



zukunft
SEIT 1909
denken

ABFALL WIRTSCHAFT

2050



Foto: Pixabay

EINE PUBLIKATION DER **JUNGEN ABFALLWIRTSCHAFT** IM ÖWAV

Impressum

Medieninhaber und Verleger: Österreichischer Wasser- und Abfallwirtschaftsverband, Wien

Hersteller: druck.at Druck- und Handelsgesellschaft mbH, Leobersdorf

Es wird darauf hingewiesen, dass sämtliche Angaben in dieser Publikation trotz sorgfältiger Bearbeitung ohne Gewähr erfolgen und eine Haftung der Autoren oder des Verlages ausgeschlossen ist.

Dieses Werk und seine Teile sind urheberrechtlich geschützt. Alle Rechte, insbesondere das Recht der Vervielfältigung, Verbreitung, und Übersetzung werden ausdrücklich vorbehalten. Kein Teil dieses Werkes darf in irgendeiner Form (durch Fotokopie, Mikrofilm oder ein anderes Verfahren) ohne vorherige schriftliche Genehmigung des Verlages reproduziert oder unter Verwendung elektronischer Systeme gespeichert, verarbeitet, vervielfältigt oder verbreitet werden.

Redaktion, Satz und Layout: Mag. Fritz Randl (ÖWAV)

© 2018 by Österreichischer Wasser- und Abfallwirtschaftsverband.

Inhaltsverzeichnis

EINLEITUNG	3
RESSOURCEN UND PRODUKTION	5
Smart Products	5
Nutzen statt Produkt (alternative Geschäftsmodelle)	6
Produktion und Recyclingwirtschaft	6
Wertstoff vs. Problemstoff.....	7
Globaler Markt für Altstoffe.....	7
ERNÄHRUNG	8
Produktion.....	8
Konsum.....	9
Ressourcen	10
WOHNEN UND TRANSPORT	11
Design for Recycling, Re-Use und Urban Mining	11
Mobilität, Transport und smarte Technologien.....	12
Abholung und Trennung der Abfälle.....	13
ENERGIE	14
Energieerzeugung durch die Abfallwirtschaft	14
Energieverbrauch in der Abfallwirtschaft	15
Einfluss neuer Formen der Energieproduktion und -speicherung auf die Abfallwirtschaft.....	15
ZUSAMMENFASSUNG	16

An der Erstellung dieses Papers haben mitgewirkt:

Kernteam:

Astrid ALLESCH, Technische Universität Wien, Institut für Wassergüte und Ressourcenmanagement
Silvia GLOSER, NUA – Abfallwirtschaft GmbH
Marlies HRAD, Universität für Bodenkultur Wien, Institut für Abfallwirtschaft
Gernot KREINDL, Stadtgemeinde Leoben
Michael MEIRER, R-Power Umwelttechnik & Consulting GmbH
Sabine NADHERNY-BORUTIN, Brantner Environment Group GmbH
Mathias OTTERSBOCK, Österreichischer Wasser- und Abfallwirtschaftsverband
Andreas PERTL, VKS Verpackungskordinierungsstelle gemeinnützige Gesellschaft mbH

Graphic Recording:

Alexander CZERNIN, www.graphic-recording.at

Weitere Teilnehmende am Workshop:

