ein Prototyp, der die Transmutation erstmals unter realitätsnahen Bedingungen erproben soll. Auch in Großbritannien arbeitet man an dieser Technologie.

Durch den von der Bundesregierung beschlossenen Atomausstieg ist man dagegen in Deutschland in einer anderen Situation. So wird die Menge an langlebigem Atommüll mit 170 Tonnen angegeben. Im Gegensatz zu Staaten, die weiterhin Kernkraftwerke betreiben, vermehrt er sich in Deutschland nicht. Weiterhin wäre für die Transmutation ein Reaktor nötig. Selbst wenn dieser kein Kernkraftwerk im heutigen Sinne ist und deshalb möglicherweise



Das Kernkraftwerk Mülheim-Kärlich ging 1986 ans Netz, wurde 1988 aufgrund von Problemen abgeschaltet und in den darauffolgenden Jahren betriebsbereit gehalten. 2001 wurde es endgültig stillgelegt. Im Jahr 2018 wurde mit dem Rückbau des Kühlturms begonnen.

genehmigt werden könnte, dürfte dessen Bau und Betrieb gesellschaftlich wohl kaum akzeptiert und somit politisch nicht durchsetzbar sein.

Nun könnte man argumentieren, dass in Deutschland auch die Suche nach einem geeigneten Standort und der anschließende Bau eines Endlagers noch einige Jahrzehnte dauern wird. Diese Zeit stünde also den Wissenschaftlern zur Verfügung, um das Verfahren zur großtechnischen Reife zu entwickeln und anschließend die Menge an Abfall zu verringern. Was aber ist, wenn die Transmutation die in sie gesetzten Hoffnungen nicht erfüllen sollte? Die Diskussion über Kernenergie und die sichere Verwahrung ihres strahlenden Erbes wird uns nach 2022 sicherlich noch lange begleiten. ■■



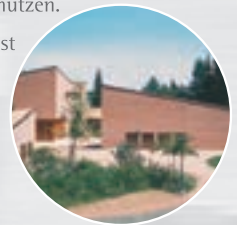
DER AUTOR

Dr. Frank Dittmann
ist Kurator für Energietechnik, Starkstromtechnik und Automation am Deutschen Museum.

Unsere Schule ein unbequemer – fröhlicher Ort



- Weil wir uns verpflichten, einander zu respektieren.
- Weil gegenseitiges Vertrauen stark macht.
- Weil alle ermutigt werden, die Freiheit des Einzelnen in unserer Gemeinschaft zu schützen.
- Weil junge Menschen sich selbst entdecken, ihre Gaben und Fähigkeiten entfalten.
- Weil wir den Widerspruch erwarten.
- Weil alle ermutigt werden, Bindungen einzugehen und Verpflichtungen wahrzunehmen.
- Weil uns Fehler helfen, Stärken weiterzuentwickeln.
- Weil wir im Interesse unserer Schüler auch dem Missbrauch von Macht und Einfluss entgegenreten.
- Weil wir den Mut haben, miteinander fröhlich zu sein.



www.derksen-gym.de

**ELTERNINFORMATIONENABEND
für die 5. Klasse 2019/2020
am Dienstag, 22. Januar 2019, 19 Uhr
und Mittwoch, 27. Februar 2019, 19 Uhr.
Intensive Beratung und Vorbereitung auf den
Übertritt ins Gymnasium.**



60 JAHRE



SEIT 1959

KLEINES PRIVATES LEHRINSTITUT

DERKSEN

GYMNASIUM

SPRACHLICH • NATURWISS.-TECHNOLOG.
STAATL. ANERKANNT • GEMEINN. GMBH

Pfingstrosenstraße 73 • 81377 München
Telefon 089/780707-0 • Fax 089/780707-10



Unser alltäglicher Müll

Von Melanie Jahreis, Illustrationen: Christof Gießler

Es ist Montagmorgen. Der Wecker klingelt oder besser gesagt mein Handy. Denn mein altmodischer Radiowecker fristet sein Leben schon lange auf irgendeiner Müllhalde. In Zeiten der Digitalisierung braucht es nicht viel. Ein Handy genügt: Es ist unser persönlicher Assistent, bringt uns an den richtigen Ort und verbindet uns mit Freunden. Handys entwickeln sich rasant und so kaufen wir regelmäßig neuere Modelle. Doch dies stellt uns vor zwei Herausforderungen: Wohin mit dem Abfall und woher mit den Ressourcen? Eine berechtigte Frage, denn das Ressourcenbudget für dieses Jahr ist längst aufgebraucht. Unsere Erde wird dem Massenkonsum nicht mehr Herr. Sie ist bereits an ihrer Grenze angekommen. Seit dem 1. August 2018 leben wir auf Pump. Jahr für Jahr fällt dieser »Earth Overshoot Day« früher an. Aber werden wir unsere Schuld jemals begleichen können?

Ich quäle mich erst mal aus meinem Bett und wackele schlaftrunken unter die Dusche. Das warme Wasser und der frische Duft des Duschgels wecken langsam meine Sinne. Es riecht fantastisch, nur leider ist das Duschgel, wie



so vieles, in einer Kunststoffverpackung abgefüllt. Diese besteht ihrerseits aus Erdöl, welches vor Millionen von Jahren durch Umwandlungsprozesse organischer Stoffe entstanden ist. Damals waren es überwiegend Algen, die Kohlenstoffdioxid speicherten und nun von uns verbraucht werden. Durch Verbrennung des Erdöls setzen wir das gespeicherte Kohlenstoffdioxid wieder frei und schädigen so unser Klima. Alternativen zum Kunststoff gibt es zwar, jedoch können sie die Kunststoffverpackungen noch nicht adäquat ersetzen und die Erdölvorräte sind endlich.

Ich brauche erst einmal einen Schluck Kaffee. Als Liebhaberin von Filterkaffee, greife ich hin und wieder auch mal zur Kapsel, besonders wenn es schnell gehen soll. Die wird häufig als Ressourcen-Verschwenderin deklariert. Dabei enthält der Deckel eines Jogurtbechers viel mehr Aluminium als eine Kapsel. Zudem braucht es – im Gegensatz zum Filterkaffee – für eine Tasse aus der Kapsel weniger Kaffeepulver. Dadurch werden Ressourcen in der gesamten Wertschöpfungskette gespart... Kapsel hin oder her, mir ist wichtig, dass der Kaffee schmeckt!

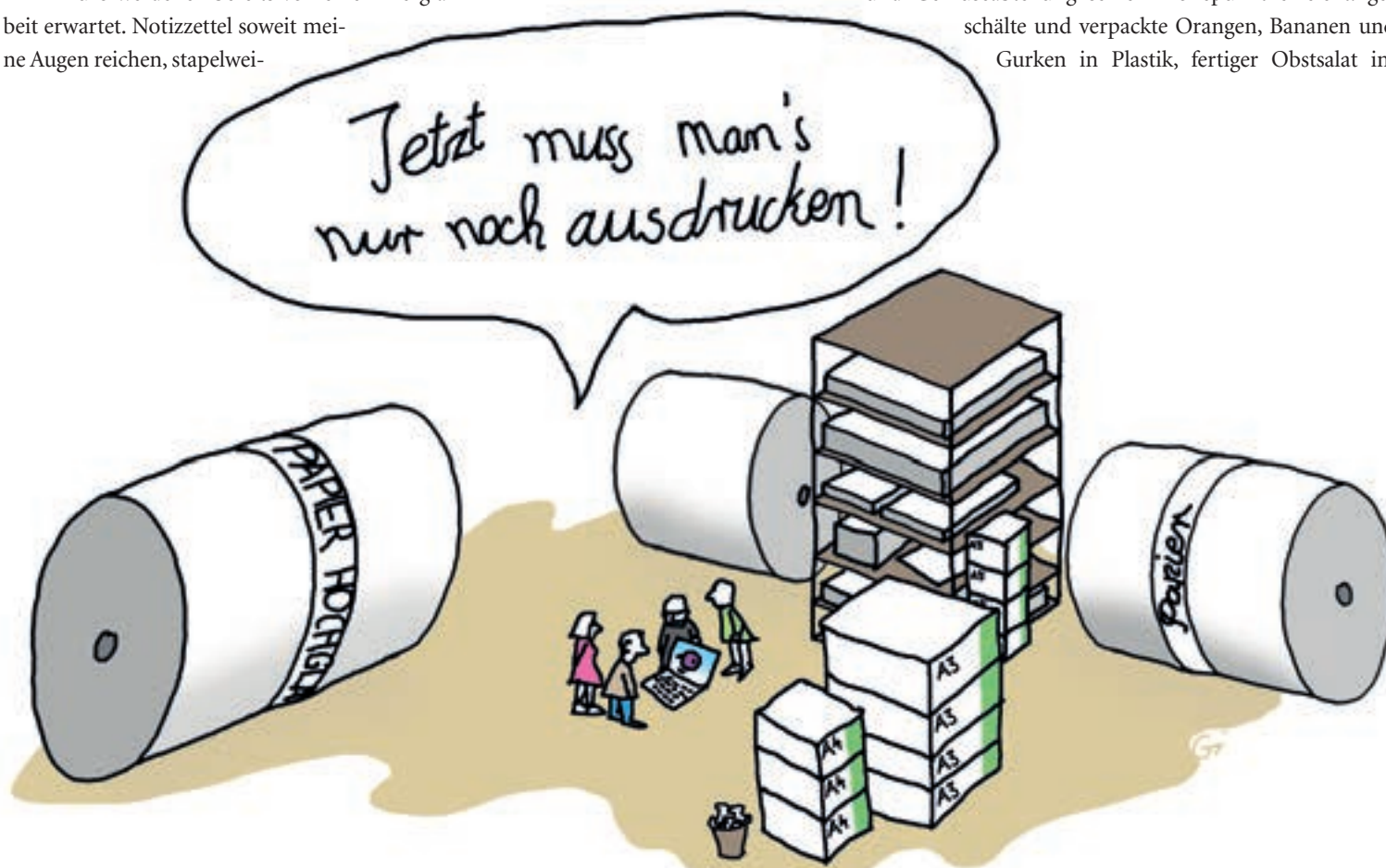


Ungeduldig werde ich von der Seite angestupst. Es ist Zeit für unsere Morgenrunde. Mein treuer Begleiter will sein tägliches Geschäft erledigen. Mit einer Plastiktüte bewaffnet stehe ich schon bereit. Leider gibt es immer noch viele Leute, die nicht so rücksichtsvoll sind und lieber einen Tretminenslalom auf dem Bürgersteig zurücklassen. Unsere Runde ist heute kurz – es regnet. Da zieht es mein kleiner Freund vor, auf dem Sofa zu entspannen. Ich kann das nicht, denn für mich heißt es: auf zur Arbeit. Zuvor packe ich mich und meine Sachen gründlich in Plastik ein. Dann fahre ich mit dem Rad durch den strömenden Regen. Das Schöne an solchen Tagen ist, dass die Radwege fast leer sind. Aber nur beinahe, denn hin und wieder liegt er da – der Müll auf dem Weg oder am Seitenrand. Und wo ein Müllstück liegt, gesellt sich rasch auch noch ein weiteres dazu.

Im Büro werde ich bereits von einem Berg an Arbeit erwartet. Notizzettel soweit meine Augen reichen, stapelwei-

se Papier und zig Dokumente. Erstaunlich, dass wir trotz Digitalisierung täglich von einer Flut aus Papier überrollt werden. Ressourcen, die man vielleicht an der ein oder anderen Stelle einsparen könnte? Aber der Papierberg wird nicht kleiner. Im Gegenteil, denn zurück daheim lächelt mich bereits ein voller Briefkasten mit Zeitungen, Werbung und Prospekten an – säuberlich verpackt in Plastikfolie. Mein Schild »Bitte keine Werbung« wurde wie so oft einfach ignoriert. Verärgert reiße ich die Prospekte aus der Folie und werfe sie in die Papiertonne. Nicht aufregen, denn an der Wohnungstür werde ich schon freudig erwartet. Ich weiß genau, was er mir mit seinen treuerzigen Augen sagen will. Aber ein Blick in den Kühlschrank verspricht nicht viel.

Und so finde ich mich kurze Zeit später im Supermarkt wieder, einem Eldorado für Plastikfans, das in der Obst- und Gemüseabteilung seinen Höhepunkt erreicht: geschälte und verpackte Orangen, Bananen und Gurken in Plastik, fertiger Obstsalat im



Becher. Überall Plastikverpackungen mit System, denn sie sollen uns suggerieren, dass ein verpacktes Produkt etwas Besonderes und somit schützenswert ist. Ein Verpackungswahn, der an der Menschheit zweifeln lässt. Deutschland belegt mit 213 Kilo Verpackungsabfall pro Jahr und Kopf sogar europaweit Platz 1. Das Siegetreppchen macht uns keiner so schnell streitig, denn wir glauben an die Kreislaufwirtschaft und produzieren daher immer mehr Abfall, als wäre alles unendlich verfügbar. Tatsächlich ist es schier unmöglich, im Supermarkt dem Verpackungswahn zu entkommen. Ich verzichte zumindest auf die Tüten in der Obst- und Gemüseabteilung. An der Kasse amüsiere ich mich köstlich, als der Kassierer die einzelnen Weintrauben geduldig zusammen drapiert und anschließend wiegt: »Brauchen sie eine Tüte?« »Nein, danke!« – mein Stoffbeutel reicht.

Dem Plastikwahn entkommen, packe ich meine Errungenschaften aus. 17 Kilo Einkauf macht diesmal 2,6 Kilo Verpackungsmüll. Also trenne ich zunächst das Essbare vom Abfall. Unter den wachsamen Augen meiner laufenden Biotonne bereite ich das Essen zu. Jeder kleinste Essensrest, landet in seiner Schnauze. Nur selten ist er voll, was man von unserer Haustonne nicht behaupten kann. Genau aus diesem Grund haben wir einen selbst ernannten Müllpolizisten in unserem Haus. Dieser überwacht das tägliche Geschehen rund um unsere Abfallbehälter und greift bei Verstoß ein. Besonders am Montag, am Tag vor der Restmüllleerung, läuft er auf Hochtouren. Akribisch wühlt er sich durch den Müll. Alles muss ordnungsgemäß getrennt werden, sonst wird der Abfall nicht mitgenommen. Wird er fündig, landet der falsch sortierte Müll sofort vor der Wohnungstür des jeweiligen Besitzers. Dabei staune ich immer wieder, wie er den Verursacher ausfindig machen kann. Mit unserem Müllpolizisten ist nicht gut Kirschen essen.

Seit kurzem gibt es auch ein neues inoffizielles Hausgesetz. Dieses erlaubt den Biomüll nur in einer Verpackung, wie beispielsweise in einer abbaubaren Biotüte, zu entsorgen. Dass das jedoch kontraproduktiv ist, scheint in unserem Haus niemanden zu stören. Tatsächlich schädigen diese Tüten der Kompostierung von Biomüll, da sie viel länger zum Verrotten brauchen. Aber was gehört über-



DIE AUTORIN

Melanie Jahreis,
Biologin, ist Mitarbeiterin des Deutschen Museums, freie Autorin und Kuratorin der Sonderausstellung »Kosmos Kaffee«.

haupt wo hinein? Zum Beispiel: Papier ist nicht immer Papier, das in die Altpapiertonne gehört. Beschichtete Papiere, die keine Verpackung sind, gehören in den Restmüll und diejenigen, die als Verpackung verwendet wurden, in die gelbe Tonne. Und in den großen gelben Sammelcontainern gestaltet sich das Einsortieren auch nicht immer leicht: Glas – weiß, grün, braun, und wohin mit der blauen Flasche?

Davon abgesehen hat wohl jeder von uns schon mal mit den kleinen scharfkantigen Öffnungen gekämpft, die dem Befüllen der Tonne nicht unbedingt entgegenkommen. Da behält man seinen Abfall doch lieber für sich und erschafft stattdessen neue kreative Werke aus dem Vergangenen. Upcycling – Schmuck aus Kaffeekapseln oder Taschen und Kleidung aus Verpackungen – der Kreativität sind keine Grenzen gesetzt. Mit einer heißen Tasse Tee und meiner laufenden Biotonne im Arm, die sich übrigens auch als Wärmflasche eignet, ziehe ich am Abend Bilanz: Müll ist eine Wissenschaft für sich und vor allem eine große Herausforderung für uns Menschen, die man nicht einfach wegwerfen kann, sondern für die man innovative Lösungen braucht. ■■

Plastikmüll ist ein Riesen-Problem! Jede Woche.

Die Münchner produzieren wöchentlich so viel Plastikmüll, dass man einen der Frauentürme damit füllen könnte.

Tu etwas dagegen!
#muenchengegenmuell

Tipp
Nr.5
Obst & Gemüse
unverpackt
kaufen



Abfallwirtschaftsbetrieb München
Ihr Abfall – Unsere Verantwortung



www.awm-muenchen.de

Von der Kunst, Berge zu bewegen

Elektronik- und Kunststoffabfälle wachsen rasant. Recycelt werden beide bis heute nur unzureichend. Die Politik versucht, das Problem mit neuen Vorgaben zu lösen. Forscher arbeiten an innovativen Verfahren bis hin zu einer echten Kreislaufwirtschaft. Von Christian Rauch



Alte Smartphones sind eine wahre Goldgrube. In einer Tonne Handymüll stecken ein paar Hundert Gramm Gold, einige Kilogramm Silber und noch mehr Kupfer. Aber auch Stoffe wie Indium oder Metalle der sogenannten Seltenen Erden. Eine Tonne, das sind etwa 6000 Stück – doch allein 2017 wurden gut 1,4 Milliarden neue Smartphones weltweit verkauft. Ein Haushaltsgerät wie ein Kühlschrank oder eine Waschmaschine enthalten ebenfalls ein wenig Elektronik, Kupfer sowie viel Aluminium. Nimmt man alle weggeworfenen großen und kleinen Elektrogeräte zusammen, stecken darin schätzungsweise 55 Milliarden Euro an Rohstoffwert! Diesen Wert könnte man nun durch Recycling wiedergewinnen. Aber es geschieht nur zu einem

Immer rascher werden »alte« elektronische Geräte gegen neue ausgetauscht. Übrig bleiben gigantische Schrotberge.

