

Umgang mit knappen Ressourcen

Monika Bokelmann und Siegfried Kreibe

1. Rohstoffreserven in allen Köpfen – oder: einfache Botschaften sind leichter verdaulich92
2. Von eingängigen und weniger eingängigen Rohstoffknappheiten – oder: je besser die Story desto interessanter das Thema94
3. Die Ressource Phosphor – oder: was weit weg ist schert uns wenig.....95
4. Rohstoffe in der Wertschöpfungskette – oder: des einen Nutzen kann des anderen Schaden sein97
5. Über den Tellerrand – oder: von den Mühen der Kooperation102
6. Viel Abfall im Gelben Sack – oder: zum rechten Handeln ist 's ein weiter Weg.....104
7. Literatur.....108

Rohstoffknappheit hat sich zu einem Megathema entwickelt. Die Zahl der Veröffentlichungen hierzu ist Legion. In diesem Beitrag werden verschiedene Aspekte des Umgangs mit knappen Ressourcen in Hinsicht auf die mit ihnen verbundenen sozialen Prozesse kritisch beleuchtet.

Am bifa Umweltinstitut entwickeln wir Technik, wir bewerten Produkte und Prozesse aus naturwissenschaftlicher und ökonomischer Sicht, aber wir setzen auch sozialwissenschaftliche Methoden ein, um besser zu verstehen, warum manches gut und anderes weniger gut funktioniert. Dies führt auch im Zusammenhang mit dem Thema *knappe Ressourcen* zu interessanten Einsichten, von denen dieser Beitrag einige schlaglichtartig darstellt.

Im Kern geht es darum, dass wir alle mit Modellen – oder vielmehr mit Bündeln von Modellfragmenten – arbeiten, um uns in der Welt zurechtzufinden. Modelle sind aber immer Vereinfachungen. Je nach persönlicher Geschichte, nach dem Wissensstand und dem eigenen Zugang zu einem Sachverhalt, einem Thema, einer Person oder einer Personengruppe sind diese Modellbündel unterschiedlich komplex und sie haben unterschiedliche Schwerpunkte.

1. Rohstoffreserven in allen Köpfen – oder: einfache Botschaften sind besser verdaulich

In Deutschland findet seit Jahren kein Erzbergbau mehr statt und die Steinkohlegewinnung liegt in den letzten Zügen. Auch weltweit hört man immer neue beunruhigende Botschaften. So soll das Erdöl nur noch für etwa 35 Jahre reichen. Wir wissen alle, dass das nicht stimmt. Diese Zahl bleibt seit vielen Jahren etwa gleich. Tatsächlich reichen die derzeit bekannten Reserven, also die wirtschaftlich abbaubaren Vorkommen, bei gleich bleibendem Verbrauch noch etwa 35 Jahre. Wenn Erdöl aber teurer wird oder wenn sich die Fördertechnik weiterentwickelt, dann rechnet sich auch der Abbau bisher nicht wirtschaftlich nutzbarer Vorkommen. Zudem wird Erdöl mit zunehmendem Preisniveau ersetzt – durch Windkraft, durch Biomasse oder auch durch Kohle. Tatsächlich wird das Erdöl noch tausende von Jahren reichen. Allerdings wird der Jahresverbrauch erheblich sinken und die Verbrennung von Erdöl wird – schon aus Kostengründen – an Bedeutung verlieren. Der letzte Einsatzbereich für Erdöl wird vielleicht die Verwendung als Aphrodisiakum sein; Verkaufseinheit ist dann allerdings nicht mehr das Barrel sondern 20 ml in der edlen Phiole.

Viele Geologen wundern sich über die Diskussion, die heute geführt wird. Sie kennen den Zusammenhang zwischen Reserven und Ressourcen. Sie lesen regelmäßig von neuen Abbauprojekten. Aus ihrer Sicht ist es eher eine Frage des Geldes, das für Exploration und Abbau zur Verfügung steht – und somit der Preise, über die solche Maßnahmen finanziert werden.

Auch mancher Chemiker ist verwundert. Nehmen wir als Beispiel Gold. Die Goldvorkommen werden tendenziell immer ärmer an Gold. Aber Gold verschwindet nicht. Wir verteilen es allenfalls nach Gebrauch in der Umwelt. Und von dort können wir es auch wieder zurückholen.

Fritz Haber hatte sich in den zwanziger Jahren des vorigen Jahrhunderts in einem sehr aufwändigen Forschungsprojekt mit der Gewinnung von Gold aus Meerwasser befasst. 1927 ermittelte einer seiner Mitarbeiter den durchschnittlichen Goldgehalt der bei einer Atlantiküberquerung genommenen Wasserproben zu 0,0044 mg/t; im gesamten Meerwasser sind somit etwa 70 Millionen Tonnen Gold enthalten [3]. Das ist das 26.000-fache der derzeitigen Weltjahresproduktion. Und: Meerwasser enthält nicht nur Gold, sondern den ganzen Teilchenzoo der chemischen Elemente. Die Gewinnung aus Meerwasser ist allerdings viel zu teuer. Wenn aber die Preise wirklich dramatisch ansteigen – dann lohnt sich auch das. Und wenn nicht aus dem Wasser, dann graben wir irgendwo das Erdreich aus – zuvor vermutlich alte Abraumbalden und Deponien.

Mit dem Erdöl sieht es anders aus. Erdöl wird durch seine Nutzung in der Regel zerstört. Dennoch ist auch hier die Diskussion um Reichweiten oft arg verkürzt: Die Kohlevorräte betragen ein Vielfaches der Erdölvorräte. Alles was wir aus Erdöl gewinnen, können wir auch aus Kohle erzeugen. In den dreißiger Jahren waren in Deutschland Anlagen mit einem Produktionsvolumen von mehreren hunderttausend Jahrestonnen in Betrieb, die nach dem Fischer-Tropsch-Verfahren Kohle verflüssigten. Heute gibt es neue Verfahren, die seit langem im großtechnischen Betrieb sind. Je teurer Erdöl wird, desto interessanter wird die Gewinnung von Treibstoffen und Grundchemikalien aus Kohle.

Dennoch hält sich in der öffentlichen Debatte standhaft die These, dass das Erdöl in 25 bis 40 Jahren oder – analog – das eine oder andere Metall in zehn oder gar fünf Jahren aufgebraucht ist. Warum ist das so? *In 35 Jahren haben wir kein Erdöl mehr.* ist eine klare und einfache Botschaft. Viel leichter aufzufassen als das komplexe Zusammenspiel von Preisen, Märkten und Technologien. Tatsächlich sind die Zusammenhänge noch komplizierter: Wirtschaftlich ist Kohleverflüssigung durchaus eine Lösung. Das wirklich ernstzunehmende Limit ist aber der Beitrag der Verbrennung von Erdöl oder auch Kohle zum Klimawandel. Und hier schneiden die Kohleverflüssigungsverfahren noch wesentlich schlechter ab als die Nutzung von Erdöl. Nur: diese Geschichte ist kompliziert. Komplizierte Zusammenhänge werden aber weniger leicht aufgenommen.