Christian ANGER, Porr Umwelttechnik GmbH
Michael AUSSERDORFER, FRIKUS Transportlogistik GmbH
Michael BARTMANN, Amt der NÖ Landesregierung, Gruppe RU, Abt. Umwelt- und Energiewirtschaft (RU3)
Nora BLASCHKE, FCC Environment CEE GmbH
Karin FAZENI, Johannes-Kepler-Universität Linz, Energieinstitut
Andreas GASSNER, Technische Universität Wien, Institut für Wassergüte und Ressourcenmanagement
Robert GLANZ, M-U-T Maschinen-Umwelttechnik-Transportanlagen GmbH
Leopold HOCKE, Altstoff Recycling Austria AG
Arnold HOLIK, Kranner GmbH Metalle – Recycling
Stefan KLANNER, Saubermacher Dienstleistungs AG
Christian MAURER, ENERGIE AG Oberösterreich Kraftwerke GmbH
Karin MEISTERL, Altstoff Recycling Austria AG
Thomas NIGL, Montanuniversität Leoben, Lehrstuhl für Abfallverwertungstechnik und Abfallwirtschaft
Maria ORTNER, Green Tech Cluster Styria GmbH
Renato SARC, Montanuniversität Leoben, Lehrstuhl für Abfallverwertungstechnik und Abfallwirtschaft
Eva SCHNEIDER, Brantner Österreich GmbH
Nele SCHÜTTPELZ, wpa Beratende Ingenieure GmbH
Danko SIMIC, Universität Graz, Institut für Geographie und Raumforschung
Simon STÖRCHLE, Störchle Gesellschaft mbH
Serhii SVYNARETS, Universität Graz, Institut für Geographie und Raumforschung
Dana VYZINKAROVA, Technische Universität Wien, Institut für Wassergüte und Ressourcenmanagement
Andreas WESTERMAYER, INTERGEO Umweltmanagement GmbH

EINLEITUNG

„Abfallwirtschaft 2050 – Bringen neue Herausforderungen auch neue Aufgaben?“ Mit dieser Fragestellung waren die TeilnehmerInnen des 1. ÖWAV-Workshops der „Jungen Abfallwirtschaft“ im März 2017 konfrontiert. Dabei wurden innovative und visionäre Ideen, losgelöst von rechtlichen und strategischen Rahmenbedingungen, im Zuge eines strukturierten Brainstormings (World Café) erarbeitet, diskutiert und in Form von „Graphic Recording“ (www.graphic-recording.at) als Poster dargestellt.

Die Erarbeitung der Statements und Ideen durch insgesamt 32 TeilnehmerInnen aus der privaten und kommunalen Abfallwirtschaft, von Planungsbüros und Universitäten, erfolgte an den vier Thementischen

- Ressourcen/Produktion,
- Wohnen/Transport,
- Ernährung und
- Energie.

Um ein gemeinsames Verständnis aller TeilnehmerInnen über die zukünftig zu erwartenden Rahmenbedingungen im Jahr 2050 zu ermöglichen, wurden diese vorab im Plenum wie folgt skizziert: Langfristig ist mit dem Anstieg der weltweiten Durchschnittstemperatur zu rechnen, was nicht nur eine Veränderung des Weltklimas und damit verbundene (negative) Auswirkungen auf die Weltmeere oder die Zunahme von Wetterextremen zur Folge hat, sondern auch wirtschaftliche und gesellschaftspolitische Veränderungen mit sich bringt. Der **Klimawandel** und der anthropogene Einfluss gelten in der Wissenschaft als unbestritten, die Ausarbeitung von Vermeidungs- bzw. Anpassungsstrategien und das Setzen von politischen Maßnahmen (Klimaschutzziele, CCS¹⁾) rücken zukünftig noch stärker in den Fokus, was nicht zuletzt auch Auswirkungen auf die Abfallwirtschaft hat.

Aus **Ressourcensicht** und in Hinblick auf die **Ernährungssituation** sind die bereits derzeit erkennbaren negativen Auswirkungen der Umweltverschmutzung, Verstädterung und überproportionalen globalen Bevölkerungsentwicklung noch eklatanter. Die Verknappung endlicher Ressourcen und geschrumpfte Reserven mineralischer, metallischer und fossiler Rohstoffe ergeben für das Jahr 2050 neu entwickelte alternative Werkstoffe bzw. die Erschließung neuer, bisher ungenutzter Rohstoffquellen. „Asteroid Mining“, die Gewinnung von Rohstoffen aus dem Weltall, kann zur Realität werden. Auf der einen Seite werden neue Rohstoffquellen erschlossen, auf der anderen Seite sind natürliche Quellen verloren gegangen. Bodenerosion, Bodenverdichtung und Humusabbau reduzieren die verfügbaren landwirtschaftlichen Flächen und verringern die