Teil. Und so türmen sich alte Elektrogeräte auf Deponien in Entwicklungsländern, wo sie Luft und Wasser verschmutzen und die Gesundheit von Menschen und müllsammelnden Kindern gefährden. Hersteller setzen für die Geräte noch immer deutlich mehr frische Rohstoffe ein als wiederverwertete. Und Rohstoffe gehen dem Wirtschaftskreislauf schlicht verloren, wenn sie am Ende deponiert oder verbrannt statt recycelt werden. Dabei schreibt die WEEE-Richtlinie (Waste Electrical and Electronic Equipment) in EU-Ländern seit langem vor, dass Hersteller für jedes ihrer Geräte eine ordentliche Entsorgung gewährleisten müssen. In Deutschland heißt das zugehörige Gesetz ElektroG. Wird Elektroschrott mit dem Kennzeichen des



Leiterplatten von PC's oder Mobiltelefonen bergen zahlreiche wertvolle Metalle.

»Durchgestrichenen Mülleimers« ordnungsgemäß an einer Sammelstelle abgegeben, sorgen anschließend spezialisierte, von den Herstellern beauftragte Unternehmen für das Sortieren, Zerkleinern und Recyceln.

Defizite beim Elektroschrott

Doch bei jedem dieser Schritte gibt es Defizite. Die Sammelquote liegt in Deutschland bei nur 40 Prozent – 65 Prozent sollten 2019 eigentlich schon erreicht werden. Doch viele Altgeräte bleiben noch immer beim Konsumenten jahrelang in der Schublade, auf dem Dachboden oder im Keller liegen. Oder sie landen im Restmüll und werden schließlich verbrannt. Nicht selten holen sich findige Schrottsammler Elektrogeräte aus dem Sperrmüll oder aus illegalen Sammelaktionen und schlachten sie ungezielt aus. Ein erheblicher Teil landet auch in Entwicklungsländern, vor allem in Afrika und Asien. Manches geschieht über illegale Kanäle, anderes wird aus guter Absicht zur Wiederverwendung verschifft, ist aber teilweise so alt oder unbeliebt, dass es auf Deponien landet. In anderen Ländern ist die Sammelquote teilweise noch schlechter – international liegt sie bei nur 20 Prozent. Und das obwohl mehr als 60 Länder mittlerweile eine Elektroschrott-Richtlinie erlassen haben. Doch an der praktischen Umsetzung hapert es dort meist noch deutlich stärker als in europäischen Ländern.

»Es ist paradox, dass wir den Elektroschrott als wertvollsten Müll am weitesten wegbringen«, sagt Rüdiger Kühr, Direktor des Programms für nachhaltige Kreisläufe an der Universität der Vereinten Nationen. »Papier, Restmüll und Plastik werfen wir dagegen vor der Haustür in eine Tonne.« Doch der Experte gibt zu, dass dieses Problem nicht so leicht zu lösen ist. »Elektromülltonnen würden in vielen Städten schlicht ausgeräubert.« So mussten in den letzten Jahren schon Menschen aus großen Elektroschrottcontainern befreit werden, die bei der Suche nach werthaltigen Geräten stecken geblieben waren. Sammelversuche gab es an Tankstellen, mit Boxen im Einzelhandel, Sammeltagen oder Sammelolympiaden in Schulen. Doch entweder ist die versuchte Lösung teuer oder schlicht unbeliebt. Das gilt auch für das seit Jahren vorgeschlagene Handypfund. Eine effektive Lösung wurde bisher tatsächlich nicht gefunden. Und so schlägt Rüdiger Kühr vor, dass Kunden

Elektrogeräte in Zukunft nur mehr leihen sollten. Der Hersteller würde Eigentümer bleiben und müsste so alte oder fehlerhafte Geräte automatisch zurücknehmen.

Der Teil an Elektroschrott der in den folgenden Prozessschritten, der Zerkleinerung, Sortierung und dem Recycling ankommt, wird allerdings auch nicht immer ideal wiederverwertet. So leitet ein sogenannter Erstbehandler zwar gefährliche Substanzen wie die Flüssigkeiten in einem Kühlschrank ordnungsgemäß ab. Das Haushaltsgerät wird dann geschreddert, danach kann Stahl und Aluminium entnommen werden. Die Elektronik aber wird meist nicht extra ausgebaut. Bei PCs, Notebooks und anderen Kleingeräten ist der Elektronikanteil proportional deutlich wertvoller. Wenn möglich werden daher Akkus und Leiterplatten entnommen. Ansonsten wird alles in kleine Stückchen zerkleinert. Das passiert vor allem, wenn der Schrott von den Sammelstellen sehr vermischt und unsortiert ankommt. Handys und Smartphones werden, sofern sie nicht zu sehr vermischt eintreffen, nach Entnahme der Akkus direkt zum finalen Recycling weitergeleitet.

Wertvolle Metalle werden aus Elektronikschrottresten gewonnen

Und so landet nach Abtrennung von Kunststoff, Eisen und Aluminium aus dem geschredderten Gemisch ein Strom aus Leiterplatten, Kupfer-/Elektronikfraktionen und ganzen Handys schließlich bei einer Handvoll großer spezialisierter Unternehmen weltweit, die es in Hochöfen einschmelzen – man nennt sie Kupfer- und Edelmetallhütten oder moderner »integrated smelter«. Im Hochofen trennen sich verschiedene Metalle. Das schwerere Kupfer sinkt auf den Boden und nimmt die Edelmetalle mit. Andere Bestandteile bleiben als Schlacke oben. Aus dem Kupfergemisch wird wiederum reines Kupfer gewonnen. Der Edelmetallrest wird durch weiteres Schmelzen und komplizierte chemische Verfahren in reine Edelmetalle wie Gold, Silber und Palladium aufgedröselt – das wertvollste Ergebnis. Aus der Schlacke schließlich können noch Blei und Nickel gewonnen werden. Das belgische Unternehmen Umicore, eine der wichtigsten »integrated smelter« gewinnt auch noch Antimon, Zinn, Wismut und Indium zurück. In einer solch modernen Hütte können insgesamt bis zu 17 Metalle



Alte Blechdosen werden in Deutschland zur Wiederverwertung gesammelt. Beim Einschmelzen wird allerdings fast ebenso viel Kohlendioxid frei wie bei der Verbrennung.



der Wiederverwertung zugeführt werden. Auf einem modernen Chip sind mittlerweile aber noch mehr Rohstoffe enthalten und so gehen einige auch verloren. Zum Beispiel Tantal oder Metalle der Seltenen Erden. Alles zurückzugewinnen ist laut Umicore aber nicht auf ökonomische Weise möglich. Daher forscht man dort daran, die Prozesse energiesparender zu machen und die Metallausbeute in bestehenden Verfahren quantitativ zu erhöhen.

Auch an der Rheinisch-Westfälischen Technischen Hochschule (RWTH) Aachen untersucht man Möglichkeiten, wie man die Verfahren der Metallrückgewinnung perfektionieren könnte. Zugleich sollen sie laut den Forschern auch einfacher werden, damit sie bei mehr Unternehmen und damit dezentraler eingesetzt werden könnten – womöglich auch in Entwicklungsländern. In einem Projekt wurde die Vorbehandlung des Elektronik-Kunststoff-Gemisches getestet. »Durch starke Erhitzung unter Sauerstoffabschluss, so genannte Pyrolyse, wird der Kunststoff förmig abgespalten«, erklärt Benedikt Flerus vom IME-Institut für Metallurgische Prozesstechnik und Metallrecycling an der RWTH. »Besondere Metalle wie Indium nimmt das Gas mit sich, später können sie aus dem Abgasstrom auskondensiert und wiedergewonnen werden.« Auch Schadstoffe wie Brom, das als Flammschutzmittel enthalten war, entweichen. Übrig bleibt ein schadstofffreier Feststoff, der zur Rückgewinnung von Kupfer und Edel-

Aus alten Batterien stammen die Bleibarren aus der Gießmaschine der »Muldenhütten Recycling und Umwelttechnik GmbH« in Freiberg (Sachsen). Verwendet wird das Recyclat vor allem für Batterien in der Chemie- und Elektroindustrie. Das anfallende Natriumsulfat geht in die Waschmittel- und Glasindustrie, die aufbereiteten Gehäusereste in die Kunststoffindustrie.

metallen im »integrated smelter« weiterverarbeitet werden kann. Andere Forschungsarbeiten zielen auf hydrometallurgische Verfahren, also auf eine Herauslösung von Metallen durch wässrige Chemikalien. Generell ermöglicht es die Gesamtheit solcher neuer und verbesserter Verfahren so gut wie alle Rohstoffe aus Elektronikschrott zurückzugewinnen – aber eben im Labormaßstab. Eine wirtschaftliche Umsetzung ist noch nicht absehbar.

In einem anderen Projekt am IME namens MetalSens soll die gesamte Prozesskette vom Sortieren und Zerkleinern bis zur Wiedergewinnung optimiert werden. Dabei geht es zum einen um eine automatisierte Erkennung und Sortierung, denn in der Elektroschrottbranche werden werthaltige Ressourcen noch aufwendig per Handklaubung aus Geräten ausgebaut – oder es wird auf den Ausbau aus Kostengründen verzichtet. Im Projekt entwickelte Sensoren sollen nun physikalische und chemische Eigenschaften der Komponenten erkennen, die aus dem Schredder kommen und diese sortieren. Ein weiteres Ziel ist den Prozess staubärmer zu machen, denn vor allem beim Schreddern gibt es ein hohes Aufkommen der feinen Staubfraktion. Mit diesem Staub gehen wertvolle Rohstoffe verloren und außerdem erfordert der Staub bei den Betrieben aufwendige Verfahren zur Entstaubung zur Reduzierung von Umweltbelastungen.

MetalSens ist eines von 40 Förderprojekten der Fördermaßnahme »r4 – Innovative Technologien für Ressourceneffizienz« des Bundesministeriums für Bildung und Forschung. Dort liegt das Augenmerk vor allem auf wirtschaftsstrategischen Rohstoffen – also auf Rohstoffen, die unsere Wirtschaft braucht, die aber bisher hauptsächlich durch Import eingeführt werden, auch aus Ländern, bei denen die Rohstoffversorgung und die Arbeitsbedingungen unsicher sind. Dazu gehören Platingruppenmetalle, Stahlveredler und Hochtechnologiemetalle. Zum Beispiel Tantal für Kondensatoren auf Mikrochips, Kobalt für Akkus oder die Metalle der Seltenen Erden, die wiederum unter anderem für Magnete in Elektromotoren und Windkraftanlagen sowie Leuchtmittel benötigt werden. Neben Projekten wie MetalSens, die solche Metalle besser aus dem Recyclingprozess zurückgewinnen möchten, fördert r4 auch Projekte, welche die früheren deutschen Erzlager-



Gold, Silber und Kupfer können neben zahlreichen anderen Metallen aus Elektronikschrott gewonnen werden.

stätten unter die Lupe nehmen. Denn vielleicht könnten Hochtechnologiemetalle auch hierzulande als Primärrohstoffe gewonnen werden.

Wie kommt man an Rohstoffe in Altautos

Viele solche Stoffe verstecken sich allerdings auch als Sekundärrohstoffe in alten Autos. Kraftfahrzeuge laufen zwar nicht unter der Elektroschrott-Richtlinie sondern unter einer eigenen Altfahrzeug-Verordnung. Doch auch hier entscheidet der Erstbehandler ob er werthaltige Elektronik oder kleine Elektromotoren vorher ausbaut oder einfach mit der Karosserie schreddert. Und gerade die kleinen Elektromotoren werden im Pkw immer mehr, sind längst nicht mehr nur in Fensterhebern, Motorlüftung und Scheibenwischer verbaut. Und sie enthalten zahlreiche Metalle und Seltene Erden. Am Clausthaler Umwelttechnik Forschungszentrum CUTEC hat man daher mit dem Land Baden-Württemberg erforscht, wie man eine Demontagefabrik aufbauen könnte. Auch bei ihr soll kein manueller, sondern ein automatisierter Ausbau von werthaltigen Komponenten aus Autos, Industriemaschinen und den immer häufiger verkehrenden E-Bikes erfolgen. Mittels ausgefeilter Bilderkennung schaffen es Roboter mehr als dreimal schneller als der Mensch. Eine vermehrte Demontage der werthaltigen Komponenten könnte sich so zukünftig lohnen.

In Elektroautos wird die Batterie ein entscheidender neuer Faktor sein. Hier ist es einer der »integrated smelter«, Umicore, der Lithium-Ionen-Batterien recyceln kann. Momentan kommen die Batterien noch mehr aus Smartphones und Notebooks, doch der Anteil an E-Auto-Batterien wächst und macht in Zukunft deutlich größere Kapazitäten nötig. Kobalt, Nickel und Kupfer werden in einem speziellen Hochofenverfahren aus der Altbatterie zurückgewonnen. Und seit einem Jahr gelingt es Umicore auch, das Lithium auf wirtschaftliche Weise zu recyceln. Ansonsten unterscheidet sich ein Elektroauto nicht viel von einem klassischen Pkw, so dass die Wiederverwertung analog erfolgen kann. Allerdings enthält ein Elektroauto auch mehr Elektronik, was den Bedarf an einer verbesserten Demontage und Entstückung weiter erhöhen wird. Zumal auch im Autobereich die Sammelquote unzurei-

chend ist, das heißt nur ein recht kleiner Teil der Altautos geht in den deutschen Recyclingprozess. Denn viele aus-rangierte Pkws landen als Gebrauchtwagen irgendwo auf der Welt oder stehen auf Grundstücken still.

Auch der Plastikmüll kämpft mit Quoten

Bei Kunststoffabfällen aus dem Verpackungsbereich ist die Verwertungsquote mit nahezu 100 Prozent eigentlich perfekt. Keine Plastiktüten oder Schachteln, die in den gelben Tonnen oder Säcken hierzulande geworfen werden, landen mehr in einer Deponie. Doch wer genauer in den Prozess der Dualen Systeme blickt, wird sehen, dass die eigentliche Recyclingquote nur bei rund 40 Prozent liegt. Der restliche Kunststoff wird thermisch verwertet, also zur Energieerzeugung verbrannt. Deutschland steht damit im internationalen Vergleich zwar gut da: In vielen europäischen Ländern ist die Recyclingquote niedriger, in den USA beträgt sie nur rund zehn Prozent und China, das mal mehr, mal weniger Kunststoffabfälle für das eigene Recycling importiert, lässt sich ungern in die Karten schauen. Doch Fakt ist auch: Glas, Metall und Papier werden hierzulande bereits zu über 80 Prozent recycelt. Der Kunststoff ist damit neben dem Elektroschrott das Problemkind in der deutschen Abfallwirtschaft.

Das neue Verpackungsgesetz schreibt ab 1. Januar vor, die Recyclingquote beim Kunststoff bis zum Jahr 2022 zumindest auf 63 Prozent zu erhöhen. Doch auch das ist gar nicht so einfach. Sortieranlagenbetreiber müssen in verbesserte technische Verfahren investieren, um die Ausbeute an recyclingfähigem Kunststoff zu steigern. Im Projekt »Technische Potenzialanalyse zur Steigerung des Kunststoffrecyclings und des Rezyklateinsatzes«, gefördert durch das Umweltbundesamt, untersuchten mehrere Partner aus Forschung und Wirtschaft, wie sich dieses Ziel am besten erreichen lässt. »Beispielsweise ist es bislang schwierig, schwarze Kunststoffe und Kunststofffolien im Sortierprozess gut zu erkennen«, erklärt Umwelttechniker Rüdiger Oetjen-Dehne vom Ingenieurbüro u.e.c. Berlin, der am Projekt mitgewirkt hat. »Diese Kunststoffarten landen daher bisher oft in der Verbrennung.«

Schwarze Kunststoffe werden von den Nahinfrarotsensoren, die Stand der Technik in Sortieranlagen sind,



In China landete bisher ein Gutteil deutschen Plastikmülls. Dort wurde er von billigen Arbeitskräften sortiert und anschließend zu Granulaten zermahlen. Künftig will China jedoch keinen europäischen Plastikmüll mehr annehmen.

schlecht erkannt, da Schwarz schlecht reflektiert. Mittlerweile gibt es allerdings Verfahren mit hochauflösenden Zeilenkameras oder Laserunterstützung, die auch das dunkelste Stück Plastik identifizieren. Ähnliches gilt für Folien. Sie flogen bisher auf schnellen Förderbändern durch den Luftwiderstand herum und konnten durch Sensoren schlecht erfasst werden. Doch auch hier haben findige Ingenieure Abhilfe geschaffen: Mit der Bandgeschwindigkeit synchronisierte Luftströme zwingen die Folien, auf dem Boden des Förderbands liegen zu bleiben. Nun können auch beim schwarzen Plastik und bei den Folien verschiedene Typen von Kunststoffen sicher erkannt werden, beispielsweise Polystyrol, PET oder Polyethylen, so dass sie sortenrein für das folgende Recycling getrennt werden. Nur bei mehrschichtigen Folien, bei denen die Sensoren das Material der Oberseite, aber nicht die darunter liegenden Schichten erkennen, gibt es noch Probleme. »An sich aber«, so ist Rüdiger Oetjen-Dehne sicher, »existiert für jedes Problem im Sortierprozess eine technische Lösung.« Anlagenbetreiber müssen nun auch in diese Lösungen investieren.