Das liegt nicht daran, dass die Menschen dumm sind. Die Frage ist: was ist dem Einzelnen wichtig? Und die Frage der Rohstoffversorgung ist den meisten Menschen eben nicht so wichtig, dass sie sich mit Details auseinandersetzen würden. Sie wollen hierzu nicht mehr wissen. Das Thema liegt außerhalb ihres Kerninteresses. In der Grauzone zwischen den Dingen, die einen Menschen sehr interessieren und dem riesigen Feld des Nichtwissens lässt sich der Wissenserwerb als *Rezeption von Überschriften* beschreiben. Hier werden Informationen zwar in gewissem Umfang wahrgenommen, aber im Gedächtnis bleiben allenfalls wenige klare und einfache Aussagen. Dies gilt für die im politischen Prozess zentrale *öffentliche Meinung*. Es gilt aber ebenso für nicht auf eine Fragestellung spezialisierte Fachleute in Unternehmen, aber auch in der Forschung. In den Randbereichen des Interesses kommt es unvermeidlich zu einer oberflächlicheren Rezeption vorhandenen Wissens [5].

Hüten wir uns also vor dem Ausruf *Das weiß doch jeder. Wer es nicht weiß, der erfährt es mit einem Klick aus dem Internet.* Oder können Sie zum Beispiel die Rentenformel auf Anhieb erklären? Wissen Sie hinreichend Bescheid über die Webtechnik, mit der die Bettwäsche erzeugt wird, in die Sie sich heute Abend erschöpft einwickeln?

Diese Darstellung der verkürzten Debatte um Rohstoffknappheit soll nicht zeigen, dass es keinen Handlungsbedarf gibt. Es ist gut und richtig, wenn sich Politik, Wirtschaft und Wissenschaft mit der Frage auseinandersetzen, wie Versorgungsrisiken und Umweltbelastungen aus dem wachsendem Rohstoffverbrauch minimiert werden können.

Bei genauem Hinsehen geht es hier jedoch nur selten um die physische Verfügbarkeit von Rohstoffen, sondern um:

- Kosten und Preisschwankungen,
- weltweit ungleiche Preise,
- die begrenzte Belastbarkeit der Umwelt mit den Folgen von Abbau und Nutzung der Rohstoffe und
- allenfalls vorübergehende Versorgungsengpässe.

Auch dies kann im Einzelfall bedrohliche Folgen haben. Insbesondere für Unternehmen und Regionen, die mit höheren Preisen nicht zurechtkommen. Wenn die Preise für eine Anwendung des Rohstoffs absolut zu hoch sind verschwindet diese Anwendung

entweder vom Markt oder das Produkt wird durch andere Produkte ersetzt. Wenn die Preise im Vergleich zu denen, die Konkurrenten zahlen, zu hoch sind, dann kann es passieren, dass die Produkte von anderen Unternehmen in anderen Regionen hergestellt werden.

Machen wir uns aber bewusst, dass die tatsächlich geführte Debatte sich nur teilweise am gesellschaftlichen Wissensstand orientiert. Sie ist auch wesentlich bestimmt von einer Gemengelage aus dem allen Herden eigenen Drang, interessanten Trends nachzueilen und dem Bemühen, mit einem Thema Geld oder andere Nutzen zu verdienen. Die Neigung des Menschen, sich an einfachen Botschaften zu orientieren wird dabei gerne von solchen Akteuren genutzt, deren Interessen die einfache Botschaft willkommen ist und von solchen, die selbst nicht recht wissen, wovon sie reden.

2. Von eingängigen und weniger eingängigen Rohstoffknappheiten – oder: je besser die Story desto interessanter das Thema

Zu den in den letzten Jahren am intensivsten diskutierten Versorgungsrisiken gehört die Verfügbarkeit der – in der öffentlichen Debatte meist als Seltene Erden bezeichneten – Seltenerdmetalle. Der weitaus größte Anteil dieser Metalle wird in China gefördert, das für einige Seltenerdmetalle einen Weltmarktanteil von mehr als 90 Prozent erreicht. Durch konsequente und geschickte Rohstoffpolitik sichert China sich seit langem diese Vormachtstellung.

Nun sind diese Metalle grundlegend für die Funktion vieler neuer Technologien in Bereichen wie IT, Elektromobilität oder erneuerbare Energien. Allenthalben ist daher von der Sorge zu hören, dass die chinesische Preis- und Lieferpolitik die Konkurrenzfähigkeit deutscher Unternehmen gefährdet, die zu höheren Preisen als chinesische Unternehmen einen weniger verlässlichen Zugang zu Seltenerdmetallen haben. Auch wird immer wieder darauf hingewiesen, wie wichtig es sei, sich mit der Rückgewinnung Seltener Erden aus Handys zu befassen.

Tatsächlich entfallen 90 Prozent des Materialwertes aller in einem Handy enthaltenen Metalle auf Edelmetalle wie Gold, Silber und Kupfer, für die seit langem hocheffiziente Rückgewinnungsprozesse betrieben werden. Nur etwa zwei Prozent des Wertes entfällt auf die Summe aller enthaltenen Seltenerdmetalle. Sie sind damit weder für das Recycling noch für die Produktion der Handys von großer wirtschaftlicher Bedeutung.

Hinzu kommt: Handys werden in Deutschland nicht mehr produziert. Das stellt sich für viele andere Produkte ähnlich dar: Fragen Sie Hersteller von Elektronikprodukten in Deutschland, wie hoch ihre jährlichen Kosten für Seltenerdmetalle sind. Von wenigen Ausnahmen abgesehen wird die Antwort sein: Null Euro. Fakt ist: in Deutschland werden kaum PC-Komponenten hergestellt. Flachbildschirme stammen zu nahezu 100 Prozent aus Asien.

Hingegen gibt es andere Metalle, die erhebliche wirtschaftliche Bedeutung haben, etwa Chrom. Auch hier ist die Versorgung im oben genannten Sinne kritisch. Chrom ist essentiell für rostfreie Stähle, deren Anwendung in der deutschen produzierenden

Wirtschaft eine sehr große Rolle spielt. Chrom ist in diesem Einsatzbereich kaum substituierbar.

Warum ist dann die Debatte um Seltene Erden so viel intensiver als die um Chrom? Zum einen ist *Seltene Erden* ein geheimnisvoller und starker Begriff, der in sich schon die Besonderheit und Knappheit dieser Elemente trägt. Starke Begriffe sind aber wichtig, um öffentliche Diskussionen in Gang zu bringen und zu halten. Vermutlich hätte der mit dem Montreal Protokoll im Jahr 1987 vereinbarte internationale Bann Ozonschicht schädigender FCKW sehr viel länger auf sich warten lassen, wenn nicht der bildhafte und eingängige Begriff *Ozonloch* gewesen wäre.

Darüber hinaus enthält die *Seltene Erden*-Geschichte alle Elemente einer guten Story: Das kostbare bedrohte Subjekt *Seltene Erden* (eigentlich die produzierende Wirtschaft aber unterschwellig die Seltenerdmetalle selbst), den klar identifizierbaren *schwarzen Ritter China*, der sie in seiner Macht hält und den heldenhaften weißen Ritter *Recyclingwirtschaft*, der das bedrohte Subjekt retten soll. Darüber hinaus gibt es noch den armen Ritter *Politik*, der nicht recht weiß, was er tun soll. Eine mit solchen Charakteren besetzte Geschichte muss einfach Interesse wecken.

Im Falle von Chrom ist das Rollen-Setting der Geschichte wesentlich komplizierter. Auch ist es den Beteiligten im Falle von Chrom im Alltag oft gar nicht bewusst, dass sie es mit einem kritischen Rohstoff zu tun haben. Man setzt Stähle ein und denkt wenig über deren Bestandteile nach.