Bodenfruchtbarkeit. Die Versiegelungs- und Bebauungsrate von Böden wird derzeit in Österreich auf 20 ha pro Tag geschätzt. Der Verlust von Agrarflächen hat starken Einfluss auf den heimischen Obst- und Gemüseanbau sowie die Viehhaltung. Dies führt zur Etablierung von alternativen Ernährungsformen und der Züchtung von Fleisch im Labor, der Nutzung von Insekten als Proteinquelle und dem Design von „Functional/Smooth Food“, wobei es auch zu einem vermehrten Einsatz von Zusatzstoffen/Additiven in der Lebensmittelindustrie kommt.

Der **demografische Wandel** und die voranschreitende Urbanisierung sorgen dafür, dass sich im Jahr 2050 rund 70 % der weltweiten Bevölkerung, die mittlerweile auf ca. 10 Milliarden Menschen angewachsen ist, in der Stadt oder im unmittelbaren städtischen Umland angesiedelt haben. Die Prognose für Österreich liegt sogar bei ca. 80 %, wobei durch den vergleichsweise geringen Anstieg der Bevölkerungszahl das Durchschnittsalter der Bevölkerung, d. h. die Überalterung, zugenommen hat. Der Trend zu einem erhöhten Anteil an Einpersonenhaushalten setzt sich weiter fort. Lebensmittel- und Wasserknappheit, Dürrekatastrophen und der Anstieg des Meeresspiegels als Folge des Klimawandels begünstigen u. a. die Destabilisierung politischer Systeme und lösen Völkerwanderungen aus. In Österreich erfolgt eine weitere Abwanderung von Industriebetrieben und damit verbunden der Verlust von klassischen Handwerksberufen. Eine erhöhte Flexibilität und Mobilität im beruflichen Alltag und das zunehmende Verschwimmen der Grenzen zwischen Beruf und Freizeit, wird durch entsprechende Arbeitszeitmodelle („Home-Office“) unterstützt.

Die etablierte **Digitalisierung** und der hohe Vernetzungsgrad „smarter“ Systeme, der sich über alle Bereiche des alltäglichen Lebens erstreckt und mit einem rasanten **industriellen/technischen Fortschritt** im Jahr 2050 einhergeht, führt bei beschleunigten Entwicklungszeiten zu kürzer werdenden Technologielebenszyklen. Der Begriff „Industrie 4.0“ – der heutzutage als Synonym für das Internet der Dinge, „Rapid Prototyping“ und die totale Automation und Vernetzung steht – ist im Jahr 2050 bereits mehrfach überholt. Die digitale Revolution, einhergehend mit dem Aufbau künstlicher Intelligenz, computergestützter Realitätswahrnehmung (Augmented reality²⁾), autonom arbeitender Systeme (Fahrzeugtechnik), Schwarmintelligenzen und einer Vielzahl digitaler Services stellt die Gesellschaft immer wieder vor gesellschaftspolitische und legistische Herausforderungen.

Eng mit der globalen Erwärmung ist das Thema „Energie“ verbunden. Der steigende **elektrische Energiebedarf** geht derzeit mit erhöhten CO₂-Emissionen einher, hervorgerufen durch die weltweit massiv voranschreitende Verbrennung fossiler Energieträger. Unter diesen Vorausset-

¹⁾ Carbon (Dioxide) Capture and Storage bezeichnet jene Technologien, die im großtechnischen Maßstab zu einer Reduktion des CO₂-Gehalts in der Atmosphäre beitragen und zu einer dauerhaften Einlagerung von CO₂ in unterirdischen Lagerstätten führen.