Vom recyclinggerechten Konstruieren zur Kreislaufwirtschaft

Eine andere Herausforderung im Kunststoffrecycling lässt sich weniger durch Technik lösen – die niedrige Akzeptanz der Rezyklate. Rezyklate sind die frischen Rohstoffe, die aus dem Recycling kommen und nun in neuen Kunststoffprodukten zum Einsatz kommen könnten. Doch die Kunststoffhersteller ziehen häufig neuen Kunststoff den Rezyklaten vor oder mischen Rezyklate lediglich bei. Aus-

schließlich aus Rezyklaten entstehen daher noch immer häufig minderwertige Produkte, wie Parkbänke, Mülltüten, Blumenkübel oder Rohre für den Baubereich. Auch neue Lebensmittelverpackungen dürfen nur mit Einschränkungen aus Rezyklaten bestehen, damit nicht bedenkliche Stoffe die Gesundheit gefährden. Diese Stoffe gehen freilich meist auf die Produkte und ihre Befüllung (beispielsweise Pflanzenschutzmittel in Plastikbehältern), weniger auf das Recycling zurück.

Um dieses Problem zu lösen fordert Henning Wilts, Abteilungsleiter Kreislaufwirtschaft am Wuppertal Institut, Produkte in Zukunft so zu designen, dass Rohstoffe in bestmöglicher Qualität zurückgewonnen werden können. »Recycling ist kein Selbstzweck, es muss die Umwelt stärker entlasten, indem wir zu geschlossenen Stoffkreisläufen kommen!« Einen ersten Schritt macht das neue Verpackungsgesetz. Es sieht vor, dass Hersteller höhere Lizenzgebühren zahlen müssen, wenn sie Verpackungen nicht recyclinggerecht designen. Lizenzgebühren müssen Hersteller an die Betreiber der Dualen Systeme leisten, wann immer sie Verpackungen in den Handel bringen. Deutlich weitergehende Forderungen würden die Hersteller ganz für die Kosten der Entsorgung verantwortlich machen – denn dann würden sie noch viel mehr darauf achten, dass die Produkte in einer gut recycelbaren Form entwickelt werden. Noch beäugt die Europäische Union die Selbstverpflichtungen der Wirtschaft. Dort wollen Discounter nun offenbar eine Vorreiterrolle annehmen: Aldi will bis 2022, dass die Verpackungen der Eigenmarken zu 100 Prozent recycelbar sind. Lidl plant gar ein eigenes duales System. Und andere Einzelhändler haben sich zur Reduzierung von Plastik in Verpackungen bekannt.

Für eine echte Kreislaufwirtschaft sei aber Umdenken in allen Bereichen erforderlich, so Henning Wilts. »Wir dürfen nicht länger darauf schauen, aus welcher Branche der Müll kommt, sondern was im Müll drin steckt.« So sind in der gegenwärtigen Abfallwirtschaft ein Föhn und ein Smartphone beide Elektroprodukte und gelten beide als »Kleingeräte«. So landen sie im selben Container, doch im Smartphone steckt viel mehr Rohstoffwert. In einer Kreislaufwirtschaft würde das Smartphone also einen eigenen Entsorgungsweg gehen.



DER AUTOR

Dipl.-Ing. Christian Rauch ist freier Journalist für Zeitungen und Zeitschriften. Schwerpunkte: Wissenschaft/Technik sowie Reise und Tourismus. Sein neues Buch *Technik und Wissenschaft erleben: Rund um München* zeigt 50 Ausflugsziele für Technikinteressierte um München: u. a. Wind- und Wasserkraftwerke, Bergwerke, Flugplätze oder Sternwarten.



Aus recyceltem Plastikgranulat werden neue Kunststoffe gegossen.

Henning Wilts stellt den Vorteil der Kreislaufwirtschaft volkswirtschaftlich dar: »Man kann hohe oder steigende Recyclingquoten hierzulande loben. Dreht man aber die Sichtweise um, erkennt man, dass trotzdem erst 14 Prozent aller Rohstoffe die in Deutschland verarbeitet werden, aus Recycling stammen. In den Niederlanden sind es bereits 25 Prozent!« Unser Nachbarland arbeitet ebenso wie Finnland, Schottland und Slowenien an Plänen für eine Kreislaufwirtschaft. Freilich kann eine gute Kreislaufwirtschaft nicht darin bestehen, dass aus jeder Tüte wieder genau eine neue Tüte, aus jedem Handy ein neues Handy entsteht. »Doch die stofflichen Qualitäten müssen erhal-

ten werden«, stellt Henning Wilts klar. Auch 100 Prozent Recyclingquote sind utopisch, weil Materialverluste existieren und Recycling gleichzeitig Energie benötigt, für die man wiederum Ressourcen braucht. Doch die Quote von 14 Prozent beim Einsatz von Recyclingstoffen deutlich zu steigern, ist für Henning Wilts alles andere als unrealistisch.

Und manchmal können recycelte Rohstoffe gar upgecycelt werden: So sollen die 5000 Medaillen bei den Olympischen Spielen 2020 in Tokio überwiegend aus Edelmetallen gefertigt werden, die aus recyceltem Elektroschrott stammen. ■■

Anzeige



Als Familienunternehmen im Norden Münchens stehen wir unseren Kunden nun seit mehr als 60 Jahren als zuverlässiger Partner in allen Fragen rund um Entsorgung- und Recycling kompetent zur Seite. Mit unserem eigenen Fuhr- und Containerpark, unserer ultramodernen, zertifizierten Aufbereitungs- und Sortieranlage, unserer Kompetenz in Sachen Sondermüll und Gefahrgut und unserer langjährigen Erfahrung können wir unsere Kunden mit ihren ganz speziellen Wünschen bedienen. Dabei ist es unerheblich, ob ein Keller entrümpelt, ein Handwerksbetrieb beraten, eine Großbaustelle betreut werden will oder ein Industrieunternehmen einen verlässlichen Partner sucht – **Breitsamer ist Ihr Partner.**

Wir erhalten den Kreis

Dachauerstr. 535 80993 München Telefon 089 3090989-0 www.breitsamer.com

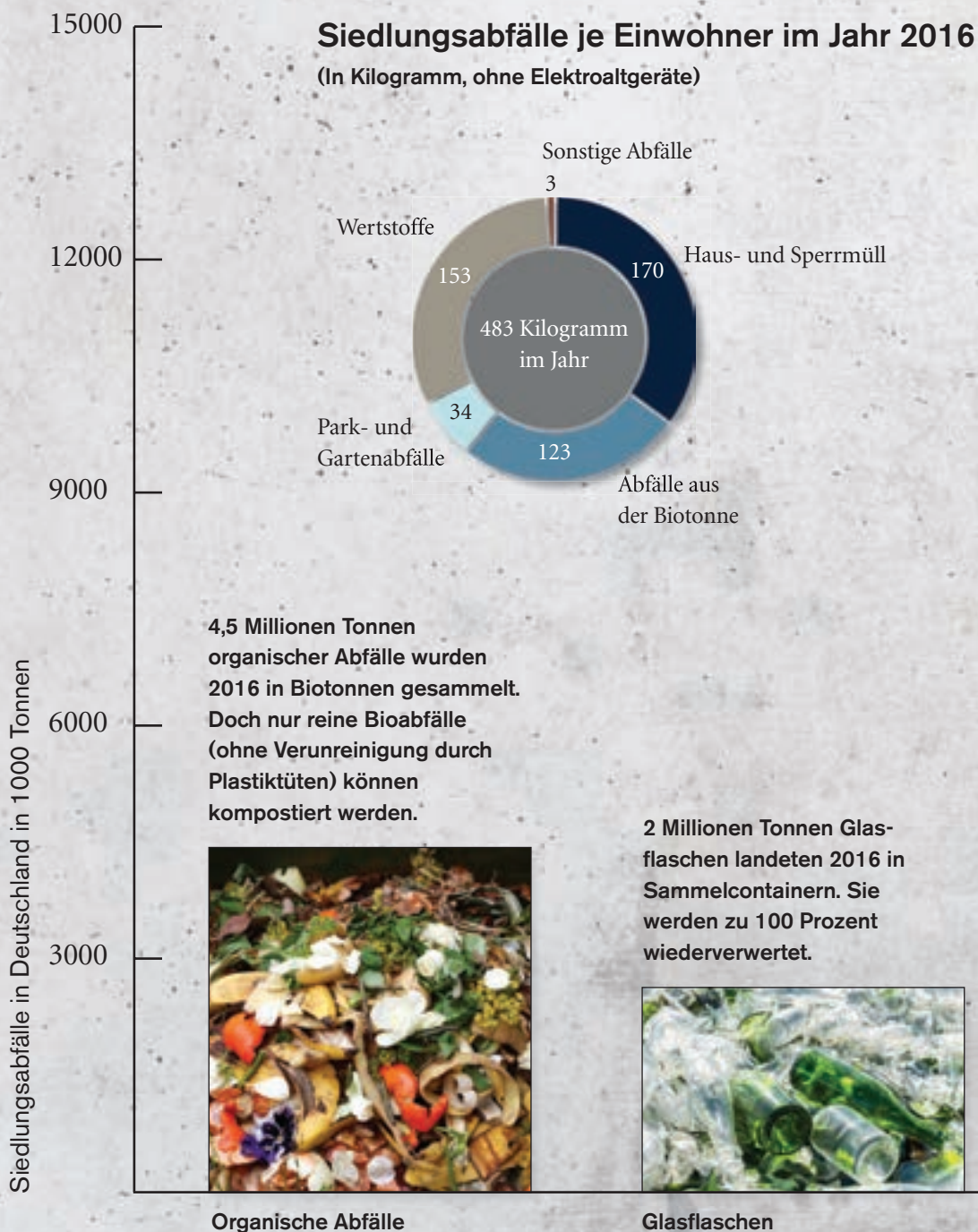


Die Abfallmeister

Die schlechte Nachricht zuerst: In Deutschland wird immer mehr Müll produziert. Insbesondere bei den privaten Haushalten wächst das Volumen kontinuierlich an. Immerhin: Ein Großteil der Abfälle wird heute recycelt oder zur Energiegewinnung genutzt. Die Grafik zeigt den Anteil der einzelnen Komponenten des privaten Müllaufkommens und den Anteil an recycelten Wertstoffen auf Basis von Erhebungen des Umweltbundesamtes. Die vom Umweltbundesamt genannten Recyclingquoten von bis zu 100 Prozent hält die Deutsche Gesellschaft für Abfallwirt-

schaft allerdings für geschönt: 31 bis 41 Prozent seien realistisch. Die positiven Recyclingquoten beinhalten nämlich auch Müll, der beispielsweise außer Landes gebracht oder verbrannt wird. Als »recycelt« gilt alles, was in irgendeiner Form eine Recyclinganlage durchläuft. Wirklich gut funktioniert das Recycling bisher nur bei Glas und Papier. Umweltextperten kritisieren die Fixierung auf das Recycling. Sie sind der Meinung, dass das Müllaufkommen insgesamt verringert werden müsste.

Text: Sabrina Landes Grafik: Mehran Abjar



Anteil der Abfälle in Deutschland 2016

(In Prozent)



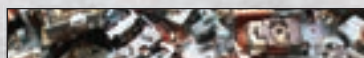
Knapp 15 Millionen Tonnen Restmüll blieben 2016 nach der Trennung der Wertstoffe übrig. Davon werden bisher etwa 20 Prozent wiederverwertet.

2016 wurden fast 6 Millionen Tonnen Verpackungsmüll gesammelt. Ein Teil davon wird dem Recycling zugeführt, ein anderer wird thermisch verwertet.

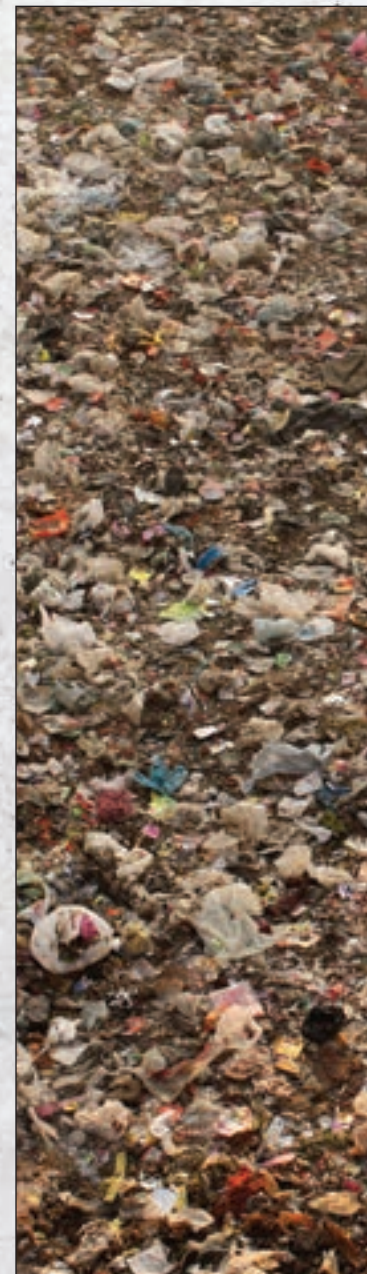


Plastik und Verpackung

617 000 Tonnen Elektro- und Elektronikmüll wurden 2016 gesammelt und dem Recycling zugeführt. Doch weitaus mehr Haushaltsgeräte, Handys oder Computer werden bisher noch nicht sachgemäß entsorgt.



Elektogeräte, EDV



Hausmüll



Blick auf einen Teil der Kläranlage in Großlappen bei München. Hier wird das Abwasser der Münchner gesäubert, ehe es in die Isar fließt.

3.

Nach der Vor-
klärung übernehmen
Bakterien in den
Belebungsbecken die
weitere Reinigung.

2.

Aus dem Sandfang
fließt das Abwasser in die
Vorklärbecken. Dort sinken
weitere kleine Teilchen zu
Boden.

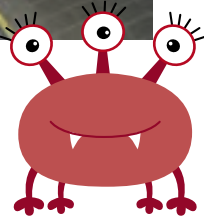
1.

Im »Sandfang«
sinkt Sand zu
Boden und wird
abgepumpt.





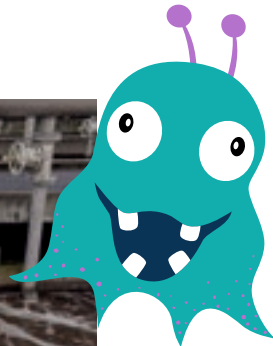
Bevor die Reinigung in verschiedenen Klärbecken beginnt, werden grobe Teile durch einen Rechen aus dem Abwasser gefischt.



Gefräßige

Bakterien

Zum Händewaschen, auf der Toilette oder beim Abspülen benötigst du Wasser. Das fließt danach einfach weg. Aber wohin?



In den Belebungsbecken fühlen sich Bakterien richtig wohl. Sie ernähren sich von kleinsten Schmutzteilen.



In Faulbehältern wird Schlamm gesammelt. Hier entstehen Gase, die zur Energiegewinnung genutzt werden können.

Noch vor 150 Jahren hat man Schmutzwasser einfach auf die Straße geschüttet. Am Land war das kein großes Problem, aber in den engen Städten wurde es schon bald zum Ärgernis. In den Gassen hat es gestunken. Immer wieder sind Krankheiten ausgebrochen. Hinzu kam, dass die Menschen immer mehr giftige Substanzen mit dem Wasser wegspülten. Also begann man in den Städten Kanäle anzulegen, in denen das Wasser gesammelt und in die Flüsse der Umgebung geleitet wurde.

Auf Dauer war auch das keine gute Idee. Die Flüsse wurden immer dreckiger und die Fische starben. Also dachte man darüber nach, wie man das benutzte Wasser reinigen könnte, ehe man es in die Flüsse leitete. Man entwickelte die Kläranlage.



Der Weg des Abwassers

Abwasser wird in langen und großen Rohren vom Haushalt oder von der Fabrik in die Kläranlage geleitet. Es enthält Toilettenpapier, Essensreste, Urin und Kot, Sand, Kies, Glassplitter, Öl, Plastik und viele andere Schmutzteile. Die groben Teile werden mit einem riesigen Rechen herausgefischt. Dann fließt das Wasser weiter durch einen »Sandfang«. Hier sinken kleinere Teilchen zu Boden und werden abgepumpt. Weiter geht's zum »Vorklärbecken«. Dort bewegt sich das Wasser ganz langsam. Fette und Öle, die an der Oberfläche schwimmen, werden abgesaugt. Das auf diese Weise vorgereinigte Wasser gelangt nun ins »Belebungsbecken«. Die Belebungsbecken sind ein Paradies für ganz bestimmte Bakterien. Sie fressen viele schädliche Stoffe auf, die noch im Wasser gelöst sind.