Und wenn wir schon über Seltenerdmetalle debattieren: warum dann ausgerechnet über Handys und nicht über in Deutschland wichtigere Einsatzbereiche wie Elektromagnete oder Leuchtstoffe? Nun, das Handy ist ein Alltagsgegenstand. Der hohe Wert ist uns sehr bewusst. Zudem sind Handys für Entsorger hochinteressant – wenn sie denn in großer Menge anfallen. Allerdings nicht wegen der Seltenerdmetalle sondern wegen der enthaltenen Edelmetalle.

Eine andere knappe Ressource, die in der Diskussion um Rohstoffversorgung kaum thematisiert wird, sind nachwachsende Rohstoffe, wie zum Beispiel Holz. Jeder weiß, dass Holz im Wald immer wieder nachwächst. Wie soll es hier zu Knappheit kommen? Tatsächlich ist aber auch Holz in der Verfügbarkeit limitiert, denn es kann in einem bestimmten Zeitraum auf einer gegebenen Fläche nur eine begrenzte Menge Holz gewonnen werden. Gleichzeitig nimmt der Holzbedarf zu – schon deshalb, weil Holz als Brennstoff immer wichtiger wird. Es ersetzt fossile Energieträger und kann nahezu klimaneutral verbrannt werden. Dennoch hat die deutsche Papierindustrie immer wieder erheblich mit hohen Holzpreisen zu kämpfen. Nur: eine gute Story bietet dieses Thema nicht und *nachwachsende Rohstoffe* sind ja schon von der Bezeichnung her wenig geeignet für ein Bedrohungsszenario.

3. Die Ressource Phosphor – oder: was weit weg ist schert uns wenig

Im März 2011 warnte die Gesellschaft Deutscher Chemiker mit einer Presseinformation vor den langfristig erheblichen Risiken für die weltweite Versorgung mit Phosphor.

Anlass war die Veröffentlichung des White Papers *Chemie für eine nachhaltige globale Gesellschaft*, in dem Ergebnisse einer Tagung zusammengefasst wurden. In diesem Text hieß es:

Im Moment gibt es keine praktikable Methode, Agrarböden mit einer konstanten Phosphatversorgung zu versehen, ohne auf spezielle Phosphat-Mineralien zurückzugreifen. Der kommende Phosphatmangel kann mit dem Stickstoffmangel von vor 100 Jahren verglichen werden [2]. Ohne Gegenmaßnahmen sei mit einer massiven Unterversorgung mit Nahrungsmitteln zu rechnen.

Die statische Reichweite der Phosphorreserven wurde von der BGR im Jahre 2008 mit 115 Jahren angegeben. Ein langer Zeitraum. Und natürlich greift auch hier der Mechanismus: Je teurer Phosphate werden, desto größer werden die wirtschaftlich abbaubaren Vorkommen. Problematisch ist allerdings, dass nur ein Teil dieser Phosphorvorkommen schadstoffarm und somit für Düngezwecke geeignet ist.

Technisch ist das kein Problem, denn kontaminierte Vorkommen können aufgereinigt werden. Der Aufwand ist nur größer, die Phosphate werden teurer. Doch genau hier liegt das Risiko. Finanzschwache Landwirte – und das ist weltweit die große Mehrheit – können sich Phosphordüngung dann nicht mehr leisten. Phosphor kann aber in der Düngung durch nichts ersetzt werden. Ohne Phosphordüngung sinken die Erträge aus der Landwirtschaft drastisch. Wie sollen die im Jahr 2100 zu erwartenden neun Milliarden Menschen ernährt werden? Das ist ein existenzielleres Problem als etwa steigende Preise für Seltenerdmetalle oder Kupfer.

Inzwischen hat sich die Situation der Phosphorversorgung jedoch entspannt: Nach einer Neubewertung der Phosphatvorkommen insbesondere in Marokko und der Westsahara sowie dem Irak wird die statische Reichweite jetzt mit 385 Jahren angegeben. Na dann ist ja alles in bester Ordnung. Tatsächlich? Nein, denn wir haben nach wie vor ein Problem, nur macht es sich vielleicht erst ein paar hundert Jahre später bemerkbar als erwartet.

Und hier liegt eines der ganz großen Hemmnisse nachhaltigen Wirtschaftens: unsere Unfähigkeit, Ziele zu verfolgen von denen wir selbst keinen Nutzen haben, sei es, weil sie gänzlich andere Gruppen betreffen, die in unserer Alltagswelt keine Rolle spielen, sei es, weil der Nutzen erst unseren Enkeln oder gar deren Enkel zukommt (Bild 1).

Sollte die mangelnde Verfügbarkeit kostengünstiger Phosphordünger in einigen hundert Jahren ein Problem werden, dann ist dies weit außerhalb unserer Lebensspanne und außerdem wird das Kostenproblem – so vermuten wir heute – eher nicht für Westeuropa sondern andere Regionen der Erde wirklich kritische Folgen haben.

Das gleiche Problem haben wir mit Maßnahmen gegen den Klimawandel. Hier spielt auch eine große Rolle, dass die Zeiträume, in denen Politiker sich wieder der Wahl stellen müssen oder Unternehmenserfolge bewertet werden, im Vergleich zum Zeitraster des Klimawandels recht kurz sind. Wie wir es angesichts dieser Tatsachen schaffen können, als Gesellschaft strategisch langfristig zu agieren, dürfte grundlegend sein für unser Wohlergehen im kommenden Jahrhundert. Derzeit ist in den meisten Unternehmen der Druck, gute Quartalszahlen zu schaffen, wichtiger als die Frage, wie

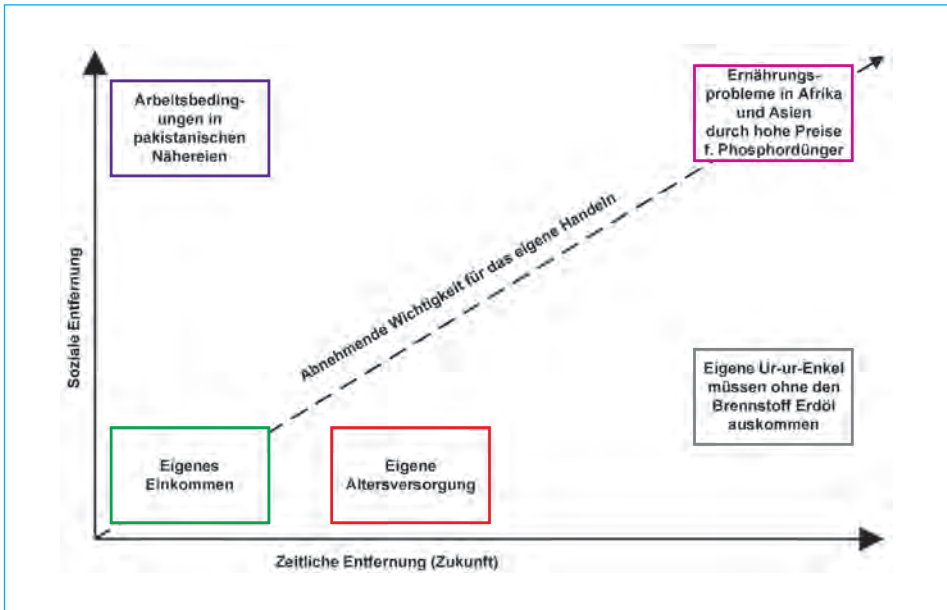


Bild 1: Wichtigkeit eines Problems für das eigene Handeln

das Überleben des Unternehmens in zwanzig Jahren gesichert werden kann. Es hilft einem Politiker heute mehr, in den Bau neuer Kindergärten zu investieren, die noch während seiner Amtszeit fertig gestellt werden als in die Ausbildung von Erziehern.