²⁾ Unter Augmented Reality (erweiterte Realität) versteht man meist die visuelle Darstellung von Informationen in Form von computergenerierten Zusatzinformationen mittels Einblendung/Überlagerung.

zungen muss die eingeläutete Energiewende im Jahr 2050 weit fortgeschritten bzw. abgeschlossen sein. Dadurch ergibt sich eine höchst effiziente Nutzung der zur Verfügung stehenden Energie unter nahezu ausschließlicher Nutzung von alternativen bzw. erneuerbaren Energieträgern. Durch Digitalisierung und grenzüberschreitende Vernetzung des Energienetzes und -markts („Smart Grids³⁾“) ist die Infrastruktur (Gebäude, Städte, Produktionsstätten etc.) in das Gesamtenergiesystem von Erzeugung, Speicherung

³⁾ Der Begriff Intelligentes Stromnetz (Smart Grids) umfasst die kommunikative Vernetzung und Steuerung von Stromerzeugern, Speichern, elektrischen Verbrauchern und Netzbetriebsmitteln in Energieübertragungs- und -verteilungsnetzen der Elektrizitätsversorgung und sorgt für die Sicherstellung der Energieversorgung auf Basis eines effizienten und zuverlässigen Systembetriebs.

bis zum Verbrauch eingebettet. Offshore-Windparks, Gezeitenkraftwerke in Küstengebieten und Photovoltaikanlagen in Wüstengegenden liefern Ökostrom, u. a. für die Elektromobilität der Zukunft. Moderne Speichermedien (Power-to-Gas⁴⁾) ermöglichen eine bedarfsabhängige Nutzung von dezentral produziertem Strom.

Welche Auswirkungen diese Entwicklung auf die Abfallwirtschaft im Jahr 2050 hat, wird in den folgenden Kapiteln beschrieben.

⁴⁾ Power-to-Gas ist ein chemischer Prozess, bei dem mittels Wasserelektrolyse mit einer teilweise nachgeschalteten Methanisierung unter Einsatz von Ökostrom ein Brenngas hergestellt und die Energie somit besser speicherbar gemacht werden kann.