Damit sich die Bakterien wohlfühlen, benötigen sie Sauerstoff. Deshalb wird in die Belebungsbecken Luft hineingepustet, so dass es darin lustig sprudelt. In der schaumigen Brühe bekommen die Bakterien ordentlich Appetit. Sie fressen und vermehren sich und fressen... bis sie mit dem Wasser ins Nachklärbecken gespült werden. Dort ist Schluss mit den Extraktionen an Sauerstoff. Die vollgefressenen Bakterien werden träge und sinken zu Boden. Das Wasser über ihnen ist nun sauber genug und kann z. B. in einen Fluss geleitet werden. Der übriggebliebene Schlamm aus den verschiedenen Becken landet im »Faulbehälter«. Dort arbeiten wieder andere Bakterien, die ganz ohne Sauerstoff leben. Dabei entstehen Gase (z. B. Methan), die in Wärme oder Strom umgewandelt werden können. Was am Ende des großen Fressens übrig bleibt, wird verbrannt.

Sabrina Landes



Kleine Schweine sind niedlich, aber sie produzieren auch eine ganze Menge Mist.



Ivo zu Besuch bei Georg

Bauern dürfen den Mist ihrer Tiere heute nicht mehr auf den Feldern ausbringen. Stattdessen lässt sich daraus zum Beispiel Strom herstellen.

Georg wohnt in Franken auf dem Land. Sein Vater hat dort einen Hof, auf dem er Schweine hält. Die zieht er groß und verkauft sie dann an Schlachthöfe, wo ihr Fleisch verarbeitet wird und dann zum Beispiel als Schinken auf deiner Pizza landet. Wenn man Tiere in einem Stall hält, fällt dabei sogenannte Gülle an. Gülle ist die Bezeichnung für die Abfälle der Tierhaltung, wie Kot und Urin, die von den Tieren ausgeschieden werden.

Falls du dir jetzt sagst: »Moment! Nennt man das nicht Mist, der auf den Misthaufen kommt?«, dann denkst du ganz richtig, denn im Prinzip ist Gülle Mist. Der Unterschied ist, dass Gülle sehr flüssig ist und kein Stroh und Ähnliches enthält. Gülle wird daher auch Flüssigmist genannt. Diese Gülle muss nun aber entsorgt werden. Für Georgs Vater ist das gar keine so einfache Aufgabe, da jeden Tag viel mehr Gülle anfällt, als er auf seinem eigenen Acker als Dünger verteilen kann. Einfach ins Abwasser kippen darf er das auch nicht, denn das Abwassernetz würde so viel Tierkot nicht verkraften.

Daher hat sich Georgs Vater zwei Biogasanlagen auf den Hof bauen lassen. Eine Biogasanlage lässt organisches Material (»organisch« kommt aus dem Lateinischen und bedeutet hier »von Lebewesen stammend«) vergären, so dass Gase entstehen. Einen Teil davon verbraucht Georgs Familie für die Gasheizung zu Hause.

Kot und Urin von Tieren dürfen nicht einfach weggekippt werden. In einer Biogasanlage kann daraus Strom hergestellt werden.

Auf dem Hof gibt es außer den Biogasanlagen auch ein Kraftwerk, in dem aus dem Rest des Gases Elektrizität hergestellt wird. Diesen Strom verkauft Georgs Vater an eine Münchner Firma, die es dann an Energieversorger aber auch an Tankstellenbetreiber weiterverkauft.

Wie war es früher?

Vor hundert Jahren hatte jeder Bauernhof einen Misthaufen. Dorthin kamen die Hinterlassenschaften der Tiere. Allerdings haben die Bauern damals viel weniger Tiere gehalten – so dass weniger große Mengen an Mist und Gülle anfielen als heute. Den Mist ließ man über das Jahr liegen und verteilte ihn nach der Ernte als Dünger auf den Feldern.

Ivo Zedlitz



Auf dem Bauernhof von Georgs Vater erzeugt ein Generator aus Biogas Strom. Den kann der Bauer an Stromkonzerne verkaufen.

Das Pfandsystem in Deutschland

Dein kleiner Beitrag zum Umweltschutz

Bestimmt hast du schon einmal mit deinen Eltern leere Glas- und Plastikflaschen oder auch Dosen in den Supermarkt zurückgebracht. Man schiebt eine Flasche nach der anderen in den Automaten, dann drückt man auf einen Knopf und schon kommt der Pfandbon heraus. An der Kasse bekommst du dafür Geld. Leider gibt es aber hier kein Geld geschenkt, denn beim Einkauf der Getränke hast du ein »Pfand« bezahlt. Du bekommst deinen Einsatz also einfach nur zurück.

Und wozu das alles? Ganz einfach: Damit du, deine Eltern oder Freunde die gekauften und leer getrunkenen Flaschen und Dosen wieder zurück in den Markt bringen. Dort werden sie gesammelt und können dann für die Produktion neuer Flaschen und Dosen verwendet werden. Glasflaschen werden nur gereinigt und wieder befüllt. Wer Flaschen und Dosen zurückbringt, vermeidet unnötigen Müll. Außerdem werden Rohstoffe gespart, weil die Materialien wiederverwendet werden. Bei Mehrwegflaschen wird außerdem eine ganze Menge an Energie gespart.

Einweg und Mehrweg

In Deutschland wird zwischen Einweg- und Mehrwegverpackungen unterschieden. Einwegpfandflaschen sind zur einmaligen Verwendung gedacht. Sie bestehen aus einem speziellen weichen Kunststoff (Polyethylenterephthalat oder kurz »PET« ist der wissenschaftliche Name dafür) und werden nach der Abgabe im Pfandautomaten zerquetscht, später zerkleinert und irgendwann wieder zu neuen Plastikflaschen verarbeitet. Häufig enden die zerkleinerten Flaschen jedoch bei der Produktion für andere Plastikartikel, wie zum Beispiel Rohre. Auch Getränkedosen sind Einwegverpackungen, für die Pfand bezahlt werden muss. Sie bestehen aus Aluminium oder Weißblech.

Umweltfreundlicher als Einwegflaschen und -dosen sind Mehrwegflaschen. Sie bestehen meistens aus Glas oder hartem Plastik, werden nach der Abgabe gründlich ausgewaschen und anschließend wieder mit Getränken befüllt.

Das Problem am Pfandsystem ist: Nur die Mehrwegflaschen sind wirklich gut für die Umwelt. Jeder Hersteller entscheidet aber selbst, welche Flaschensorte er bevorzugt. Weil Mehrwegflaschen etwas teurer sind als Einwegflaschen werden sie seltener verwendet.

Ivo Zedlitz



Auch für Dosen gibt es extra Pfandautomaten. Trotzdem sind Dosen nicht wirklich umweltfreundlich.



Ein blauer Engel

Mit diesem Engel werden Produkte gekennzeichnet, die besonders umweltschonend hergestellt wurden. Papier aus Papier zum Beispiel. Aber das lohnt sich nur, wenn es am Ende auch gekauft wird. Warum sollen für Schulhefte, Blocks, Klopapier oder Papiertaschentücher Bäume sterben? Besser wäre es, Produkte aus Recyclingpapier zu verwenden. **Achte doch beim nächsten Einkauf darauf.**

www.obermenzinger.de

INFOABEND

Di. 29.01.2019

19:00 Uhr

Freseniusstr. 47

**TAG DER
OFFENEN TÜR**
15. MÄRZ 2019
14 - 17 Uhr

**IN EINER GUTEN
ATMOSPHERE LERNT
ES SICH LEICHTER!**

Staatlich anerkanntes Ganztagsgymnasium

- Unterricht auf Deutsch oder bilingual
- Zwei-Pädagogen-Prinzip
- Wirtschaftswissenschaftlicher Zweig ab 8. Klasse
- ABiplus® – Berufsausbildung parallel zum Abitur



**OBERMENZINGER
GYMNASIUM**

www.ueberreiter.de

INFOABENDE

Do. 21.02.2019

18:30 Uhr

Do. 02.05.2019

19:00 Uhr

Pariser Str. 30

**WIR KÜMMERN UNS
UM DICH BIS ZU
DEINEM ABITUR.**

Staatlich genehmigtes Ganztagsgymnasium

- Aufnahmegespräch statt Notenschnitt
- Intensive Hausaufgabenbetreuung
- Allgemeine Hochschulreife (Abitur)
- Aufnahme während des Schuljahres möglich – auch für Realschüler

► NEU SPORTKLASSEN ab der 5. Klasse



**DR. FLORIAN ÜBERREITER
PRIVATGYMNASIUM**

ZWEI EINRICHTUNGEN DER MÜNCHNER SCHULSTIFTUNG ERNST V. BORRIES



Mit 75 PS in die Moderne

München, Westenriederstraße 20, zehn Minuten nach 13 Uhr: In den Klassenzimmern der Riemerschmid Wirtschaftsschule und der Friedrich-List-Wirtschaftsschule werden die Lichter gelöscht. Schülergrüppchen mit Smartphones drängen sich auf dem schmalen Gehsteig der Verbindungsstraße zwischen Tal und Viktualienmarkt – nicht ahnend, dass genau an diesem Ort 1891 die elektrische Straßenbeleuchtung der angehenden Großstadt München ihren Anfang nahm. Von Alexander Rotter



Aller beweglichen Teile beraubt: die Turbinenkammern des Westenriederwerks haben die Zeit überdauert.



Der Flachbau des Westenriederwerks aus dem Jahr 1891 steht noch und dient heute als Mensa der Wirtschaftsschulen. Auf den Flachbau nach hinten versetzt wurden Turnhallen gebaut.

Ich bin verabredet mit Herrn Müller, dem technischen Hausverwalter der Schule, um in den Untergrund zu steigen, hinab in den denkmalgeschützten Tiefkeller des Schulgebäudes. Durch einen Seiteneingang im Hof lotst mich der Kenner des Hauses zu einer schweren Falltür. Licht gibt es genug da unten, die Herren der Stadtwerke sind ja manchmal zu Revisionsarbeiten der Fernwärmeleitungen da. Stickige, schwüle und staubgesättigte Luft schlägt uns entgegen, ein weiter Raum öffnet sich. Auf den ersten Blick eher unspektakulär, aber dann tauchen die ersten gusseisernen Säulen auf, Stauanlagen sowie Wasserfallen und schließlich die rostroten stählernen Relikte der zwei Turbinenkammern. Hier unten also begann 1891 die Elektrifizierung der Münchner Straßenbeleuchtung – mit ganzen 75 PS, gewonnen aus der Wasserkraft des Katzenbaches.

Abbildungen: Sabine Becker; Alexander Rotter

»Für alle Bedürfnisse des Genusses und Gebrauches«

»So ein G'schäftsmann, der hat so ein Lokal zum Werkbetrieb um's theure Geld wegen der Wasserkraft. Wenn aber [...] das Wasser abg'lassen wird, dann hat er kein Wasser und keine Kraft.« So beschreibt die *Münchener Ratsch-Kathl* im September 1890 die Abhängigkeit eines Handwerksbetriebs in der Münchner Isarvorstadt vom Wasser des Katzenbaches, der wie viele andere Bäche die bayerische Kapitale durchströmte. Noch weit ins 20. Jahrhundert hinein durchzog ein enges Netz von Kanälen die sich stets vergrößende Stadt. 1812 belief sich dieses auf immerhin rund 300 Kilometer! Die sich ab 1800 langsam entwickelnde Industrie, meist kleine und mittelständische Betriebe, wäre ohne die Stadtbäche nicht denkbar gewesen. Sie lieferten die Energie für die Wasserräder, die wiederum Mahlsteine, Schmiedehämmer, Stämpfhämmer und Sägewerke antrieben. Auch der Katzenbach sorgte für industrielle Entwicklung: kleine Druckereien, Sägewerke, aber auch die 1802 von Josef von Utzschneider gegründete Lederfabrik an der Rumfordstraße bedienten sich der Wasserkraft.

Die Ortswahl war geschickt. Der Bach lieferte nicht nur Energie, auch die Abwässer und Abfälle konnten so recht bequem entsorgt werden, nicht umsonst wurde die Verlängerung des Katzenbachs »Einschütt« genannt: Hier durften zu festgelegten Zeiten Abfälle eingeleitet werden – zum Leidwesen der Anwohner dahinter und zum Graus des Hygienikers Max von Pettenkofer. Denn die Wasserkräfte der Stadtbäche waren nicht nur Motor für die Industrie, sondern zwingend notwendig zur Trinkwassergewinnung. Die dreizehn Hof- und Stadtbrunnwerke lagen fast ausnahmslos an den Stadtbächen, die die Pumpen zum Heben des Grundwassers am Laufen hielten. So auch das Katzenbachbrunnhaus, das über 250 Jahre Trinkwasser aus dem Boden holte – 200 Meter neben der Lederfabrik in Sichtweite des Isartors. Die Qualität des Wassers war mehr als bedenklich. Die augenscheinlichen gesundheitlichen Folgen motivierten den Stadtmagistrat in den 1870er-Jahren, Pläne für eine zukunftsweisende und sichere Trinkwasserversorgung entwickeln zu lassen. Nach deren Umsetzung 1883 konnten dann die Münchner mit Fug und Recht



Oskar von Miller mit der Edison-Lampe. Miller gründete mit Emil Rathenau (Berlin) 1884 die Deutsche Edison-Gesellschaft. Zeichnung von Ludwig Scheuermann.



Die Karikatur aus der Münchener *Ratsch-Kathl* vom 14.10.1893 macht sich lustig über die Verzögerungen bei der elektrischen Straßenbeleuchtung. Der Titel lautet: »Praktische Verwendung unserer Laternanzünder«.

behaupten, dass sie mit dem Wasser aus dem Mangfalltal eines der modernsten Versorgungssysteme des Deutschen Reiches vorweisen konnten – bis heute! Die Schließung der alten Brunnhäuser an den Stadtbächen eröffnete nun neue Möglichkeiten zur Energiegewinnung am gleichen Ort – der Segen des elektrischen Stroms sollte für alle Bürger in den Straßen der Stadt sichtbar werden.

»Eine Fülle Lichts soll sich ergießen«

Genau zehn Jahre sollte es dauern, bis die Wasserkraft des Katzenbachs an gleicher Stelle zur Stromgewinnung für die Straßenbeleuchtung Münchens genutzt werden konnte. Bereits 1881 hatte man daran erinnert, dass die Wasserkraft der Isar sowie der Stadtbäche »mit unglaublicher Geringschätzung« behandelt worden seien und betonte die Möglichkeiten der »Benützung von Wasserkraften für den Betrieb von dynamo-elektrischen Maschinen«.

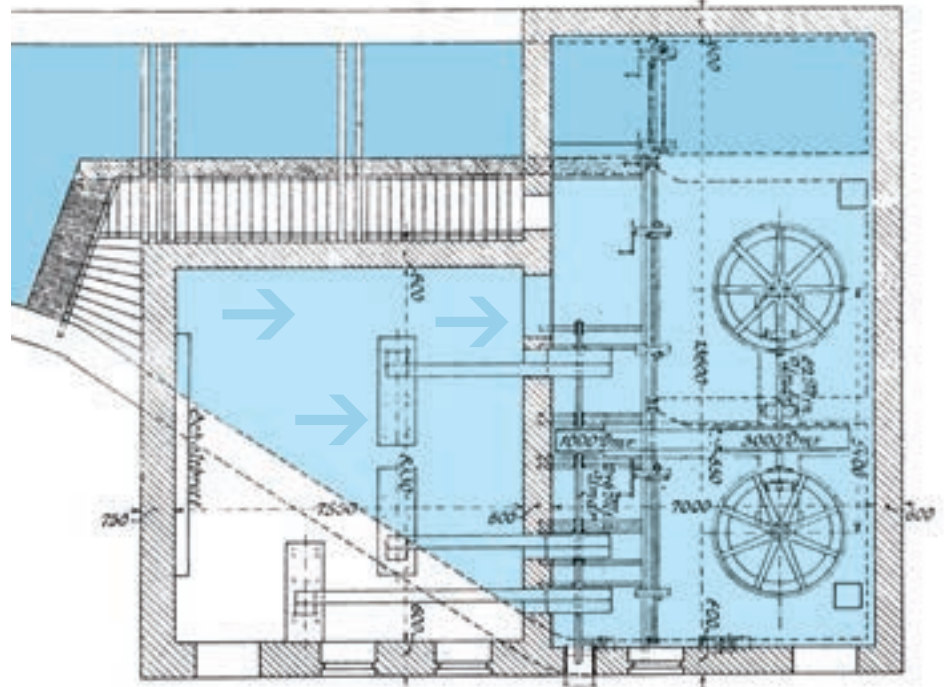
In das Bewusstsein der Bevölkerung gelangte der Nutzen der elektrischen Energie 1882 mit der spektakulären »Internationalen Elektrizitäts-Ausstellung« im Münchner Glaspalast unter der Federführung Oskar von Millers. Der Technikpionier hatte nach seinem Besuch der ersten Ausstellung dieser Art ein Jahr zuvor in Paris das Potenzial der Elektronen für den alltäglichen Gebrauch erkannt. Zwar funktionierte in München nicht alles nach Plan, doch die Beleuchtung der Frauentürme mittels zweier elektrischer Reflektorlampen sowie des Königsplatzes mit Edison-Lampen beeindruckte sicherlich auch konservativ denkende Skeptiker. Miller, der den elektrischen Strom zum Wohle der Bevölkerung eingesetzt wissen wollte, konkretisierte in seinem *Referat über die Errichtung einer Elektrischen Centralstation in der Westenriederstraße* 1882 seine Ideen.

Das Grundstück zwischen der Westenrieder-, Zwinger- und Frauenstraße bot sich an, da dieses der Stadt München gehörte. Nach Auflassung des Katzenbachbrunnhauses sollte dort laut Miller ein Kraftwerk mit 70 PS errichtet werden. Mit dem gewonnenen Strom könnten Cafés und Restaurants in der nächsten Umgebung, wie beispielsweise das mondäne Café de l'Opera in der Maximiliansstraße, elektrisch beleuchtet werden. Aber auch die Beleuchtung des Maximiliansplatzes sowie die Errichtung einer elektrotechnischen Versuchsstation kämen in Betracht. Diese wurde dann jedoch im aufgelassenen städtischen Brunnhaus an der Blumenstraße nahe dem Sendlinger Tor realisiert.