Die mangelnde Fähigkeit zum langfristig strategischen Handeln ist aber auch abseits von Gemeinwohlinteressen ein Problem. Nehmen wir die Frage wie die Versorgung der europäischen Wirtschaft mit Seltenerdmetallen gesichert werden kann. Neue Abbauprojekte mit deutscher oder europäischer Beteiligung außerhalb Chinas wären eine Lösung. Aber es dauert lange bis der Kapitaleinsatz sich als Gewinn auszahlt. Zudem ist zu befürchten, dass hinreichend ambitionierte Projekte von chinesischer Seite mit gezieltem Einsatz von Zöllen, Exportbeschränkungen und einer bewussten Preispolitik torpediert werden: Ist in ein größeres Abbauprojekt viel investiert worden, sinken wie durch Zauberhand die Preise, die Investoren ziehen sich nach einiger Zeit aus dem Projekt zurück, das Projekt wird eingestellt, die Preise steigen wieder.

Eingesetztes Kapital wird betriebswirtschaftlich mit dem entgangenen Zinsgewinn bewertet. Wenn der erwartete Return on Invest zu weit in der Zukunft liegt, werden Vorhaben daher wirtschaftlich schnell uninteressant.

4. Rohstoffe in der Wertschöpfungskette – oder: des einen Nutzen kann des anderen Schaden sein

Da langfristige und eher global bedeutende Aufgaben eher schwierig zu lösen sind, wenden wir uns näher liegenden Themen zu. Nehmen wir: Materialeffizienz. Eine

bestechende Idee: lässt uns Produkte mit weniger Materialeinsatz herstellen und schon entspannt sich die Versorgungslage. Jedoch: Auch hier ist die Welt natürlich mannigfaltig. Das Thema sieht für verschiedene Akteure nämlich durchaus unterschiedlich aus.

Zunächst gibt es natürlich Möglichkeiten zur Verbesserung der Ausbeuten in der Verarbeitung von Erzen zu Metallen und zu Legierungen. Allerdings sind hier nur noch kleine Schritte möglich. Zudem finden diese Prozesse heute weit überwiegend außerhalb Deutschlands statt.

Nehmen wir die Herstellung von Halbzeugen aus Metallen, z.B. Stahlprofile. Die hierzu eingesetzten Verfahren sind durchoptimierte Prozesse mit meist sehr großen Durchsätzen. In diesem Teil der Fertigungskette ist der Rohstoffpreis zentral; auch interne Kreisläufe sind ein wichtiges Thema. Die Möglichkeiten zur Verringerung von Materialverlusten sind begrenzt. Auch in diesen frühen Schritten der Fertigungskette lohnt es sich aber, an weiteren Verbesserungen zu arbeiten, denn schon kleinste Fortschritte können aufgrund der verarbeiteten Menge wirtschaftlich große Auswirkungen haben.

Wenn Sie den Hersteller von Stahl- oder Aluminiumprofilen nach Materialeffizienz fragen wird der sagen: *Machen wir schon lange. Da ist nicht mehr viel zu holen. Trotzdem schauen wir immer, wie wir noch besser werden können.* Übrigens: Wenn Sie ihn nach Materialeffizienz bei seinen Kunden fragen, dann wird er – sofern er ehrlich ist – die Brauen hochziehen und andeuten, dass er davon lebt, möglichst viel Material zu verkaufen. Der Kunde soll lieber mehr als weniger einsetzen. Und schließlich – das geht doch wieder in die Recyclingkreisläufe zurück.

Je weiter wir in der Fertigungstiefe voranschreiten, desto vielfältiger wird die Welt. Die gängigen Aluminiumprofile lassen sich noch leidlich überblicken, die gewaltige Vielzahl der aus diesen Vorprodukten hergestellten Produkte ist hingegen kaum mehr zu überblicken. Das Güterverzeichnis zur Produktionsstatistik der statistischen Ämter kennt über 5.000 Güterarten, die wiederum jeweils eine mehr oder weniger große Vielzahl unterschiedlicher Produkte zusammenfassen. Da neben Verfahrensverbesserungen vor allem Verbesserungen an konkreten Produkten erforderlich sind, muss die Vielfalt der Ideen zur Materialeffizienz dieser Vielfalt der Produkte gerecht werden. Allerdings: je kleiner die Stückzahlen der gefertigten Produkte, desto geringer ist der Aufwand, den ein Unternehmen in eine Produktverbesserung investieren kann. In der Regel gilt also: je näher wir dem Ende der Fertigungskette kommen, desto erheblicher muss eine Verbesserung sein, damit sie wirtschaftlich interessant ist. Oder andersherum: je höher Materialintensität und Stückzahlen desto größer ist meist schon heute die Materialeffizienz.

Wie es in der Realität der Unternehmen aussieht, wurde in einer Studie zur Materialeffizienz beim Einsatz von Metallen untersucht. Hierzu wurden in 30 überwiegend mittelständischen Unternehmen ausführliche Befragungen durchgeführt und die Ergebnisse in Workshops mit den Befragten analysiert [4]. Dabei zeigte sich:

- Zur Möglichkeit der Substitution von Metallen durch ökologisch oder wirtschaftlich günstigere Metalle oder andere Materialien: Etwa die Hälfte der Befragten sah hier kaum Möglichkeiten. Die meisten Unternehmen, die Optionen für Materialsubstitutionen sahen, wiesen eine relativ hohe Fertigungstiefe auf. Hier ist der direkt zugängliche Spielraum relativ groß. Unternehmen mit geringer



100% RECYCLING

STABSTAHL
HALBZEUG
ROHSTAHL
BLANKSTAHL

Bei der Georgsmarienhütte GmbH kommt für die Stahlerzeugung im Elektrolichtbogenofen ausschließlich aufbereiteter, sortierter Stahlschrott zum Einsatz.

www.gmh.de



Georgsmarienhütte
GmbH · seit 1856 · Edelstahl

Wir gewinnen aus gefährlichen Schadstoffen wertvolle Rohstoffe,

führen diese optimal in den Rohstoffkreislauf zurück und schonen dadurch den Abbau natürlicher Ressourcen.

Erfahren Sie mehr über unsere eigenentwickelten und patentierten Hightech-Verfahren zum Batterierecycling unter: www.redux-gmbh.de



REDUX. Batterierecycling seit 1997

Fertigungstiefe nehmen selbst nur wenige Bearbeitungsschritte vor. Vor allem wenn sie als Zulieferer große Unternehmen versorgen sind sie oft mit starren Vorgaben ihrer Kunden konfrontiert. Ihre Ideen zur Optimierung der Konstruktion eines Endproduktes haben nur dann eine Chance auf Umsetzung, wenn sie frühzeitig mit den Kunden und gegebenenfalls weiteren Beteiligten der Wertschöpfungskette abgestimmt werden. Ob sie sich daraus einen Vorteil erwarten ist eine andere Frage.