VISION-ABFALLWIRTSCHAFT 2050

RESSOURCEN / PRODUKTION

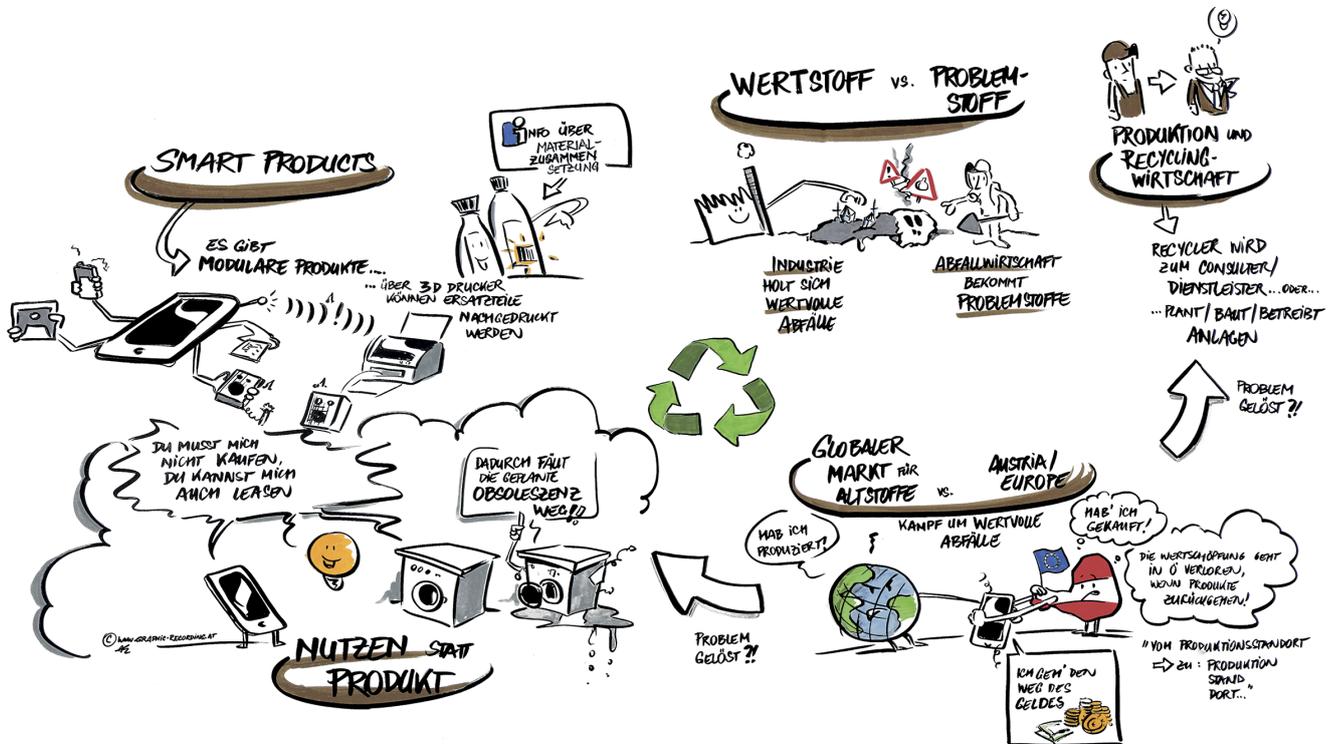


Abbildung 1 Überblick „Ressourcen und Produktion“

RESSOURCEN UND PRODUKTION

Die einzelnen Ideen am Thementisch „Ressourcen und Produktion“ wurden in folgende fünf Bereiche gruppiert:

- Smart Products,
- Nutzen statt Produkt,
- Produktion und Recyclingwirtschaft,
- Wertstoff vs. Problemstoff und
- Globaler Markt für Altstoffe.

Die unaufhaltsam fortschreitende Digitalisierung in allen Lebensbereichen verursacht auch steigende Mengen an Elektroaltgeräten. Eine dadurch bedingte Spezialisierung und Bündelung des Know-hows von Recyclingwirtschaft und Industrie führt zu neuen Strategien und Lösungsansätzen.

Sie beschreiben den Prozess des gesamten Produktlebenszyklus, von der Entwicklung, Produktion, Nutzung der Produkte von morgen bis zur Aufbereitung und der möglichst vollständigen Verwertung der enthaltenen Sekundärrohstoffe.

Smart Products

Unter „Smart Products“ werden Gegenstände zusammengefasst, welche sich den verändernden Bedingungen und Entwicklungen der Gesellschaft anpassen können. Beispielhaft dafür werden Elektro- und Elektronikgeräte angeführt, da gerade diese einer schnellen technologischen Weiterentwicklung unterliegen.

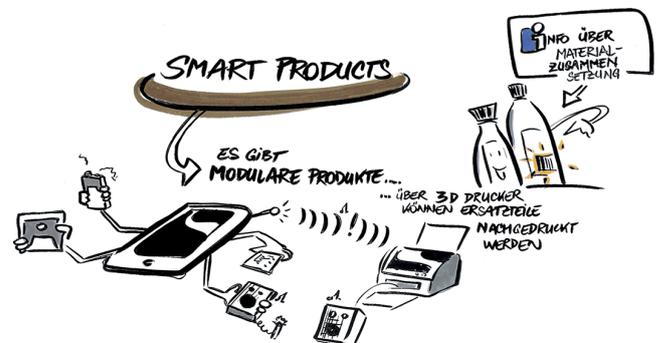


Abbildung 2 Smart Products

Bedingt durch die seit 2007 stark gestiegene Anzahl kurzlebiger Smartphones in kompakter Bauweise mit integrierten, nicht austauschbaren Komponenten, wurde ein