Millers Planungen sahen für das Westenriederwerk zwei Turbinen à 35 PS sowie drei Dynamos vor. Die Gesamtkosten beliefen sich auf 165 000 Mark (ca. 1 Million Euro), wobei schon die Stromkabel mit 41 400 Mark zu Buche schlugen. Miller war sich jedoch bewusst, dass damit nur der Anfang der städtischen Elektrifizierung gemacht werden konnte und projektierte deshalb schon ein leistungstärkeres Wasserkraftwerk unterhalb der Maximiliansbrücke, das spätere Maxwerk, auf dessen Eröffnung jedoch noch ganze dreizehn Jahre gewartet werden musste.

1884 griff die »Spezial-Kommission des Exekutiv-Ausschusses der Kommission für elektro-technische Versuche« unter Leitung der Professoren Wilhelm Frauenholz und Moritz Schröter, des Fabrikbesitzers Johann Georg

Grundrissplan des Westenriederwerks 1891. Von links kommend staut sich das Wasser des Katzenbachs vor den Turbinenkammern und fällt dann in die beiden Turbinen. Diese treiben eine Hauptwelle an, die wiederum ein Vorgelege in Bewegung setzt. Mittels Treibriemen werden dann die drei Dynamomaschinen im Raum links in Schwung gebracht.



Landes sowie des Ingenieurs Karl del Bondio Millers Pläne auf und konkretisierte diese. Wieder sprach man sich unter Betonung der zentralen Lage für die Wasserkraft an der Westenriederstraße aus, sah aber genauso wie Miller die Notwendigkeit einer schnellen Erweiterung durch die Nutzung der Wasserkraft unterhalb der Maximiliansbrücke sowie der Großhesseloher Brücke. Die dafür nötige exorbitant hohe Summe von 3 150 000 Mark (ca. 20 160 000 Euro) sprach dafür, mit dem kleinen Werk an der Westenriederstraße zu beginnen, was jedoch hieß, dass dieses so geplant und realisiert werden musste, dass eine Koppelung mit später errichteten Werken möglich war.

Die ersten genauen Konzepte und Pläne folgten 1886 vom selben Ausschuss unter der Federführung von Ernst Voit. Das Werk sollte in erster Linie dazu dienen, »Erfahrungen hinsichtlich des Kostenpunktes [der elektrischen Beleuchtung] zu ermitteln.« Mit dem Gefälle des Katzenbachs könnten 124 PS gewonnen werden, von denen jedoch nur ca. 80 PS für den Betrieb der Dynamomaschinen verwendet werden sollten, um einen flexiblen »Kraftüberschuss« zu haben. Deswegen plante man die Errichtung von drei Turbinen, zwei gleich große mit je 3140 Litern/Sekunde sowie einer kleineren von 1020 Litern/Sekunde. Mit der gewonnenen Energie könnten laut Voit etwa 120 Bogenlampen betrieben werden, was hinsichtlich der Lichtausbeute annähernd 850 Gaslaternen entsprach.

Der 13 x 7 Meter große Beton- und Eisenbau bestehend aus Kellergeschoss mit den Turbinen, dem Erdgeschoss mit den Transmissionsrädern sowie einem ersten Geschoss mit den Generatoren schloss sich an die Südwand des alten Katzenbachbrunnhauses an, welches genauso wie der Wasserturm abgetragen werden musste.

Den Versuchscharakter der nur 30 000 Mark (ca. 192 000 Euro) teuren Anlage betont Voit abschließend: »Indessen entstehen [...] durch die Motorenanlage überhaupt keine Kosten, da in dem Falle, daß der Versuch nicht zu einem Definitivum führen würde, die Motoren-Anlage nebst den umliegenden Bauplätzen leicht und vorteilhaft zu verkaufen sein würden.«

Den Werdegang des Pilotprojekts ahnte Voit wohl schon. Nach der Stilllegung des Werks wurde es zwar nicht verkauft, aber immerhin verpachtet und in den 1901 er-

richteten Schulhausbau integriert. Aus den vielversprechenden Plänen wurde jedoch erst einmal nichts.

»Mit uns nicht!«

Die Gasbeleuchtungsgesellschaft, gegründet vom Genfer Bankier Christian Kohler, hatte mit der Stadt München 1848 einen Vertrag mit einer garantierten Laufzeit von 25 Jahren abgeschlossen. Dafür sicherte Kohler der Stadt zu, sie kontinuierlich mit qualitativ hochwertigem Gas zu versorgen. Die Münchner sahen das gern, mussten sie doch bis dato mit Talg- und Unschlittlampen vorliebnehmen, die die Straßen nachts in ein nur trübes Licht tauchten. Der Vertrag wurde 1863 bis ins Jahr 1899 verlängert, ein Hindernis, auf das man nun während der Planungen zur Elektrifizierung stieß. Zwar war 1848 fixiert worden, dass die Gesellschaft verpflichtet sei, eine neu erfundene Beleuchtungsart anzuwenden, falls diese gegenüber der Gasbeleuchtung entscheidende Vorteile mit sich trug. 1863 wurde jedoch der für den Magistrat ungünstige Passus integriert, dass »sich solche neue Beleuchtungsart praktisch in größerem Maßstabe bewährt« haben müsse. Für die elektrische Beleuchtung traf dies 1884 jedoch nicht zu. So hatte der Magistrat das Nachsehen, als ein vertraglich festgelegtes Schiedsgericht 1885 der Gasbeleuchtungsgesellschaft die Monopolstellung hinsichtlich der Beleuchtung der Stadt zusprach. Eine schnelle Umsetzung der ehrgeizigen Elektrifizierungsprojekte rückte in weite Ferne.

Dies hieß jedoch nicht, dass in München und Umgebung auf elektrischen Strom verzichtet wurde, nur die öffentliche elektrische Straßenbeleuchtung war aufgrund des Schiedsspruchs verboten worden. Nur wenige Kilometer nördlich der Stadt entfernt konnten die Schwabinger Bürger ab Februar 1889 den Zauber des elektrischen Lichts auf einigen ihrer Straßen bewundern. Hier trieb ein Deutz-



Eine detaillierte, reich bebilderte Darstellung der Wasser- und Stromversorgung Münchens im 19. Jahrhundert findet sich in dem Buch: Alexander Rotter, *Wasser und Strom für München. Vom Choleranest zur leuchtenden Metropole*, Weißenhorn 2018.

Gasmotor mit 40 PS die Generatoren der Firma Einstein & Cie. an, gleichzeitig versorgten dezentrale Blockstationen in München vor allem Cafés, Restaurants, Hotels, Banken, aber auch Brauereien und Industrie mit der neuen Energie. Teilweise nahm dies erstaunliche Formen an. Ein orientalisches Café in der Rumfordstraße wartete mit einem noch heute existierenden Maschinenhaus im maurischen Stil auf, um dieses in bengalischer Beleuchtung à la 1001 Nacht erstrahlen zu lassen. Besonders beeindruckend müssen die Lichtspiele während der 1888 am Isarquai stattfindenden Deutsch-Nationalen-Kunstgewerbeausstellung gewesen sein. Zwischen Praterwehr und der heutigen Lukaskirche betrieben Generatoren drei Fontänen in der großen Isar, die nachts mittels eines Marine-Reflektors »mit magischem Schein« übergossen wurden. Das städtische Lebensumfeld veränderte sich.

Dies blieb auch den Verantwortlichen der Gasbeleuchtungsgesellschaft nicht verborgen, so dass sie 1887 dem Magistrat ein scheinbar attraktives Angebot unterbreiteten: Sie würden die Gaspreise senken, wenn die Stadt zusichere, die Konzession über das Jahr 1899 zu verlängern. Der 2. Bürgermeister, Wilhelm Borscht, der von der Elektrifizierung überzeugt war, schmettete dieses jedoch mit der Begründung ab, dass die Senkung nicht annähernd an die hohen Dividenden der Gesellschaft von 20 Prozent herankäme. Dieses fast schon unmoralische Angebot werde den Siegeszug der Elektronen über kurz oder lang nicht verhindern.

Zeit zum Einschalten

Nicht zuletzt aufgrund der klaren Absage des Stadtmagistrats lenkte nun die in die Ecke gedrängte Gasbeleuchtungsgesellschaft ein. Sie gewährte der Stadt durch den am 9. Mai 1891 abgeschlossenen Ablösevertrag die Einrichtung einer Anlage mit maximal 300 PS für die elektrische Beleuchtung der Straßen und Plätze. Vom 1. Januar 1896 an dürfe die Anlage sogar auf 600 PS erweitert werden. Dieser Tag ging zu Recht als die Geburtsstunde der städtischen Elektrizitätsversorgung in die Geschichte ein. Wie gut, dass die Planungen schon so weit fortgeschritten waren und inzwischen genug Erfahrung gemacht werden konnte mit den Tücken der elektrischen Stromproduktion sowie Ver-



Der durch Bombenschäden offen liegende Katzenbach am Reichenbachplatz.
Foto von ca. 1952.

teilung. Am 23. Juni 1891 beschlossen die städtischen Gremien, dass »eine Mehrzahl von Straßen und Plätzen unter Benützung der Wasserkraft des ehemaligen Katzenbach-Brunnhauses mit elektrischer Beleuchtung« versehen werden solle. Als Rückgebäude der Adresse Westenriederstr. 3 solle das Werk schnellstmöglich errichtet werden.

Nach dem Abbruch des Brunnhauses sowie des Wasserturms wurde die Zentralstation sofort hergestellt. Den Zuschlag für die Einrichtung des Wasserwerks bekam die Firma Schuckert und Comp., die damit die Allgemeine Elektrizitäts-Gesellschaft, die Fa. Einstein & Cie. sowie Oskar von Miller aus dem Rennen warf. Zwar griff man auf die Pläne des Jahres 1886 zurück, modifizierte diese jedoch: Der Bau wurde nun in Richtung Süden erweitert, um die drei Außenpolmaschinen mit jeweils 42 PS aufzustellen, von denen aber nur zwei stets in Betrieb sein sollten. Die dritte diente als Reserve. Die dazu benötigte Kraft lieferten die zwei von der Firma Landes hergestellten Jonval-Turbinen mit jeweils 45,5 PS, die vom Katzenbach angetrieben wurde. Die vormals veranschlagten Kosten von 30 000 Mark verdoppelten sich dabei bis zur ersten Stromeinspeisung im Winter 1893.

Nun stellte sich heraus, dass nicht die Errichtung eines Werkes, sondern die der Infrastruktur für wesentlich grö-

Blick auf die Wasserfallen
vor den Turbinenkammern.
Die im Vordergrund sichtbare
Fernwärmeleitung liegt im
ehemaligen östlichen Stadt-
grabenbach.



ßere Probleme sorgte. Die Montage der Lampen sowie die Verlegung der Kabel in den Straßen nahmen zwei Jahre in Anspruch, wobei sich als besonders zeitraubend die Einholung der Erlaubnis der ca. 630 Hausbesitzer zur Befestigung der Seilzüge an den Anwesen mittels Haken erwies. Doch das Warten war man ja gewohnt, und so nutzte man die Zeit, um das Muffatwerk zu errichten, das dann mit dem Westenriederwerk ab 30. September 1893 den benötigten Strom liefern sollte. So war es zumindest im Vertrag mit der Firma Schuckert vereinbart worden. Ziel war es, die Besucher des Oktoberfestes mit der städtischen Straßenbeleuchtung beeindrucken zu können.

Dazu kam es jedoch nicht. Erst am 25. November 1893 fand die erste Probebeleuchtung statt, die zur vollsten Zufriedenheit ausfiel. Zwei Tage später wurde die elektrische Beleuchtung dem »dauernden Betriebe« übergeben. Mit großem Respekt wurde in den Fachzeitschriften betont, dass es sich »nach Umfang und Lichtfülle [um die] größte öffentliche Straßenbeleuchtung auf dem Kontinent« handelte. München hatte Berlin und anderen Metropolen in dieser Hinsicht den Rang abgelaufen. Die Pläne zur Erweiterung der städtischen Beleuchtung wurden mit großem Eifer vorangetrieben. Das schon 1882 von Miller und Landes projektierte Maxwerk wurde 1895 realisiert, das Muffatwerk wurde stets erweitert, so dass innerhalb der Jahre 1893 bis 1896 die Ausdehnung der Elektrifizierung verdoppelt werden konnte. Die kritischen, bisweilen politisch gefärbten Stimmen gegenüber der Modernisierung liefen zumeist ins Leere. Da beschwerten sich sogenannte Arier über die scheinbar offensichtliche Bevorzugung von Straßenzügen mit Geschäften jüdischer Inhaber, konservative Kräfte sahen in der Beleuchtung Werbemaßnahmen der Liberalen, andere wiederum bewerteten die Straßenbeleuchtung als schieren Luxus, der nur durch den Ruf Münchens als Kunststadt zu rechtfertigen sei.

Der kleine Bruder

Das Westenriederwerk trug zu diesem Luxus nur drei Jahre bei, was seine Bedeutung als erste Zentralstation der Stadt München jedoch nicht schmälert. Am 1. Januar 1897 wurde es aufgrund der geringen Effizienz vom Netz genommen, blieb aber noch bis Januar 1913 in Betrieb,



Ab Dezember 1893 konnten viele Hauptverkehrsachsen und wichtige Plätze durch die beiden Werke elektrisch beleuchtet werden.



DER AUTOR

Alexander Rotter,
geb. 1966 in Karlsruhe,
Studium Lehramt Deutsch/
Geschichte in München.
Zurzeit Studiendirektor am
Gymnasium Puchheim.
Seit einigen Jahren beschäf-
tigt er sich mit Aspekten
der Geschichte Münchens
im 19. Jahrhundert. 2017
Gestaltung einer Ausstel-
lung sowie Sonderveröf-
fentlichung anlässlich des
150-jährigen Bestehens
des Herz-Jesu-Klosters am
Gärtnerplatz.

da sich die Verlagsanstalt Dr. Haas, die den neoliberalen *General-Anzeiger der Kgl. Haupt- und Residenzstadt* in der Frauenstraße 7 herausbrachte, für die Energie aus dem Katzenbach interessierte. Haas pachtete ab 11. Februar das Werk für jährlich 6000 Mark, bis die Verlagsanstalt 1912 in die Paul-Heyse-Straße umzog. Entgegen der landläufigen Ansicht, das Werk sei um 1900 aufgrund des Schulhausneubaus auf dem Gelände an der Westenriederstraße abgetragen worden, tat es noch einige Jahre als integrierter Bauteil des Schulgebäudes seinen Dienst. Erst 1914 wurde es nach einer von der Stadt aufgestellten Rentabilitätsrechnung geschlossen. Den jährlichen Verlust von 310 Mark konnte man nicht mehr vertreten. Alle beweglichen Teile wurden demontiert, die Räumlichkeiten fanden wechselnd als Schülerwerkstätten oder als Turnhalle Verwendung.

Tief beeindruckt von den gut erhaltenen Resten des ersten städtischen Kraftwerks unter der Münchner Erde, den Wasserbauten, gusseisernen Säulen, Turbinenkammern und Wasserfällen steigen wir wieder hinauf ans Tageslicht. Mitgenommen werden viele neue Erkenntnisse, zurück bleiben die lichtscheuen Spinnentiere. Herr Müller muss schnell weiter. Er trifft sich mit seiner Frau, die das Essen für die Schulmensa vorbereitet – im ehemaligen Generatorraum. ■■■

Kriegsvorbereitung im Klassenzimmer



Die undatierte Zeichnung des Hitlerjungen Paul Bayer zeigt, wie sehr bereits die Kinder im »Dritten Reich« die Schrecken eines Luftkriegs verinnerlicht hatten.

Mit der Eroberung des Luftraums war im Ersten Weltkrieg eine völlig neue Dimension des Krieges entstanden. Die erstmals zu militärischen Zwecken eingesetzten, nur wenige Jahre zuvor entwickelten Motorflugzeuge (und Zeppeline) dienten zunächst der Aufklärung hinter den gegnerischen Linien; im weiteren Kriegsverlauf wurden sie allerdings immer häufiger auch als Angriffsmittel verwendet. Auch der Einsatz chemischer Kampfstoffe, die seit dem deutschen Chlorgasangriff im April 1915 zu einer im Ersten Weltkrieg viel benutzten Waffe wurden, zeigte die neue Bedeutung des Luftraums im Krieg. Die Verfügbarkeit von Flugzeugen, die nicht nur Splitter-, Spreng- und Brandbomben, sondern potenziell auch Gasbomben abwerfen konnten, machte die traditionelle Unterscheidung zwischen Front und Heimat gegenstandslos – ein kombinierter Luft- und Giftgaskrieg traf unweigerlich auch das Hinterland und damit die Zivilbevölkerung. Als

Nach ihrer Machtübernahme 1933 begannen die Nationalsozialisten die Bevölkerung systematisch auf einen Krieg vorzubereiten.

Ein wichtiges Aktionsfeld ihrer Propaganda war die Schule.

Um den »Wehrwillen« der Kinder und Jugendlichen zu stärken, wurden die Gefahren des erwarteten Luft- und Giftgaskriegs in allen Fächern thematisiert.

Von Elisabeth Vaupel und Florian Preiß

Reaktion auf die ersten Bombardements im Weltkrieg hatte die deutsche Militärführung schon 1915 einen Heimatluftschutz mit Flugabwehr (Flak) und Flugwarndienst organisiert. Die Notwendigkeit eines zivilen Luftschutzes war also schon früh erkannt worden und unterstand dem Militär.