- Zur Rolle der Mitarbeiter: Fast alle Unternehmen geben an, dass die eigenen Mitarbeiter bei der Verbesserung der Materialeffizienz ein wichtiger Faktor sind. Dabei denken sie aber vor allem an die korrekte Durchführung bestehender Prozesse, etwa um Ausschuss zu vermeiden. Die Nutzung von Kreativität und Ideen der Mitarbeiter zur Verbesserung der Prozesse und der Produkte wurden in diesem Zusammenhang nur von wenigen Gesprächspartnern genannt.
- Zu Kooperation und Kommunikation entlang der Wertschöpfungskette: Nur etwa 60 Prozent der Befragten arbeiten an einer engen Kooperation mit Kunden und nur 40 Prozent an einer solchen mit ihren Lieferanten. Zum einen weist das darauf hin, dass hier noch Potenziale schlummern. Zum anderen stellt sich aber auch die Frage nach den Gründen. Gewiss sind diese mannigfaltig. Ein wichtiger Faktor dürfte sein, dass den Unternehmen nicht nur Konkurrenz durch Anbieter vergleichbarer Waren droht, sondern auch durch Lieferanten, die ihre Fertigungstiefe nach vorne und durch Kunden, die ihre Fertigungstiefe nach hinten ausweiten könnten. Vor allem wenn ein Unternehmen nur wenige Liefer- oder Kundenbeziehungen hat, kann dies ein kritischer Faktor sein.

Da aber 90 Prozent der Unternehmenangaben, bereits Erfahrungen mit Maßnahmen zur Steigerung der Materialeffizienz zu haben und sich fast alle mit den Maßnahmen zufrieden zeigten, wird auch deutlich, dass das Thema durchaus nichts Neues ist. Die Herausforderung dürfte eher darin liegen, neue Wege zu gehen, um auch schwerer zugängliche Potenziale zu nutzen. Tatsächlich können solche Materialeffizienzprojekte oft komplexer sein als produktionsbezogene Projekte. Viele kommen nicht recht in Gang oder scheitern.

Einen nicht zu unterschätzenden Einfluss hat aber auch die uns allen innewohnende Neigung, anzunehmen, wir wüssten, ob jemand aus einem anderen Bereich etwas Hilfreiches beitragen kann. Insbesondere dann, wenn noch keine regelmäßigen Kontakte bestehen, neigen wir zum schnellen Urteil. In dieser Situation heißt das aber, wir drohen uns durch Selbstbestätigung selbst zu blockieren. Am besten gefallen uns nämlich Informationen, die uns im eigenen Urteil bestätigen. Andere Gesichtspunkte tun sich schwerer, wahrgenommen zu werden. Und wenn wir uns dann noch konsequent mit Personen umgeben, die einen ähnlichen Horizont und ähnliche Interessen haben wie wir selbst, dann wird unser Weltbild auch von außen regelmäßig bestätigt – und zementiert.

Ebenso wie unseren Einflussbereich sollten wir daher auch den Bereich der eigenen Einsicht nicht überschätzen. Zusammenarbeit entlang der Wertschöpfungskette kann helfen, neue Möglichkeiten für einen effizienteren Materialeinsatz zu finden, darunter auch solche Ansätze, die nicht so leicht zu kopieren sind, weil sie eben mehrere Partner, deren gebündelte Erfahrung und deren Zusammenarbeit benötigen.

5. Über den Tellerrand – oder: von den Mühen der Kooperation

In Schneider [9] wurde über eine intensive Analyse zu Barrieren und förderlichen Faktoren bei der Realisierung komplexer bereichs- und unternehmensübergreifender Projekte berichtet, die nicht zum Kerngeschäft des Unternehmens gehören (dort unter dem Begriff der Integrierten Produktpolitik (IPP) subsumiert). Kernanliegen der IPP ist die Realisierung ökologischer und zugleich betriebswirtschaftlicher Vorteile durch Kooperation unter Einbeziehung der Lebenswegkette von Produkten. Wie gezeigt wurde, sind auch Ansätze zur Verbesserung des Umgangs mit knappen Rohstoffen häufig komplexe Kooperationsprojekte oder mindestens sollten sie es sein.

Im Rahmen der Studie wurden 50 Leitfadeninterviews in 35 Unternehmen durchgeführt, 15 abgeschlossene IPP-Projekte in Unternehmen analysiert und schließlich fünf Projekte in Unternehmen mit jeweils etwa vier durch bifa moderierten Workshops begleitet. Ein erheblicher Teil der Projekte befasste sich direkt oder indirekt mit Fragen des Rohstoffeinsatzes.

Im Folgenden werden daher einige wichtige Ergebnisse dieser Studie skizziert (Näheres s. Schneider [9])

Barrieren für IPP:

- 74 Prozent der Befragten nannten als Barrieren Markt- und Wettbewerbsbedingungen: Mit *Umweltschutz* als alleinigem Argument ließen sich schwerlich gute Geschäfte machen. Und Ressourcenschonung hat eine ähnlich beschränkte Zugkraft wie andere Umweltthemen.
- 56 Prozent der Befragten nannten mangelnde Motivation, unzureichende Führungskompetenz oder fehlendes Know-how.
- 48 Prozent der Befragten nannten ungleiche Machtstrukturen in Netzwerken, das Fehlen von Partnern in der Prozesskette, *schlecht ausgestaltete Schnittstellen zwischen Betrieb und Zulieferer* oder mangelnde ökologische Verantwortung einzelner Akteure.
- Jeweils 40 Prozent der Befragten nannten interne strukturelle Barrieren und *sonstige interne Barrieren*, insbesondere unzureichende finanzielle, personelle oder zeitliche Ressourcen.

Förderliche Faktoren für IPP:

- 62,2 Prozent der Befragten hatten sehr positive Erfahrungen mit der Implementierung neuer interner Prozesse wie kontinuierliche Verbesserungsprozesse (KVP) oder neue Managementsysteme. Solche neuen Prozess-Strukturen könnten auch die Einführung von IPP fördern.
- 51,1 Prozent der Befragten, vor allem aus KMU, sahen in Kooperationen und in Verbandsaktivitäten gute Chancen, um IPP voran zu bringen.

- 37,8 Prozent der Befragten nannten interne personenbezogene Faktoren, insbesondere wurde auf die zentrale Rolle von motivierten und kompetenten Führungskräften wie auch Mitarbeitern hingewiesen.
- 33,3 Prozent der Befragten führten strategische Faktoren an, vor allem *Vernetzungen über die Abteilungsgrenzen hinweg* und *langfristige Strategien*.

Die ebenfalls in diesem Projekt durchgeführte Analyse realer Projekte in ihrem zeitlichen Ablauf, führte zur Unterscheidung von sechs typischen Phasen solcher komplexen Projekte, in denen jeweils unterschiedliche Barrieren von Bedeutung sind (Tabelle 1).

Projektphase	Barrieren
Problemdefinition	<ul style="list-style-type: none"> • zu weiter Problemfokus • zu enger Problemfokus • mangelnde Problemreflexivität
Ideengenerierung	<ul style="list-style-type: none"> • sachliche Perspektivenarmut • personelle Perspektivenarmut
Meinungsbildung und Entscheidung	<ul style="list-style-type: none"> • erzwingen von Entscheidungen • Vertagung von Entscheidungen • vorschnelle bzw. unklare Entscheidungen
Initiierung und Umsetzung	<ul style="list-style-type: none"> • intern unzureichende Abstimmung • extern unzureichende Abstimmung
Implementierung	<ul style="list-style-type: none"> • technologische Grenzen • Wechsel der Zuständigkeiten • Koordinationsgrenzen
Routine	<ul style="list-style-type: none"> • mangelnde Beobachtung des Prozesses • mangelnde Beobachtung des externen Geschehens

Tabelle 1:

Wichtige Barrieren in typischen Phasen komplexer bereichs- und unternehmensübergreifender Projekte, die nicht zum Kerngeschäft des Unternehmens gehören

Quelle: Schneider, M.; Borchers, C.; Bösch, S.; Kreibe, S.; Gottlieb, A.; Müller, S.: IPP-Barrieren und ihre Überwindung: Produktlebenswege und Akteure in der Praxis. bifa Text Nr. 46, 2010

Als die grundlegenden und erfolgskritischen Herausforderungen komplexer bereichs- und unternehmensübergreifender Projekte außerhalb des Kerngeschäfts wurden identifiziert:

- Die Schwierigkeit, einen Einstieg zu finden,
- die Konkurrenz der Projekte mit den Anforderungen des Tagesgeschäfts,
- der Umgang mit Komplexität,
- eine gute Aufeinanderfolge und Balance von Öffnen und Schließen des Suchprozesses in den Projektphasen und schließlich
- der Umgang mit der Fülle an Anforderungen aus den komplexen Projekten selbst.