Re-Use und in weiterer Folge auch ein hochwertiges Recycling erschwert bzw. verhindert. Diesem Trend wirken bis 2050 Anbieter durch Produktionsweisen im Baukasten-System entgegen. Nahezu alle Produzenten fertigen zukünftig Smartphones, bei denen die KundInnen selbst einzelne (veraltete oder defekte) Bauteile wie z. B. Bildschirm, Speicherkarte oder Prozessor tauschen und somit die Produktlebensdauer verlängern können. Diese Entwicklung wird sich bis zum Jahr 2050 auch in anderen Bereichen durchsetzen und am Markt etablieren. Weiterführend wird auch die Möglichkeit bestehen, Ersatzteile selbst mithilfe eines 3D-Druckers „on demand“ und dezentral herzustellen. Neben diesen hardwarebezogenen Fortschritten werden laufend Verbesserungen der Funktionalität durch Online-Softwareupdates ermöglicht.

Ein weiterer Aspekt von „Smart Products“ im Jahr 2050 ist der umfassende, im Produkt integrierte Informationshinweis über deren Zusammensetzung und Materialeigenschaft. Dadurch kann eine optimierte Aufbereitungstechnologie zur Anwendung kommen, die Sekundärrohstoffe in höchstmöglicher Qualität für den Produktionsprozess liefert. Zusätzlich werden im Zuge einer vollautomatisierten Herstellung (Robotics und künstliche Intelligenz) die Konzepte „Öko-Design“ und „Design 4 Recycling“ verstärkt gefördert.

Nutzen statt Produkt (alternative Geschäftsmodelle)

Wurde in der Vergangenheit oft aus Kostengründen auf die Verwendung von hochwertigen Materialien und Komponenten zu Lasten der Produktlebensdauer verzichtet, entsteht im Jahr 2050 durch geändertes Konsumverhalten und alternative Geschäftsmodelle eine neuartige Dienstleistungsgesellschaft. Es steht damit nicht mehr das Produkt selbst, sondern sein Nutzen im Vordergrund. Beispiele, die bereits einen Trend in diese Richtung anzeigen, sind der im Transportsektor rapide steigende Markt des Car-Sharings oder der Leasing-Modelle im Elektronikbereich.



Abbildung 3 Nutzen statt Produkt

Einige Hersteller zeigen, dass der Wandel zu einer Dienstleistungsgesellschaft auch in anderen Branchen, wie beispielsweise der Beleuchtungsindustrie, funktioniert. Basierend auf einem vertraglich festgelegten Beleuchtungskonzept (Lichtstärke, Örtlichkeit) übernimmt der

Hersteller in weiterer Folge die Installation und den Betrieb inklusive Wartung. Begriffe wie geplante Obsoleszenz⁵⁾ gehören damit der Vergangenheit an. Derartige alternative Geschäftsmodelle erhöhen langfristig die Produktqualität und reduzieren den Ressourcenverbrauch.

Produktion und Recyclingwirtschaft



Abbildung 4 Produktion und Recyclingwirtschaft

Um eine hochwertige Produktion langlebiger „Smart Products“ zu gewährleisten, werden in Europa neben der Rohstoffsicherheit in Zukunft vor allem auch die Qualitäten der Inputmaterialien von steigender Bedeutung sein. Sekundärrohstoffe werden der produzierenden Wirtschaft laufend in ausreichend hoher Qualität zur Verfügung gestellt und gleichzeitig unerwünschte bzw. nicht verwertbare Reststoffe bzw. Verunreinigungen auf ein Minimum reduziert. Die Frage der Wirtschaftlichkeit von Sekundärrohstoffen stellt sich nicht mehr, da Primärrohstoffe nur noch begrenzt verfügbar sind und deren Einsatz hohe Abbaukosten und aufwendige Aufbereitungsschritte erfordern.