Der Luftschutz in der Weimarer Republik

Nach 1918 geriet der zivile Luftschutz zunächst eine Zeit lang in Vergessenheit. Da der Versailler Vertrag den Deutschen eine eigene Luftwaffe und eine Luftabwehr strikt untersagte, interessierte sich zunächst nur eine Vereinigung ehemaliger Flugabwehroffiziere für diese Thematik.

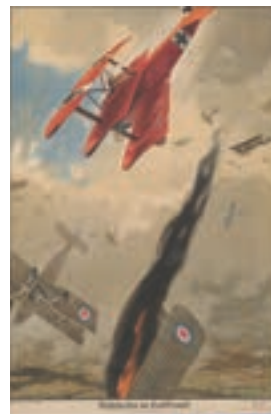
In den 1920er Jahren wurden verschiedene Strategien verfolgt, um die Gefahr eines künftigen Luft- und Giftgaskriegs zu bannen. Auf internationaler Ebene bemühte man sich darum, dies durch völkerrechtlich verbindliche

Verbote zu verhindern. So wollte eine 1921/22 in Washington stattfindende Konferenz, an der neben den USA auch Großbritannien, Frankreich, Japan und Italien teilnahmen, den gegenseitigen Verzicht auf einen künftigen Einsatz chemischer Kampfstoffe aushandeln. Wenig später berieten dieselben Staaten in Den Haag über den Entwurf eines Lufterkriegsrechts, der vorsah, Städte, Dörfer, Gebäude und sogar militärische Objekte zur Schonung der Zivilbevölkerung nicht zu bombardieren, wenn diese Ziele hinter der Front lagen. Zwar wurde das damals angestrebte Chemiewaffenverbot nie geltendes Völkerrecht, dennoch wurde das Genfer Protokoll von 1925 auch im Zweiten Weltkrieg allseits respektiert. Eine rechtsverbindliche Ächtung des Bombenkriegs konnte dagegen, anders als im Falle der Chemiewaffen, bis heute nicht erreicht werden.

Etwa zeitgleich mit diesen internationalen Bemühungen hatte der italienische Luftwaffengeneral und Militärtheoretiker Giulio Douhet (1869–1930) in einem einflussreichen Buch dargelegt, dass künftige Kriege von dem Land gewonnen würden, das mit großen Bombergeschwadern die Industriezentren des Gegners im Hinterland zerstören und die Bevölkerung durch gezielte Luftangriffe demoralisieren würde. Die Idee des strategischen Luftkriegs war geboren. Obwohl Douhet den Einsatz von Jagdflugzeugen und Flak zur Abwehr eines solchen Krieges für illusorisch hielt, plädierte er dafür, die Bevölkerung auf dieses Horrorszenario vorzubereiten. Douhets Luftkriegstheorie sowie Nachrichtenmeldungen, dass die Nachbarstaaten des Deutschen Reichs ihre Luftwaffen massiv ausbauten, beunruhigten die deutschen Luftschutzbefürworter. Sie waren davon überzeugt, dass das aufgrund des Versailler Vertrags abgerüstete, völlig wehrlose Reich bald zum Schlachtfeld rivalisierender Großmächte in Ost und West würde. Um ein Minimum an Sicherheit zu gewährleisten, wollten sie die Zeit bis zur Wiederzulassung militärischer Luftabwehrmaßnahmen zum Aufbau eines zivilen Luftschutzes nutzen, der im Versailler Vertrag nicht eindeutig geregelt worden war. Diese Grauzone ermunterte das Reichswehrministerium, insgeheim den Aufbau eines Reichsluftschutzes vorzubereiten. Da sich solche Aktivitäten allerdings kaum vor dem Ausland verbergen ließen, bat die deutsche Regierung die Siegermächte des Weltkriegs



Suggestion der Bedrohung:
Das Schulwandbild zeigt
Deutschland von Feinden
umzingelt.



Ein Schulwandbild
verherrlicht die »Heldentaten«
des Jagdfliegers Manfred von
Richthofen.

auf diplomatischem Wege um Genehmigung. Die wurde dem Reich im Mai 1926 im Anschluss an das Pariser Luftfahrtabkommen neben der nun wieder uneingeschränkten Erlaubnis zur Aufnahme des zivilen Luftverkehrs tatsächlich erteilt. Zuständig für den zivilen Luftschutz war zunächst das Reichswehrministerium; 1927 wurde diese Aufgabe aus innen- wie außenpolitischen Gründen formal dem Reichsinnenministerium zugewiesen, das allerdings viele Aufgaben aufgrund interner Vereinbarungen wieder an das Reichswehrministerium zurückdelegierte. Die Luftschutzbefürworter, zu denen nicht nur rechtsradikal, sondern auch nationalkonservativ gesinnte Kreise zählten, begannen, sich in mehreren privaten Luftschutzvereinen zusammenzuschließen. Neben der Aufklärung und Schulung der Bevölkerung versuchten sie, in ihrem Sinne auf die Reichsregierung einzuwirken, die sich ihrer Meinung nach nicht genug um die Zivilverteidigung kümmerte.

Der zivile Luftschutz im »Dritten Reich«

Während sich in der Weimarer Republik nur ein relativ kleiner Kreis von Experten aus Politik, Verwaltung, Militär, Hilfsorganisationen und Feuerwehr für den Aufbau eines zivilen Luftschutzes stark machte, bekam das Thema nach der Machtübernahme der Nationalsozialisten schlagartig hohe Priorität und große öffentliche Bedeutung. Nur vier Tage nach Hitlers Ernennung zum Reichskanzler wurde das Reichskommissariat für Luftfahrt gegründet, aus dem noch im selben Jahr das neue Reichsluftfahrtministerium hervorging. Es wurde von dem ehemaligen Jagdflieger und preußischen Innenminister (später Ministerpräsidenten) Hermann Göring (1893–1946) geleitet und war für alle Belange der Luftfahrt zuständig. Neben dem anfangs noch geheim betriebenen Aufbau der Luftwaffe riss Göring auch den zivilen Luftschutz an sich und entmachtete damit das Reichsinnenministerium. Um eine flächendeckende Organisation zur Schulung im zivilen Selbstschutz zu schaffen,



wurde schon 1933 der von Görings Ministerium kontrollierte Reichsluftschutzbund (RLB) gegründet, der schnell zu einer der größten Massenorganisationen des »Dritten Reichs« heranwuchs. Im RLB, der vor allem Luftschutzlehrer, Hausluftschutzwarte und Hausfeuerwehrhelfer ausbildete, erfolgte die psychologische Vorbereitung auf den Krieg früher und konkreter als in anderen NS-Organisationen. Um über genügend Luftschutzhelfer zu verfügen, die nicht zum Wehrdienst eingezogen werden konnten, bildete der RLB von Anfang an auch Frauen aus. Sie sollten im Kriegsfall Erste Hilfe leisten und sich an der Brandbekämpfung beteiligen. Propagandaorgan des RLB war *Die Sirene*, eine Illustrierte, die vollständig in der Bibliothek des Deutschen Museums vorhanden ist; andere Medien, die der RLB zur Propagierung des Luftschutzgedankens einsetzte, waren Broschüren, Plakate, Filme, Rundfunksendungen, Zeitungsartikel, Vorträge, Wanderausstellungen sowie Vorführungen von Löschgeräten.

1935, spätestens aber mit der Bekanntmachung des Vierjahresplans im Jahr 1936, wurde offensichtlich, dass das

Die Wirkung chemischer Kampfstoffe sowie von Brand- und Brisanzbomben wird auf diesem Schulwandbild dargestellt.

Deutsche Reich in atemberaubendem Tempo aufrüstete. Wie die vertragswidrige Wiedereinführung der Wehrpflicht und der ebenfalls vertragswidrige Aufbau der Luftwaffe zeigten, schreckte es dabei nicht vor einem Bruch des Versailler Vertrags zurück. Mit dem Luftschutzgesetz von 1935 wurde die allgemeine Luftschutzdienstpflicht eingeführt, die nun klar erkennbar im Dienst der Kriegsvorbereitung stand.

Spiele, Jugendbücher und Sammelbildchen

Um auch die Kinder auf einen kommenden Luftkrieg vorzubereiten, kamen nach 1935 viele eigens für diese Zielgruppe konzipierte Propagandamittel auf den Markt. Lieder, Texthefte für Theater- und Sprechchorvorführungen sowie Bilderbücher mit bezeichnenden Titeln wie *Rolf Mutig übt Luftschutz* gewöhnten die Jugendlichen schon in Friedenszeiten an die Vorstellung eines Luftkriegs. Über verschiedene Medien wurde ihnen vermittelt, welche Gefahren drohten und welche Abwehrmittel (Löschsand, Feuerpatsche, Wasserspritze, Gasmasken, Luftschutzkeller) im Ernstfall einzusetzen waren. Beim Spielen von Gesellschaftsspielen lernten sie nebenbei, dass die Dachböden zur Minimierung der Brandgefahr entrümpelt oder bei Fliegeralarm unverzüglich der Luftschutzraum aufgesucht werden musste. Pädagogisch besonders wirkungsvoll waren Brettspiele wie *Luftschutz tut not!*, *Marsch in den Luftschutzraum* oder *Das Luftverteidigungsspiel*. Die Spielfiguren waren einfache Holzsteine, die manchmal als Bombe gestaltet waren; gelegentlich stellten sie auch stilisierte, für Luftschutzaufgaben wichtige Personen dar, wie Krankenschwestern oder Polizisten.

Im Spielzeughandel gab es zudem diverse Bastel- und Ausschneidebögen zu Luftschutzthemen; die Apotheken verschenkten Luftschutzbildchen, die die Kinder in einem Album sammeln konnten. Jugendbücher animierten vor allem die Jungen zu heldenhaftem Verhalten, so der Roman *Lost wird Luftschutzhauswart*. Trotz seiner eindeutigen Propagandafunktion hat sich auch dieses Buch, das auf den vom Reichserziehungsministerium herausgegebenen Empfehlungslisten für Schulbüchereien stand, in der Bibliothek des Deutschen Museums erhalten. Der abgegriffene Einband zeugt davon, dass es in der NS-Zeit viel gelesen wurde.



Sogar Gesellschaftsspiele dienten in der Zeit des »Dritten Reiches« der Vorbereitung auf den Krieg.

Wie sehr all diese Materialien die Kinder schon lange vor Kriegsausbruch auf den Luftkrieg vorbereiteten, indem ihnen durch permanente Wiederholung die politisch gewünschten Denkmuster und Verhaltensweisen einge-hämmert wurden, zeigt ferner der illustrierte Propaganda-Lehrbogen *Sei stets bereit und denke dran, daß heut der Tommy kommen kann!*, dessen Text mit der Mahnung »Der Terror trifft uns halb so hart, wenn jeder Disziplin bewahrt!« endete.

Dass sich die Schrecken des Luftkriegs mit Disziplin, Feuerpatschen und manuell zu betätigenden Wasserspritzen nicht bannen ließen, wurde allerdings schon bei den ersten Bombardements deutlich, die ab Dezember 1940 einsetzten und im weiteren Kriegsverlauf immer häufiger und verheerender werden sollten. Bei den schweren Flächenbombardements, die die britische und amerikanische Air Force in den beiden letzten Kriegsjahren durchführten, entpuppten sich die zu Luftschutzräumen umfunktionierten Hauskeller teilweise sogar als Falle für die Schutzsuchenden, die dort zu Tausenden erstickten, verkohlten oder verschüttet wurden. Weitaus besseren Schutz boten Luftschutzbunker aus massivem Beton, die das NS-Regime allerdings viel zu spät und in viel zu geringer Zahl errichten ließ.

Luftschutzpropaganda in der Schule

Schon 1934 hatte der Reichserziehungsminister per Erlass verfügt, dass der Luftschutz im Schulunterricht berücksichtigt werden müsse. Nach dem Erlass des Luftschutzgesetzes (1935) wurde diese Vorgabe mit Inhalten gefüllt, und zwar nicht nur hinsichtlich der organisatorisch-technischen Durchführung konkreter Luftschutzmaßnahmen in der Schule, sondern auch bezüglich der umfassenden Thematisierung im Unterricht. Da kein eigenes Fach »Luftschutz« geschaffen, sondern der Gas- und Luftschutz zusammen mit der Luftfahrtlehre an geeigneter Stelle in möglichst allen gängigen Schulfächern aufgegriffen werden und als Querschnittsthema den gesamten Schulstoff durchdringen sollte, verfassten eifrige, im Nationalsozialistischen Lehrerbund (NSLB) und/oder im RLB organi-



sierte Lehrer seit 1935 eine Fülle von Unterrichtsmaterialien für die einzelnen Schulfächer. Die Bedeutung der Thematik in der Schule spiegelt die in der Bibliothek des Deutschen Museums vorhandene Zeitschrift *Luftfahrt und Schule* wieder, die 1935 erstmals erschien und bezeichnenderweise gemeinsam vom Reichserziehungs- und Reichsluftfahrtministerium herausgegeben wurde. Ihr Untertitel *Zeitschrift zur Förderung der Luftfahrt und des Luftschutzes an deutschen Schulen* war Programm.

1938 führte das Reichserziehungsministerium in sukzessiv erlassenen Bestimmungen dann detailliert aus, wie die Unterrichtsgestaltung zum Thema Luftschutz in den einzelnen Fächern der verschiedenen Schultypen aussehen sollte; weitere Konkretisierungen lieferten die im Oktober 1939, unmittelbar nach Kriegsausbruch, veröffentlichten *Richtlinien für die Behandlung des Luftschutzes im Unterricht der Schulen*.

Unterrichtsbeispiele

Einige Beispiele sollen zeigen, wie das Thema Luftschutz seit 1935 den Schulstoff durchdrang: Im Geschichts- und Erdkundeunterricht, der in der NS-Zeit ohnehin auf wehr- und geopolitische Aspekte optimiert war, wurde thematisiert, welches Gefährdungspotenzial die großen Flugzeuggeschwader darstellten, über die die Nachbarstaaten des Reichs verfügten. Die in Museen und Spezialsammlungen überlieferten Schulwandbilder zeigen, mit welchen visuellen Mitteln Angst vor den ausländischen Luftstreitkräften geschürt und ein Bedrohungsszenario aufgezeigt wurde: Jede größere Industriestadt im Deutschen Reich konnte, wie die Schullandkarten verdeutlichten, innerhalb kürzester Zeit von ausländischen Flugzeugen erreicht und bombardiert werden. Die Luftschutzthematik wurde auch in den Rechen- und Mathematikunterricht integriert. Aufgaben über die Flugleistungen der Kampf- und Jagdflugzeuge, über die Größe und Wirkung der Schuss- und Abwurfaffen und die Reichweite der Flugabwehrmaßnahmen vermittelten den Schülern neben dem Handwerkszeug der

Zum Weiterlesen

Andreas Hansen, *Luftschutz tut Not!*, Freiburg/Br. 2004.

Andreas Linhardt, *Feuerwehr im Luftschutz 1926–1945*, Braunschweig 2002.

Karl Metzner (Hrsg.), *Luftfahrt, Luftschutz und ihre Behandlung im Unterricht. Ein Handbuch für Lehrende*, Leipzig 1936.

Heinz-Peter Mielke (Hrsg.), *Aggression, Gewalt, Kriegsspiel*, Grefrath 2001.

Eva-Maria Stoya, *Chemieunterricht in der NS-Zeit*, Frankfurt u.a. 2002.

Dreisatzrechnung beiläufig auch militärisch-ballistische Kenntnisse.

Textaufgaben über die passende Dimensionierung von Luftschutzräumen dienten nicht nur dem Zweck, die Schüler in die Berechnung der Volumina dreidimensionaler Körper einzuführen, sondern verdeutlichten zugleich Probleme des baulichen Luftschutzes. Die Physiologie der Atmung, ein eigentlich völlig unpolitisches Thema des Biologieunterrichts, wurde insofern politisch aufgeladen, als es mit einschlägigen Rechenaufgaben gekoppelt wurde. So galt es zu ermitteln, wie viel Sauerstoff pro Zeiteinheit ein Mensch beim Atmen verbraucht und wie viel Kohlendioxid er dabei produziert; ferner sollte ausgerechnet werden, wie ein Luftschutzraum für eine bestimmte Personenzahl dimensioniert werden musste, damit er für eine gegebene Zeitdauer genügend Sauerstoff für alle enthielt. Da die Schüler zuvor im Biologieunterricht gelernt hatten, dass der Sauerstoffbedarf pro Person bei steigender physiologischer Belastung zunahm, machte diese Aufgabe deutlich, warum man sich im Luftschutzkeller möglichst ruhig verhalten und nicht herumlaufen sollte. Bei der Behandlung der Atmung wurden im Biologieunterricht auch Erste Hilfe-Maßnahmen besprochen und die verschiedenen Methoden der künstlichen Beatmung gezeigt.

Im Sportunterricht, in dem mit aufgesetzter Gasmaske geturnt werden sollte, lernten die Schüler die Handhabung dieses Schuttmittels kennen, das aufgrund eines ministeriellen Erlasses ab 1938 in der Schule vorgestellt und behandelt werden musste. Die Luftfahrt- und Luftschutzthematik wurde auch in den Deutsch-, Kunst- und Werkunterricht eingebaut. So sollten die Schüler im Deutschaufsatz beispielsweise eine Luftschutzübung schildern. Im Kunstunterricht wurden Luftschutzplakate gemalt und im Werkunterricht Hinweisschilder oder andere Gegenstände für den Luftschutzraum gebastelt.