Die richtige Steuerung des sozialen Prozesses ist also essentiell. Hierbei kommt es wesentlich darauf an, zu wissen, in welcher Stufe des Prozesses sich ein Projekt befindet und die Notwendigkeiten dieser Stufe zu berücksichtigen. Wenn die sozialen und kommunikativen Herausforderungen solcher Projekte nicht angemessen berücksichtigt werden, ist die Gefahr des Scheiterns sehr groß.

6. Viel Abfall im Gelben Sack – oder: zum rechten Handeln ist's ein weiter Weg

Recycling leistet wertvolle Beiträge zu einem Ressourcen schonenden Umgang mit Rohstoffen. Der große Stellenwert, der dem Kunststoffrecycling beigemessen wird, ist allerdings nicht ohne weitere aus der anfallenden Menge oder einem bemerkenswert großen ökologischen Gewinn durch das Recycling zu erklären. Hier spielt auch die symbolische Wirkkraft von Kunststoffabfällen eine große Rolle. Wir sehen sie jeden Tag, sie nehmen viel Platz in unseren Abfallbehältern ein – obwohl sie mengenmäßig gar nicht so sehr bedeutend sind – und sie werden aus Erdöl erzeugt. Darüber hinaus tragen Kunststoffe das *Künstliche* also das *Nicht-natürliche* bereits im Namen. Dem Joghurtbecher und der Plastiktüte wächst durch diese Faktoren eine symbolische Bedeutung zu, die weit über den ja durchaus gegebenen Umweltnutzen des Recycling hinaus reicht.

Kunststoffe sind also in der Wahrnehmung der Bürger ein wesentlicher Bestandteil des Abfalls. Zugleich bieten sie derzeit die wohl schwierigste Aufgabe beim Abfall trennen. Abfall trennen wiederum ist wohl der am weitesten verbreitete und der am ernsthaftesten betriebene Teil des aktiven Umweltschutzes im Privatleben der meisten Bürger. Allerdings funktioniert das nicht so wie es sollte. Die hohen Fehlwurfanteile im Gelben Sack sind bekannt. Am höchsten sind sie in Großwohnanlagen mit ihren gemeinschaftlich genutzten Abfallgroßbehältern bei nur geringer sozialer Kontrolle. Was der Einzelne in den Container einwirft, der ja häufig im Keller, in einem Abfallhäuschen oder hinter einer Hecke steht, wird von anderen kaum wahrgenommen.

Wir haben in zwei Augsburger Großwohnanlagen die Inhalte der Abfallbehälter untersucht und unter Beteiligung der Bewohner Aktionen zur Verbesserung des Trennverhaltens durchgeführt. Während der Maßnahmen, die sich über mehr als ein Jahr erstreckten, wurde der Erfolg in den Tonnen (tatsächlich erzielte Veränderungen der Abfallmengen und -zusammensetzung in den Tonnen) und in den Köpfen (Änderungen bei Wissen und Einstellungen der Bewohner) regelmäßig gemessen (ausführlich hierzu s. Kreibe [6, 7]). Wie erwartet, lagen die Fehlwurfanteile in den gelben Containern um die 54 Gew.-Prozent. Das meiste, was dort gesammelt wurde, gehörte somit gar nicht in diese Container. Es gilt also offenbar selbst für diesen in Deutschland mit viel Engagement betriebenen Teil des umweltgerechten Verhaltens: Zum rechten Handeln ist's ein weiter Weg.

Wovon aber hängt es ab, ob jemand tatsächlich in der gewünschten Weise handelt? Hierzu gibt es viele Erklärungsmuster. Ein recht einfach zu verstehendes Modell ist die Theorie des geplanten Verhaltens von Ajzen [1].

Wir alle wissen, dass nicht jeder Vorsatz zum Handeln führt. In Befragungen erzählen die Befragten daher oft Dinge über ihr Tun, die sich nicht recht mit der Wirklichkeit in Einklang bringen lassen. Der Theorie des geplanten Verhaltens zufolge setzt das Handeln die Bildung einer Handlungsabsicht voraus, die hinreichend stark ist, tatsächliches Handeln auszulösen. Ob eine solche Handlungsabsicht zustande kommt, hängt von drei Faktoren ab:

- Der Einstellung des Menschen gegenüber der Verhaltensweise: Davon, was der Mensch als Konsequenzen aus seinem Handeln erwartet (Hat es eine Wirkung, wenn ja: welche?) und wie er diese Konsequenzen bewertet (Sind sie für ihn, für jemand anderen oder für die Natur vorteilhaft?). Hierher gehört zum Beispiel das Gefühl von Sinnlosigkeit wenn jemand seine schön sortierten Abfälle in einen Container wirft, in den andere schon reichlich unsortierten Abfall geworfen haben. Auch neuere Ansätze wie die geplante Wertstofftonne haben mit solchen Problemen zu kämpfen: *Alles zusammen zu schmeißen* widerspricht Befragungen zufolge für viele Bürgern dem etablierten und positiv besetzten Gedanken der Abfalltrennung. Hier ist also Überzeugungs- und Aufklärungsarbeit erforderlich, um Widerstände zu mindern [8].
- Der subjektiven Norm bzw. den Erwartungen wichtiger Bezugspersonen: Erwarten die Bezugspersonen, dass er so handelt und ist er bereit, diesen Erwartungen zu entsprechen? Meinungsführer in Jugendlichengruppen sind für ihre Altersgruppe oft wesentlich wichtiger als Lehrer oder Eltern. In einem Interview in einer Großwohnanlage hat uns ein Jugendlicher einmal sehr schön beschrieben, wie *uncool* es ist, unter den Augen des Gruppenanführers von der Bank im Innenhof aufzustehen, zum Abfalleimer zu gehen, seine leere Bierflasche dort einzuwerfen und dann wieder zur Bank zurückzugehen. Die Gruppenerwartung war in diesem Falle: wirf sie hinter dich!
- Der wahrgenommenen Verhaltenskontrolle: Wie einfach ist es für ihn, so zu handeln? Gibt es Mittel, die das Handeln erleichtern? Um wie vieles erleichtern sie es? Wenn die Frau oder der Mann des Hauses in der Küche ohnehin kaum Platz hat, den Abfall der fünfköpfigen Familie unterzubringen und wenn sich auch nur selten eines der Kinder bequemt, die verschiedenen Abfalleimer und -beutel zu den Containern zu tragen, dann liegt der Gedanke nahe, es mit der Abfalltrennung nicht so genau zu nehmen.

Bild 2 skizziert die Kernelemente der Theorie des geplanten Verhaltens.

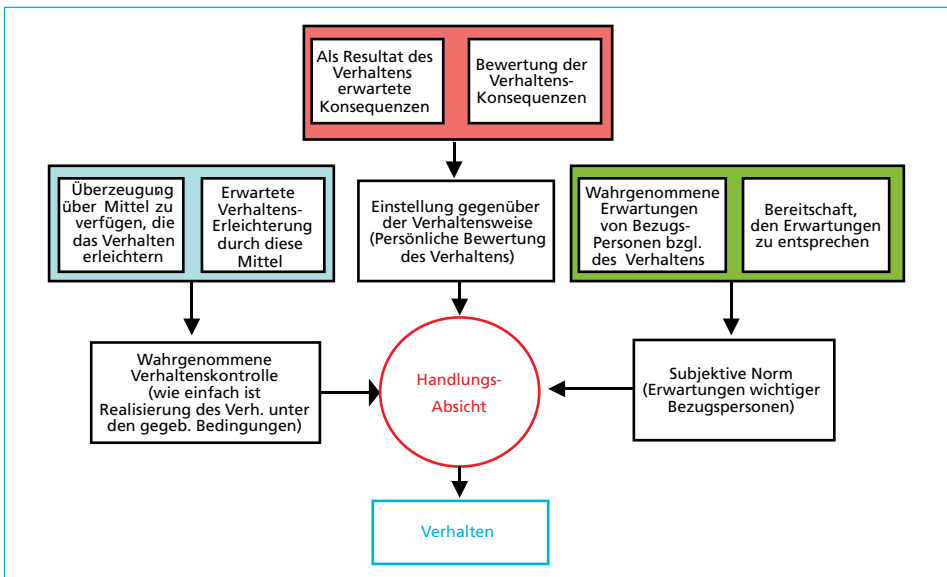


Bild 2: Theorie des geplanten Verhaltens

Quelle: Ajzen, I.; Madden, J. T.: Prediction of goal-directed behavior: Attitudes, intentions, and perceived behavioral control. Journal of Experimental Social Psychology, 22, 1986, p. 453-474, bearbeitet

Im Projekt zur Abfalltrennung in Großwohnanlagen gelang es uns, das Trennverhalten sehr deutlich zu verbessern. Der Anteil der richtig eingeworfenen Abfälle in den gelben Containern beider Wohnanlagen konnte durch aktive Einbindung der Bewohner und ein Bündel von gemeinsam mit den Bewohnern entwickelten Maßnahmen um 39 bzw. 44 Prozent gesteigert werden.

Eine Sortieranalyse der Fehlwürfe zeigte dann, das etwa die Hälfte der noch als Fehlwürfe einzuordnenden Abfälle Verpackungen aus PPK und Glas sowie Nichtverpackungsabfälle aus Kunststoff, PPK und Metall waren. Hierzu passt die aus unseren zahlreichen Gesprächen mit Bewohnern bekannte Tatsache, dass viele Menschen der Meinung sind, die gelben Container seien generell für die Sammlung von Kunststoffen und Metallen vorgesehen und nicht nur für solche aus Verkaufsverpackungen. Nicht wenige meinten auch, die gelbe Tonne sei eine Verpackungstonne, weshalb auch Verpackungen aus PPK hier hinein gehören. Solche Denkmuster aus den Köpfen heraus zu bekommen, ist nicht einfach.

Ein großer Teil dieser Fehlwürfe erfolgte also vermutlich in bester Absicht. Es handelt sich um Zuordnungsschwierigkeiten und nicht um mangelnde Trennbereitschaft. Die Aufforderung *Hier hinein bitte nur restentleerte Verkaufsverpackungen und Umverpackungen aus Kunststoffen, Verbunden und Metallen* ist nur schwer mit dem intuitiven Zuordnungsraster in Übereinstimmung zu bringen. Stattdessen wird der Behälter vielfach als Kunststoff- und Metalltonne wahrgenommen. Einer der wohl größten Vorteile der zur Einführung vorgesehenen Wertstofftonne dürfte sein, dass diese intuitiv fassbare Sortierregel damit aufgegriffen wird.

Änderungen an Abfallerfassungssystemen müssen grundsätzlich mit Maßnahmen zur Information und Öffentlichkeitsarbeit eingeführt werden. Es ist aber auch immer wieder erforderlich, die Bürger an bereits Eingeführtes zu erinnern. Und schließlich ist das Informieren und Überzeugen der Bürger immer dann besonders wichtig, wenn die Ausbildung einer Handlungsabsicht, die zum erwünschten Handeln führt, nicht ganz einfach ist. Sei es, weil der Aufwand recht hoch ist, weil viele Bürger vom Sinn des gewünschten Handelns nicht überzeugt sind oder auch, weil grundlegende Informationen fehlen und ein Teil der Bürger gar nicht weiß, was von ihm erwartet wird.

Um solche Maßnahmen effizient und pragmatisch anzugehen, hilft es, sich die Zielgruppe – also in diesem Falle die Bürger – in drei Untergruppen unterteilt zu denken:

- (1) Die Überzeugungstäter: Diese erste Gruppe umfasst Menschen, die gut informiert sind, engagiert mitmachen, aber durchaus kritisch sind.
- (3) Die pragmatisch Offenen: Die zweite und meist größte Gruppe umfasst jene Menschen, die zwar ein gewisses Interesse am Thema haben und auch grundsätzlich bereit sind mitzumachen oder sich überzeugen zu lassen, die aber nicht wirklich Bescheid wissen und nicht bereit sind, große Mühen aufzuwenden.
- (2) Die konsequenten Verweigerer: Die dritte Gruppe umfasst Menschen, die kein Interesse am Thema haben und ihre Mitwirkung konsequent verweigern.

Die meisten Aktivitäten kommen bei den Überzeugungstätern an und frustrieren lässt man sich unsinnigerweise von der Gruppe der konsequenten Verweigerer. Der größte

Hebel zur Veränderung ist aber die Gruppe der pragmatisch Offenen. Hier lohnt es sich, zu informieren und zu motivieren. Hier kommt es aber auch darauf an, nicht zu sehr ins Detail zu gehen. Es ist wichtiger, dass die Informationen knapp und einfach formuliert sind als dass sie bis ins Letzte korrekt sind.

Dieses Gruppenraster darf aber nicht zu allzu pauschalen Vorgehensweisen führen. Wenn eine recht homogene Gruppe fast geschlossen nicht mitmacht, dann muss es sich dabei nicht um einen Mangel an Interesse oder konsequente Verweigerung handeln. Es kann auch einfach daran liegen, dass diese Gruppen nicht in geeigneter Weise angesprochen wurden.

So gelang es uns in unserem Projekt zur Abfalltrennung in Großwohnanlagen nicht, die relativ große Gruppe der türkischstämmigen Bewohner an den Arbeitsgruppen zu beteiligen. Nicht ganz so schwierig, aber ebenfalls problematisch, war die Einbindung russischstämmiger Bewohner und die der Jugendlichen. Aus den Befragungen zu Beginn des Projektes wussten wir aber, dass der Wissensstand dieser drei Gruppen über die richtige Abfalltrennung sehr viel schlechter war als der der übrigen Bewohner.

Die *Türken* sprachen meist bereitwillig mit unseren Interviewern; hierbei half sicher auch der Einsatz türkischstämmiger Interviewer. Aber sie kamen nicht zu den regelmäßigen Bewohnertreffen und wir hatten großen Zweifel, ob wir sie so überhaupt erreichen würden.