Die Luftschutzthematik eignete sich bestens, um einen lebensnahen, anschaulichen, alle Fächer vernetzenden Unterricht zu gestalten, den die nationalsozialistische Schulpolitik so favorisierte. Besonders große Bedeutung für den Luftschutzunterricht hatten die Fächer Physik und Chemie. Im Rahmen der Wärmelehre wurden im Physikunterricht der Verbrennungsprozess sowie das Löschen

Der Luftschutz verfolgte die Kinder sogar im Kunstunterricht: Das Foto zeigt einen Jungen beim Malen eines Plakats.



Die Wirkung chemischer Kampfstoffe und mögliche Schutzmaßnahmen waren ein wichtiges Thema im Chemieunterricht.



von Bränden thematisiert und Grundregeln der Brandbekämpfung vermittelt. Brandgefahr und Brandschutz waren auch im Chemieunterricht ein Thema, das bei der Behandlung von Oxidation und Reduktion eingeflochten wurde. Da die Chemielehrer ihre Schüler auf potenzielle Bombardierungen mit Phosphor-Brandbomben vorbereiten sollten, war das Wissen, dass man brennenden Phosphor nur vorübergehend mit Wasser löschen, endgültig dagegen nur mit viel Sand ersticken konnte, im Ernstfall überlebenswichtig.

In den höheren Klassen wurden ferner die verschiedenen chemischen Kampfstoffe und ihre Wirkungen auf Augen, Nase, Rachen, Lunge und Haut des Menschen behandelt. Die Schüler lernten die typischen Grünkreuzkampfstoffe (die Atemgifte), die Gelbkreuzkampfstoffe (die Hautgifte vom Typ des im Ersten Weltkrieg viel eingesetzten Losts) und die Blaukreuzkampfstoffe (die »Maskenbrecher« genannten Rachenreizstoffe) kennen, erfuhren, wie man die jeweils verwendeten Substanzen nachweisen konnte (beim Heer war das die Aufgabe des sogenannten »Gasspürers«) und wurden mit der Anwendung der gängigsten, in der

Die Schulwandtafel zur Ersten Hilfe thematisiert neben Maßnahmen bei alltäglichen Blessuren auch Verletzungen durch Kampfstoffe.

Luftschutzapotheke enthaltenen Medikamente und deren Wirkung vertraut gemacht, besonders dem Losantin (Calciumhypochlorit), dem einzigen Mittel gegen die schrecklichen, durch Gelbkreuzkampfstoffe verursachten Hautverletzungen. Im Chemieunterricht wurde ferner der Aufbau einer Gasmaske und die Wirkungsweise der in den einzelnen Filterschichten verwendeten Füllstoffe erklärt, vor allem der Aktivkohle. Große Bedeutung kam der experimentellen Behandlung des gesamten Themenkomplexes zu, was angesichts der wenigen, dem naturwissenschaftlichen Unterricht zur Verfügung stehenden Stunden allerdings meist nur in den Arbeitsgemeinschaften möglich war.

Profiteure des Luftschutzerlasses

Auf die neuen ministeriellen Vorgaben stellten sich die Lehrmittelfirmen und -verlage unverzüglich ein. Sie nutzten die seit 1935 herrschende Hochkonjunktur der Schulthemen Luftfahrt und Luftschutz, um eine Fülle neuer Experimentiergeräte und Unterrichtsmaterialien auf den Markt zu bringen. Bei deren Entwicklung arbeiteten sie oft mit Lehrern zusammen, die passend zu den von ihnen verfassten Experimentierbüchern auch die jeweils erforderlichen Apparate und Gerätschaften entwarfen. Die Lehrmittelfirmen vermarkteten dann beides zusammen als Gesamtpaket. Der Chemie-, Physik- und Mathematiklehrer Walter Kintto, Autor diverser Experimentierbücher über die Chemie der Kampfstoffe und zugleich Ideenlieferant für einen von der Göttinger Lehrmittelfirma Phywe produzierten *Experimentierkasten zum Luft- und Gasschutz*, ist ein typischer Vertreter dieser Personengruppe. Ein anderer ist der Chemie- und Physiklehrer Wilhelm Fröhlich, der für den Franck-Kosmos Verlag in Stuttgart zahlreiche Experimentierkästen entwickelte, darunter einen zur Flugphysik; ein dritter ist der Dozent an der Hochschule für Lehrerfortbildung in Leipzig und Schulungsleiter des RLB in Sachsen, Walther Morgner, der unter anderem Schulwandbilder zum Thema Luftschutz konzipierte. Um sicherzustellen, dass sich die bei Lösübungen verwendeten, leicht brennbaren Thermitbrandsätze und die Demonstrationskästen mit Riechproben verschiedener chemischer Kampfstoffe gefahrlos in der Schule handhaben ließen, mussten alle Unterrichtsmittel vom Reichsluftfahrtministerium offiziell zugelassen worden sein.



Prof. Dr. Elisabeth Vaupel ist Chemiehistorikerin im Forschungsinstitut des Deutschen Museums.



Florian Preiß ist Bibliothekar in der Bibliothek des Deutschen Museums und dort u. a. zuständig für den Auskunftsdienst.

Von der seit 1935 boomenden Luftschutzthematik profitierten viele Branchen, nicht nur die Hersteller von Gasmasken, Feuerlöschern und anderen Schutzvorrichtungen, sondern auch die Verlage und Lehrmittelfirmen.

Fazit

In den Luftschutzunterricht für Jugendliche war nicht nur die Schule, sondern auch der Reichsluftschutzbund (RLB), die Hitlerjugend (HJ), die Polizei, die Feuerwehr, die Technische Nothilfe, die SA und SS eingebunden. Durch die Exponate in seiner Chemie-, Physik- und Luftfahrtabteilung und die Bestände seiner Bibliothek fungierte auch das Deutsche Museum als Ort der Luftschutzunterweisung. Fast alle einschlägigen Veröffentlichungen, die nach Erlass des Luftschutzgesetzes im Jahr 1935 erschienen, sind in der Bibliothek des Deutschen Museums vorhanden. Diese Bestände laden heute dazu ein, sich kritisch mit der damaligen Instrumentalisierung des Schulunterrichts für die Zwecke der letztlich der Kriegsvorbereitung dienenden Luftschutz- und Luftfahrtthematik in der NS-Zeit auseinanderzusetzen. ■■

Warum es sich lohnt, dabei zu sein

Der Freundes- und Förderkreis Deutsches Museum hat sich auch für 2019 wichtige Ziele gesetzt. Vor allem aber wird er im 19. Jahr seines Bestehens so modern und lebendig sein, wie schon lange nicht mehr.



Ende Oktober, als ich in der Langen Nacht der Museen, vom Treppensteigen außer Atem und mit einem Kräuter-Limetten-Cocktail aus der schon legendären Rooftop-Bar bewaffnet am Dach des Museums stand, dachte ich, wie sehr es sich lohnt, Mitglied, ja Vorstandsmitglied des Freundes- und Förderkreises Deutsches Museum zu sein. Vor mir der legendäre Uhrturm des Museums, ganz nah; irgendjemand machte Lichtzeichen von drüben. Weiter hinten die angestrahlten Türme der Frauenkirche, und rechts, dort, wo unsere Juniormitglieder nun zum 5. Mal ihre großartigen Cocktails mixten, das Müllersche Volksbad zwischen den Herbstbäumen. Nicht nur, dass sich der Freundeskreis auch noch an der Finanzierung einer Tanzperformance beteiligte, die in der Kraftmaschinenhalle an

Legendär sind mittlerweile die Feste und Cocktails der Rooftop-Bar auf dem Dach des Deutschen Museums. Auch bei der Langen Nacht der Museen im Oktober 2018 war der Andrang groß und die feinen Drinks begehrt. Professionell gemixt und kredenzt von den Junioren des Freundeskreises.

diesem Abend aufgeführt wurde. Es war vielmehr dieses Wirgefühl, das mir so wieder zu Bewusstsein gekommen ist. Durch unsere Arbeit, unser Engagement und den Mitgliedsbeitrag, der unseren Projekten zugutekommt, gehört das Museum auch ein bisschen dem Freundeskreis und seinen Mitgliedern.

Auch 2019 darf sich jedes Freundeskreismitglied wieder als Geburtshelfer der titanenhaften Aufgabe der Zukunftsinitiative begreifen. Jeder kann durch das Museum, seine Sammlungen und Ausstellungen streifen und hier und dort kleine Beweise unserer Arbeit entdecken. Sei es, weil er die wunderbare Museums-App nutzt, die 2019 weiterentwickelt wird, insbesondere um noch leichter lesbar zu sein. Sei es, weil er die Musikabteilung in ihrem Exil



Eines von vielen kleinen und größeren Projekten, die der Freundeskreis 2018 angeregt und unterstützt hat, ist die Museums-App. 2019 wird diese App weiterentwickelt und noch besser lesbar gestaltet.

Deutsches Museum wird für diesen Event ein Modell der Fleute zur Verfügung stellen und die Technologie dieses neuen Schiffstyps erläutern, der die Grundlage für den Aufstieg der Niederlande zur führenden Handelsmacht im 17. Jahrhundert darstellte. Der Pinakotheksverein übernimmt natürlich den Part, uns die einzigartige Kunst dieser Zeit in den Niederlanden zu erklären.

2019 können die Mitglieder des Freundeskreises wieder die vom Kerschensteiner Kolleg angebotene Reise mitmachen, diesmal soll es nach Marokko gehen. Außerdem wird es natürlich auch Tagesausflüge des Freundeskreises geben – wohin wird allerdings noch nicht verraten.

Unsere Juniormitglieder werden uns auch 2019 tatkräftig unterstützen, bei unserem Webauftritt ebenso wie durch weitere Cocktails, hoffentlich nicht nur in der Langen Nacht der Museen. Aber am Museumsdach werden sie 2019 zum letzten Mal ihre Rooftopbar betreiben, bevor auch dort die Generalsanierung beginnt. Insofern ist der Termin eigentlich ein Muss für alle Freundeskreismitglieder. Irgendjemand meinte an jenem wunderbaren Abend über den Dächern Münchens im Oktober 2018 zu später Stunde: »Ihr habt aber auch überall eure Finger drin.« Stimmt, und das wird 2019 auch so bleiben.

Monika Czernin

im 2. Stock besucht, die mit unseren Mitteln im Zuge der Neukonzeption der Ausstellungen in ihre alten Räume zurückkehren wird. Sei es, weil es ihn wie auch mich in die Kaffeeausstellung zieht, die als große Wanderausstellung ein im wahrsten Sinne des Wortes köstliches Thema mit der Hilfe des Freundeskreises interdisziplinär erfahrbar machen wird, wenn sie Anfang April ihre Tore öffnet.

Was erwartet uns bzw. Sie, liebe Freunde und potenzielle Freunde, noch? Auch 2019 werden wir unsere Vernetzung mit den Freunden der Pinakothek der Moderne (PIN) und dem Pinakotheksverein fortsetzen, und zwar mit einer Veranstaltung in der Alten Pinakothek zum Thema »Das Goldene Zeitalter der Holländer, Aufstieg durch revolutionäre Technik des Schiffbaus (Fleute)« Das

Werden Sie Mitglied im Freundes- und Förderkreis des Deutschen Museums!

Jahresbeitrag:

- 500 Euro für persönliche Mitgliedschaften
- 250 Euro für Juniormitgliedschaften (bis 35 Jahre)
- 2500 Euro für Mitgliedschaften mittelständischer Unternehmen nach EU-Norm
- 5000 Euro für Mitgliedschaften großer Unternehmen

Kontakt:

Freundes- und Förderkreis Deutsches Museum e.V. · Museumsinsel 1 · 80538 München
www.ffk-deutsches-museum.de/de · <https://www.ffk-deutsches-museum.de/de>

Ihre Ansprechpartnerin:

Claudine Koschmieder · Tel. 089 / 2179-314 · Fax 089 / 2179-425
koschmieder@ffk-deutsches-museum.de



Museum mit Zukunft

Erst ein halbes Jahr ist vergangen, seit der Grundstein für das Deutsche Museum Nürnberg gelegt wurde – und schon kann man am Augustinerhof die Dimensionen des Gebäudes erahnen, in dem das »Zukunftsmuseum« sein Zuhause finden wird. »Fast jedes Mal, wenn wir nach Nürnberg kommen, ist das Gebäude schon wieder um ein Stockwerk gewachsen«, freut sich Andreas Gundelwein, der das Projekt für das Deutsche Museum leitet. Und auch, wie es im neuen Nürnberger Museum aussehen wird, zeichnet sich bereits sehr deutlich ab.

Inzwischen arbeiten zwölf Mitarbeiter des Deutschen Museums an der inhaltlichen Konzeption für den neuen Standort. Die Gestalter vom Atelier Brückner aus Stuttgart, die die Ausschreibung gewonnen haben, haben jetzt Visualisierungen vorgelegt, wie die Ausstellungsräume von innen aussehen könnten. Gleichzeitig wirbt das Deutsche Museum die ersten Exponate ein. Kuratorin Melanie Saverimuthu: »Wir bemühen uns gerade um einen »Airbus-Pop-Up« – das Flugtaxi soll im Luftraum der Ausstellung zur Mobilität der Zukunft zu sehen sein. Wobei die Auswahl der Exponate eine spannende Aufgabe ist. »Wir wollen hier ja die Technik der Zukunft ausstellen. Also Dinge, die gerade erst als Prototypen im Entstehen sind.« Auch ein permanenter Wechsel der Exponate wird angestrebt – denn nichts ist so alt wie die Zukunft von gestern. Etwa alle zwei Jahre, sagt Kuratorin Saverimuthu, werde man die Ausstellungen überarbeiten.

Projektleiter Andreas Gundelwein, Architektin Jeannette Witrahm und Kuratorin Melanie Saverimuthu auf der Baustelle des Deutschen Museums Nürnberg.

Das Museum will in fünf verschiedenen Themenfeldern – »Arbeit und Alltag«, »Körper und Geist«, »Urbanes Leben«, »System Erde« und »Raum und Zeit« – erlebbar machen, wie die Gesellschaft und Technik der Zukunft aussehen könnte. Dazu kommt ein Forum für Diskussionen und Veranstaltungen, eine Bibliothek, ein Sonderausstellungsraum und Mitmachlabore. »Wir wollen unsere Besucher mitnehmen auf eine Reise in mögliche Zukünfte. Und wir wollen die Technologien erlebbar machen, die diese Zukünfte beeinflussen werden.«

Die neuesten technologischen Entwicklungen sollen hier ebenso demonstriert werden wie völlig neue Formen der Vermittlung. Ein Glanzstück des Museums soll das geplante, 110 Quadratmeter große »Holodeck« werden, wie man es bisher eher vom Bord des Raumschiffs Enterprise

Zukunftsmuseum

Standort:	Altstadt Nürnberg, Augustinerhof
Max. Tiefe der Baugrube:	11 Meter (bei der Winklerstraße)
Arbeitskräfte:	ca. 100 Handwerker
Verbautes Material:	ca. 10 000 Kubikmeter Beton und 2777 Tonnen Betonstahl
Maschinengiganten:	3 Hochbaukräne, der größte mit einer Hakenhöhe von 58,5 Metern und Ausladung von 60 Metern
Beteiligte Firmen:	ca. 40
Entwurf:	staab Architekten



kennt. Aber auch mit dreidimensionalen Hologrammen will das Museum arbeiten. »Es wird bei uns neue Darstellungsformen geben, die man in dieser Massivität noch nicht in einem Museum gesehen hat.« Augmented Reality will das Ausstellungsteam ebenso im Museum einsetzen – eine Technik, bei der sich Realität und mediale Darstellung vermischen. Saverimuthu freut sich sehr auf die Ausstellung zum Thema »Raum und Zeit«. Dort werden Themen diskutiert, die sehr weit in der Zukunft liegen. Zum Beispiel, ob *Beamen* wie in Science-Fiction überhaupt physikalisch möglich ist. Dort werden Dinge wie die Physik des Lichts mit Hilfe von Experten der Max-Planck-Gesellschaft verständlich gemacht. Auch in den anderen Ausstellungsbereichen des Museums geht es um die ganz großen Fragen wie »Werden wir irgendwann unsterblich« oder »Wie bekommen wir eine ständig wachsende Weltbevölkerung satt?«

Natürlich spielen auch bodenständigere Dinge eine Rolle – wie zum Beispiel neue Materialien. »Neue Designs, transparentes Holz und Carbonbeton können das Wohnen der Zukunft verändern«, sagt Saverimuthu. Und schließlich soll auch der Spaß nicht zu kurz kommen. Schließlich zielt man ja auch auf ein junges Publikum. »Wir wollen Maßstäbe setzen in Sachen Interaktivität, wollen die jungen Besucher zum Experimentieren und Ausprobieren bringen. Denn durch nichts lernt man so gut und so anschaulich wie durch eigenes Erleben.«

Gerrit Faust

Bild oben: Die Animation zeigt, wie sich das Gebäude des Deutschen Museums Nürnberg in das Stadtbild einfügt.

Bild unten: Der künftige Eingangsbereich des Deutschen Museums Nürnberg.

Mensch und Maschine Hand in Hand

Einen innovativen Roboterassistenten zeigt das neue Modul in der Ausstellung »Deutscher Zukunftspreis«. Die Entwickler, Sami Haddadin, Simon Haddadin und Sven Parusel, haben einen innovativen Roboter gebaut, der die Zusammenarbeit von Mensch und Maschine einfacher und sicherer machen soll. Dafür wurde das Trio 2017 von Bundespräsident Frank-Walter Steinmeier mit dem Deutschen Zukunftspreis ausgezeichnet.