Nach verschiedenen gescheiterten Versuchen baten wir in unserer Ratlosigkeit eine Gruppe türkischstämmiger Menschen von außerhalb der Wohnanlagen zu einem Treffen, um uns Rat zu holen. Schnell wurde klar, dass wir nicht zielgruppengerecht vorgegangen waren und unsere Herangehensweise nicht zu den Wahrnehmungs- und Bewertungsmustern dieser Gruppe passte. Wir lernten, dass unter *Türken* Alltagsinformationen üblicherweise im Gespräch weitergegeben werden. Wenn Personen des Vertrauens eine Information geben oder eine Meinung vertreten, wird sie viel eher ernst genommen als wenn sie von Unbekannten oder gar als Wurfzettel ins Haus kommt. Das ist bei eingeborenen Mitteleuropäern nicht grundsätzlich anders, nur eben deutlich weniger ausgeprägt.

Neben vielen hochinteressanten Hinweisen zu den Gründen unseres Scheiterns, aber auch des unbefriedigenden Wissensstandes kam der entscheidende Rat: *Sprecht die Vorstände der Moscheen in der Nähe der Wohnanlagen an und erklärt ihnen euer Anliegen. Die meisten werden bereit sein, euch im Anschluss an das Freitags- oder Sonntagsgebet zu einem kurzen Vortrag mit Diskussion einzuladen.* Tatsächlich waren alle angesprochenen Moscheen bereit, tatsächlich hatten wir große Resonanz bei diesen Vorträgen und eine intensive und höchst konstruktive Diskussion. Die Vorträge ließen wir von einem jungen Moslem in türkischer Sprache halten, unser Experte nahm teil, um auf Fragen zu antworten.

Der Effekt von Vorträgen in drei Moscheen mit jeweils 40 bis 70 Anwesenden: Die Gruppe der türkischstämmigen Bewohner hatte in der abschließenden Befragung einige Monate nach Abschluss der Maßnahmen fast den gleichen Wissensstand wie der Durchschnitt der Bewohner und zeigte eine wesentlich selbstkritischere Einstellung.

7. Literatur

- [1] Ajzen, I.; Madden, J. T.: Prediction of goal-directed behavior: Attitudes, intentions, and perceived behavioral control. *Journal of Experimental Social Psychology*, 22, 1986, p. 453-474
- [2] GdCh: Chemie für eine nachhaltige globale Gesellschaft; White Paper mit Beiträgen und Ergebnissen des zweiten Chemical Sciences und Society Symposiums (CS3): Sustainable Materials Summit, 2011
- [3] Hahn, R. : Gold aus dem Meer. Die Forschungen des Nobelpreisträgers Fritz Haber in den Jahren 1922-1927. GNT Verlag, Diepholz, 1999
- [4] Hartleitner, B.; Borchers, C.; Gerstmayr, B.; Harsányi, L.; Kreibe, S.; Peché, R.; Schneider, M.: Ressourcenschonung durch effizienten Umgang mit Metallen in bayerischen EFRE-Gebieten. bifa-Text Nr. 51, 2010
- [5] Kreibe, S.: Vom Umgang mit Nichtwissen aus Sicht der industriellen Praxis. In: Handeln trotz Nichtwissen, Vom Umgang mit Chaos und Risiko in Politik, Industrie und Wissenschaft. Böschen, S.; Schneider, M.; Lerf, A. (Hrsg.): Campus, Frankfurt, 2005
- [6] Kreibe, S.; Schneider, M.; Schicker, C.; Tronecker, D.; Büttner, E.: Abfalltrennung in Großwohnanlagen: ein Projektbericht. In: bifa-Text Nr. 35, Augsburg 2007.
- [7] Kreibe, S., Schneider, M., Schicker, C., Tronecker, D., Büttner, E. (2007a): Bewohner zu Mitstreitern machen – Eine Praxishilfe zur Abfalltrennung in Großwohnanlagen. In: bifa-Text Nr. 36, Augsburg 2007.
- [8] Pitschke, T.; Schneider, M.; Kreibe, S.; Cantner, J.; Kroban, M.; Müller, S.; Oerthel, F.; Göbl, M. : Wertstoffhöfe, Gelber Sack und Wertstofftonne – Eine Ökoeffizienz- und Akzeptanzanalyse für Bayern am Beispiel Zweckverband für Abfallwirtschaft Kempten; bifa Text Nr. 55, bifa Umweltinstitut Augsburg, 2011
- [9] Schneider, M.; Borchers, C.; Böschen, S.; Kreibe, S.; Gottlieb, A.; Müller, S.: IPP-Barrieren und ihre Überwindung: Produktlebenswege und Akteure in der Praxis. bifa Text Nr. 46, 2010

Die Deutsche Bibliothek – CIP-Einheitsaufnahme

Recycling und Rohstoffe – Band 6

Karl J. Thomé-Kozmiensky, Daniel Goldmann.

– Neuruppin: TK Verlag Karl Thomé-Kozmiensky, 2013

ISBN 978-3-935317-97-9

ISBN 978-3-935317-97-9 TK Verlag Karl Thomé-Kozmiensky

Copyright: Professor Dr.-Ing. habil. Dr. h. c. Karl J. Thomé-Kozmiensky

Alle Rechte vorbehalten

Verlag: TK Verlag Karl Thomé-Kozmiensky • Neuruppin 2013

Redaktion und Lektorat: Professor Dr.-Ing. habil. Dr. h. c. Karl J. Thomé-Kozmiensky,

Dr.-Ing. Stephanie Thiel, M.Sc. Elisabeth Thomé-Kozmiensky

Erfassung und Layout: Ina Böhme, Petra Dittmann, Sandra Peters,

Martina Ringgenberg, Ginette Teske, Ulrike Engelmann, LL. M.

Druck: Mediengruppe Universal Grafische Betriebe München GmbH, München

Dieses Werk ist urheberrechtlich geschützt. Die dadurch begründeten Rechte, insbesondere die der Übersetzung, des Nachdrucks, des Vortrags, der Entnahme von Abbildungen und Tabellen, der Funksendung, der Mikroverfilmung oder der Vervielfältigung auf anderen Wegen und der Speicherung in Datenverarbeitungsanlagen, bleiben, auch bei nur auszugsweiser Verwertung, vorbehalten. Eine Vervielfältigung dieses Werkes oder von Teilen dieses Werkes ist auch im Einzelfall nur in den Grenzen der gesetzlichen Bestimmungen des Urheberrechtsgesetzes der Bundesrepublik Deutschland vom 9. September 1965 in der jeweils geltenden Fassung zulässig. Sie ist grundsätzlich vergütungspflichtig. Zuwiderhandlungen unterliegen den Strafbestimmungen des Urheberrechtsgesetzes.

Die Wiedergabe von Gebrauchsnamen, Handelsnamen, Warenbezeichnungen usw. in diesem Werk berechtigt auch ohne besondere Kennzeichnung nicht zu der Annahme, dass solche Namen im Sinne der Warenzeichen- und Markenschutz-Gesetzgebung als frei zu betrachten wären und daher von jedermann benutzt werden dürfen.

Sollte in diesem Werk direkt oder indirekt auf Gesetze, Vorschriften oder Richtlinien, z.B. DIN, VDI, VDE, VGB Bezug genommen oder aus ihnen zitiert worden sein, so kann der Verlag keine Gewähr für Richtigkeit, Vollständigkeit oder Aktualität übernehmen. Es empfiehlt sich, gegebenenfalls für die eigenen Arbeiten die vollständigen Vorschriften oder Richtlinien in der jeweils gültigen Fassung hinzuzuziehen.