Flugwerft Schleißheim: Engel mit Rotoren

In der Ausstellungshalle der Flugwerft ist jetzt ein ganz besonderer Neuzugang gelandet: Der Hubschrauber BO105 gilt als Meilenstein in der Deutschen Luftfahrtindustrie und soll künftig in Schleißheim die Geschichte der zivilen Luftrettung dokumentieren. Der Hubschrauber mit der Seriennummer 1 wurde durch den Förderverein der ADAC Luftrettungsstation »Christoph 1« aufwendig restauriert.

Das Kernstück der technischen Innovation ist der gelenklose Rotor, »ein Prinzip, das sich bis heute auch in den Nachfolgemodellen bewährt«, so Filchner. Außerdem kam beim Bau der Rotorblätter erstmals glasfaserverstärkter Kunststoff (GFK) zum Einsatz.





Müll oder nicht Müll

Ob etwas Müll ist oder nicht Müll, hängt ja bekanntlich nicht an dem jeweiligen Gegenstand selbst, sondern es hängt an uns, die wir den Gegenstand betrachten. Müll an sich gibt es nicht. Selbst eine angesammelte Bananenschale ist kein Müll an sich, sondern eben bloß eine angesammelte Bananenschale. Wollte ich eine mir missliebige Person etwas ärgern, könnte ich beispielsweise

dieser Person die Bananenschale anonym per Post schicken. Für mich wäre diese Bananenschale damit ein äußerst zweckdienlicher Gegenstand, ein Wertstoff eben, der sich fabelhaft für meine finsternen Absichten eignete. Für den Empfänger aber wäre sie es ziemlich sicher nicht. Ich erwähne das hier nur deshalb, weil es ja mitunter durchaus unterschiedliche Auffassungen darüber geben kann,

was in den Müll gehört und was nicht. Fräulein Schröder zum Beispiel findet, dass meine alten Studienunterlagen, die sich im Keller stapeln, Müll seien und auch dorthin gehörten, und zwar baldigst. Ich sehe das naturgemäß nicht so. Hinterhältigerweise hebt aber Fräulein Schröder selbst leider gar nichts auf. Ich kann nicht einen einzigen Deal machen, so was wie »meine Studienunterlagen gegen deine Sammeltassen«, oder so ähnlich. Müll habe immer nur ich. Was aber macht man mit Müll, der gar kein Müll ist? Es kam mir daher nicht ungelegen, dass Fräulein Schröder am Wochenende eine alte Schulfreundin in Wien besuchen wollte, so dass ich, während die beiden Damen im Kaffeehaus saßen und sich eine Melange nach der anderen und eine Sachertorte nach der nächsten einverleibten, mich meinen Studienunterlagen und ihrem weiteren Schicksal widmen könnte. Fräulein Schröder war abgereist und ich durchstreifte das Haus vom Keller bis zum Dach und vom Dach bis zum Keller. Ich öffnete Schranktüren und schloss sie wieder, zog Schubladen aus Kommoden und schob sie wieder zu, blickte hinter den Heizungskessel und war sogar in der Gartenhütte. Schließlich ging ich noch ein drittes Mal ins Dachgeschoss, und da traf mein Blick das Gästebett und da dachte ich dann, dass das doch ein äußerst geeigneter Ort sein könnte für meine Mitschriften, Materialien und Seminararbeiten aus zahllosen Proseminaren, Hauptseminaren, Vorlesungen und Übungen von Professor X und Professorin Y, aus denen sich gewiss noch einmal ganze Doktorarbeiten und Habilitationsschriften fabrizieren ließen. Das breite Bett hatte einen stabilen, geschlossenen Rahmen aus Holz. Ich müsste nur die Matratze herunternehmen und den Lattenrost und darunter würde sich dann ein Raum auftun für all meine Unterlagen, das ganze alte Zeug, und kein Gast würde jemals vermuten, dass er über Bananenkartons voll materialisierten Geistes der Germanistik der 1980er Jahre nächtigte. Und Fräulein Schröder würde das auch nicht ahnen, denn warum sollte sie beim Bettenmachen unter den Lattenrost schauen? Und außerdem könnte ich ihr ja auch sicherheitshalber anbieten, dass ab sofort immer ich das Gästebett beziehe, sollte ein Besuch anrücken. Und so zog ich die schwere Matratze vom Bett und hievte den Lattenrost herunter, nicht ohne mit dem sperrigen Teil eine Macke in Fräulein Schröders Vitrine zu schlagen, und sah in diesen verborgenen Raum unter dem Bett und war dann doch erstaunt, dass dieser Raum nicht aus Nichts bestand, aus unberührter Leere, wie ich gehofft hatte, sondern dass er bis obenhin angefüllt war, und zwar mit Handtaschen über Handtaschen unterschiedlicher Farbe und Größe, einige aus Stoff, die meisten aus Leder. Auch die rote, die Fräulein Schröder damals trug, als wir uns kennenlernten, war darunter. »Holla, die Waldfee«, entfuhr es mir, »da also lagert sie die Dinge, von denen sie sich nicht trennen will.« Mir blieb nichts anderes übrig, als Lattenrost und Matratze wieder an Ort und Stelle zu wuchten und auch ein Gefühl

der Scham zu unterdrücken, weil mir Fräulein Schröders Handtaschenpassion ganz neu war. War ich tatsächlich so zerstreut, so unaufmerksam, so sehr mit mir selbst beschäftigt, dass mir das hatte entgehen können? Und wohin jetzt mit meinen Papierbergen? Ich landete wieder im Keller und stand ratlos vor meinen drei Metern Ivar-Regalen, aus denen das Papier aus allen Seiten herausquoll. Selbst auf der ausrangierten Tiefkühltruhe von Tante Gunda stapelte es sich. Hatte ich tatsächlich Tiefkühltruhe gesagt? Oder gedacht? Die Tiefkühltruhe! Ein Kubikmeter Lagerraum für verderbliche Güter! Sensationell. Ich räumte den Deckel frei, öffnete das Schloss, klappte die Truhe auf und versenkte Stapel um Stapel in der weißen Kunststoffwanne, in der einst die Beutel von Erdbeeren, Johannisbeeren und Rhabarberkompott, Batterien von sorgsam beschrifteten Plastikdosen mit Eintöpfen, Sauerbraten und Kuchen gelegen hatten. Meine Regale waren wie leergefegt und auf der Truhe ließ ich noch zur Steigerung der Glaubwürdigkeit ein paar Ordner mit Seminararbeiten stehen.

Dass das Wochenende in Wien natürlich sehr schön gewesen war, das verstand sich ja fast von selbst. Wien, diese wunderbare Stadt mit ihrem morbiden Charme, ihrer kaiserlichen Pracht, dem internationalen Flair und dem zynischen Ton seiner Bewohner. Kaffee, Küche und Kultur! Ein Traum! Fräulein Schröder kam aus dem Schwärmen gar nicht mehr heraus. Im Kaffeehaus waren sie natürlich mehrfach gegessen und hätten geplaudert und geplaudert. Dann die Museen und Galerien, abends Theater und Oper. Ich müsse beim nächsten Mal unbedingt mitkommen. »Sehr gerne«, sagte ich, »da könnte ich mir dann die Friedhöfe anschauen. Die interessieren mich am meisten.« Was ich so an diesem Wochenende gemacht hatte, das zu berichten, dazu kam es dann gar nicht mehr. Fräulein Schröder war, wie sie sagte, erschossen und hundemüde und ging schlafen. Auch die nächsten Tage vergingen, ohne dass sie meine kleine Aufräumaktion bemerkt hätte. Erst als die Woche wieder dem Ende entgegenging, verkündete sie stolz, dass sie eine Großtat vollbracht habe. Sie habe den Studentenservice angerufen und drei junge Männer bestellt, die endlich diese schreckliche Tiefkühltruhe entsorgt hätten. Die müsse sehr schwer gewesen sein, denn die drei hätten schweißgebadet gefragt, ob wir darin die Leiche unserer Großmutter samt Freundinnen untergebracht hätten. »Jedenfalls ist das Ding jetzt weg!« sagte sie und zog zugleich ein Paket hinter dem Rücken hervor. Das sei ein Geschenk aus Wien, das sie ganz vergessen habe und das auch ein kleiner Lohn sei dafür, dass ich meine Uni-Unterlagen so toll ausgemistet habe. Ich zog mit zitternden Händen die Schleife auf, während vor meinem geistigen Auge der Inhalt der Truhe vorbeizog und ich mich fragte, ob es noch irgendeinen Sinn hätte, die umliegenden Wertstoffhöfe abzufahren. Ich schlug das Geschenkpapier auf und starrte auf eine Herrenhandtasche aus braunem Leder. Die war ganz schön. Doch, wirklich, sie war ganz schön. ■■

Text:
Daniel Schnorbusch

Illustration:
Michael Wirth

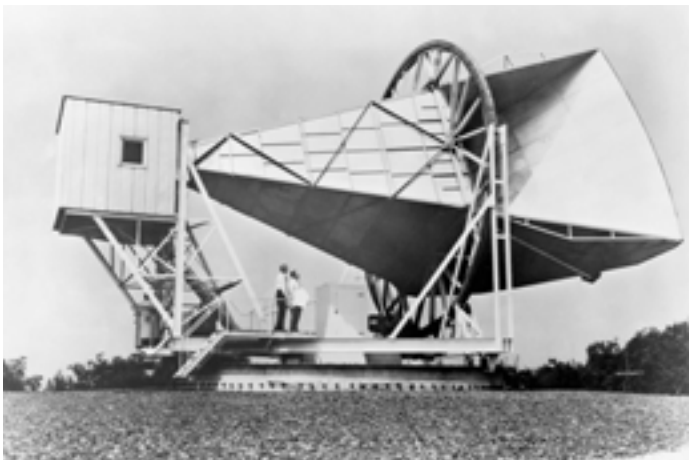


DER AUTOR

Dr. Daniel Schnorbusch
geboren 1961 in Bremen, aufgewachsen in Hamburg, Studium der Germanistischen und Theoretischen Linguistik, Literaturwissenschaft und Philosophie in München, ebendort aus familiären Gründen und nicht mal ungern hängengeblieben, arbeitet als Lehrer, Dozent und freier Autor.



Der Geowissenschaftler Alfred Wegener kam Mitte November 1930 bei einer Grönland-Expedition ums Leben. Seine Erkenntnisse zur Kontinentalverschiebung wurden erst posthum anerkannt.



Mit einer trichterförmigen Hornantenne wollten Arno Penzias und Robert Wilson 1964 Radioemissionen der Milchstraße erforschen. Dabei entdeckten sie zufällig das kosmische Hintergrundrauschen und bestätigten damit die Theorie des Urknalls.



Der Mediziner und Bakteriologe Alexander Fleming entdeckte um 1930 das Penicillin. Auf verunreinigten Proben von Eiterbakterien hatten sich Schimmelpilze gebildet, die die Bakterien abtöteten.

Vom Wert des Scheiterns

Gescheiterte Lebensprojekte taugen nicht als Narrativ für eine sich permanent optimierende Gesellschaft. Ansehen hat, wer erfolgreich ist. Hierzulande tut man sich besonders schwer, Fehler zuzugeben. Wenige haben das Standing, zu ihren Irrtümern zu stehen und daraus zu lernen. Auch die medial vermittelte Wissenschaft erweckt oftmals den Eindruck, als hänge sie sich von einem Erfolg zum nächsten. Dabei gehört gerade das Scheitern zum Forschungsalltag. Viele Errungenschaften der Forschung gäbe es gar nicht, wenn Menschen immer alles »richtig« machen würden. Denken wir nur an das Penicillin, das seine Entdeckung schlicht der Verunreinigung auf einigen Petrischalen verdankt. Zahlreiche Objekte im Deutschen Museum erzählen Geschichten von Zufällen, Irrtümern oder am Ende gescheiterten Projekten. So wie die Empfangsanlage, mit der Arno Penzias und Robert Wilson 1964 rein zufällig den ersten Nachweis des Echos der kosmischen Hintergrundstrahlung geliefert haben. Oder in jüngster Zeit der Transrapid, dessen innovative Technologie sich im eigenen Land bisher nicht durchsetzen konnte. Lesen Sie mehr über den Wert von Fehlern, Irrtümern und Niederlagen in unserer Frühjahrsausgabe *Kultur & Technik*.

Bis dahin wünscht Ihnen eine gute Zeit
Sabrina Landes

Impressum

Das Magazin aus dem Deutschen Museum

43. Jahrgang
Herausgeber: Deutsches Museum München
Prof. Dr. Wolfgang M. Heckl
Museumsinsel 1, 80538 München
Postfach 80306 München
Telefon (089) 21 79-1
www.deutsches-museum.de

Verantwortlich: Dr. Stefan Bollmann (Verlag C.H.Beck oHG)

Redaktionsleitung: Sabrina Landes, Büro publishNET,
Hofer Straße 1, 81737 München, info@publishnet.org;
Redaktion: Birgit Schwintek (Grafik), Inge Kraus (Bild),
Andrea Bistrich (Korrektur), Hannah Schnorbusch
(Schlussredaktion)

Verlag: Verlag C.H.Beck oHG, Wilhelmstraße 9, 80801 München;
Postfach 400340, 80703 München, Telefon (089)
381 89-0, Telefax (089) 381 89-398, www.chbeck.de

Redaktioneller Beirat: Dr. Frank Dittmann (Kurator
Energietechnik, Starkstromtechnik, Automation), Gerrit
Faust (Leiter Presse- und Öffentlichkeitsarbeit), Melanie
Jahreis, Prof. Dr. Elisabeth Vaupel (Forschungsinstitut)

Herstellung: Bettina Seng, Verlag C.H.Beck oHG

Anzeigen: Bertram Götz (verantwortlich), Verlag C.H.Beck
oHG, Anzeigenabteilung, Wilhelmstr. 9, 80801 München;
Postfach 400340, 80703 München; Diana Wendler, Telefon
(089) 381 89-598, Telefax (089) 381 89-599. Zurzeit gilt An-
zeigenpreisliste Nr. 35

Repro: Reimbrand Medienservice GmbH, Hauptstraße 1,
82008 Unterhaching

Druck, Bindung und Versand: Holzmann Druck GmbH &
Co. KG, Gewerbestraße 2, 86825 Bad Wörishofen

Bezugspreis 2019: Jährlich 29,- Euro
Einzelheft 8,90 Euro, jeweils zuzüglich Versandkosten

Für Mitglieder des Deutschen Museums ist der Preis für
den Bezug der Zeitschrift im Mitgliedsbeitrag enthalten
(Erwachsene 52,- Euro, Schüler und Studenten 32,- Euro).
Erwerb der Mitgliedschaft: schriftlich beim Deutschen Mu-
seum, Postfach 80306 München.

Für Mitglieder der Georg-Agricola-Gesellschaft zur För-
derung der Geschichte der Naturwissenschaften und der
Technik e.V. ist der Preis für den Bezug der Zeitschrift im
Mitgliedsbeitrag enthalten. Weitere Informationen: Georg-
Agricola-Gesellschaft, Institut für Wissenschafts- und Tech-
nikgeschichte, TU Bergakademie Freiberg, 09596 Freiberg,
Telefon (03731) 39 34 06

Bestellungen von Kultur & Technik über jede Buchhand-
lung und beim Verlag. Abbestellungen mindestens sechs
Wochen vor Jahresende beim Verlag.

Abo-Service: Telefon (089) 381 89-679

Die Zeitschrift erscheint vierteljährlich. Sie und alle in
ihr enthaltenen Beiträge und Abbildungen sind urhe-
berrechtlich geschützt. Jede Verwertung außerhalb der
engen Grenzen des Urheberrechtsgesetzes bedarf der
Zustimmung des Verlags. Der Verlag haftet nicht für
unverlangt eingesandte Beiträge und Bilddokumente.
Die Redaktion behält sich vor, eingereichte Manuskrip-
te zu prüfen und ggf. abzulehnen. Ein Recht auf Ab-
druck besteht nicht. Namentlich gekennzeichnete Bei-
träge geben nicht die Meinung der Redaktion wieder.

ISSN 0344-5690

A world map formed by dark brown coffee beans scattered on a light brown, textured burlap fabric background. The continents are clearly outlined by the density of the beans.

Kosmos Kaffee



Die Sonderausstellung eröffnet im Frühjahr 2019
Präsentiert werden historische Entwicklungen, technische,
naturwissenschaftliche und gesellschaftliche Hintergründe
rund um eines der weltweit beliebtesten Getränke.

Deutsches Museum



Museumsinsel 1 · 80538 München

«Der wichtigste Denker der Welt.»

Le Point

In «Eine kurze Geschichte der Menschheit» erzählte er vom Aufstieg des Homo Sapiens zum Herrn der Welt. In «Homo Deus» ging es um die Zukunft unserer Spezies. Mit seinem neuen Buch schaut Yuval Noah Harari, einer der aufregendsten Denker der Gegenwart, nun auf das Hier und Jetzt und stellt die drängenden Fragen unserer Zeit. Warum ist die liberale Demokratie in der Krise? Ist Gott zurück? Soll Europa offen bleiben für Zuwanderer? Kann der Nationalismus eine Antwort geben auf Klimawandel und soziale Ungleichheit? Was sollen wir unseren Kindern beibringen? Und können wir die Welt überhaupt noch verstehen, die wir erschaffen haben?

© Olivier Middelndorp



459 S. Geb. € 24,95 ISBN 978-3-406-72778-8



Leseprobe unter
www.chbeck.de/harari21

C.H. BECK
WWW.CHBECK.DE