Aus wirtschaftlichen Überlegungen versuchen bereits zahlreiche Produktionsbetriebe die Kosten für die Entsorgung eigener Produktionsabfälle zu senken, wodurch aus Eigeninteresse ein Öko-Design und die erweiterte Produzentenverantwortung vorangetrieben werden. Hierfür wird das Know-how der Abfallwirtschaft genutzt, um Abfälle in hochwertige Sekundärrohstoffe umzuwandeln. Die Abfallwirtschaft wird dabei zum Consulter und Dienstleister.

⁵⁾ Die geplante Obsoleszenz beschreibt eine Strategie, in der das Ende der Lebens- bzw. Nutzungsdauer von Produkten vom Hersteller geplant bzw. konzeptionell vorgesehen ist.

Wertstoff vs. Problemstoff

Im Jahr 2050 haben sich die Abfallmengen (und Produktionsabfälle) reduziert. Dies nicht nur aufgrund einer Kreislaufoptimierung und neuer Geschäftsmodelle, sondern auch aufgrund der Tatsache, dass zahlreiche Dienstleistungen und Produkte (vgl. „Smart Products“) digital/virtuell angeboten werden und damit kaum Abfälle entstehen können. Zudem bestehen unzählige digitale Sekundärrohstoffbörsen, die den Einsatz von Sekundärrohstoffprodukten und ehemaligen Produktionsabfällen als Nebenprodukt qualitätsgesichert und voll automatisiert ermöglichen.

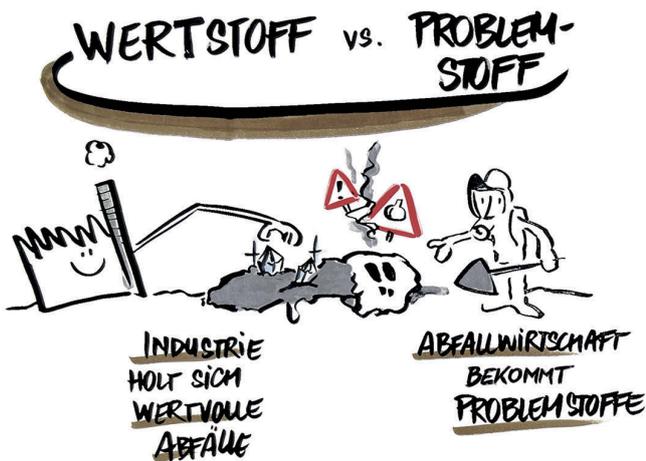


Abbildung 5 Wert- vs. Problemstoff

Dennoch werden bei jedem Recyclingprozess auch nicht verwertbare Stoffe ausgeschleust. Es sind aber nicht nur Rückstände aus dem Recycling, sondern auch Problemstoffe und neue gefährliche Abfälle, die einer geordneten Behandlung zuzuführen sind. Hinzu kommen die gegenwärtig als „future waste streams“ bezeichneten Verbundstoffe und Materialien wie Carbonfasern oder Produkte

mit Nanopartikeln, welche im Jahr 2050 nur noch im Einklang mit strengen Öko-Design Vorgaben eingesetzt werden dürfen. Für diese erfolgt eine Wert- bzw. auch Schadstoffentfrachtung und anschließende Behandlung gemäß dem Stand der Technik.

Globaler Markt für Altstoffe

Die Ziele einer ökologischen Marktwirtschaft und das verbesserte Zusammenspiel zwischen Produktion und Recycling führen v. a. in Europa zu einer Reindustrialisierung und Zentralisierung der Produktion und Abfallbehandlung, vor allem im Bereich der Hightech-Betriebe.

Die zentrale Rolle von Sekundärrohstoffen in der europäischen Umweltpolitik und die Digitalisierung bzw. Prozessoptimierung der produzierenden Industrie in Europa führen im Jahr 2050 zu einer erhöhten Rohstoffsicherheit und damit zu einem globalen Markt für wertvolle Sekundärrohstoffe und Altstoffe. Aus dieser Konsequenz heraus werden Exporte aus und Importe nach Europa stark rückläufig sein und die Volatilität der Rohstoffpreise wird zurückgehen.

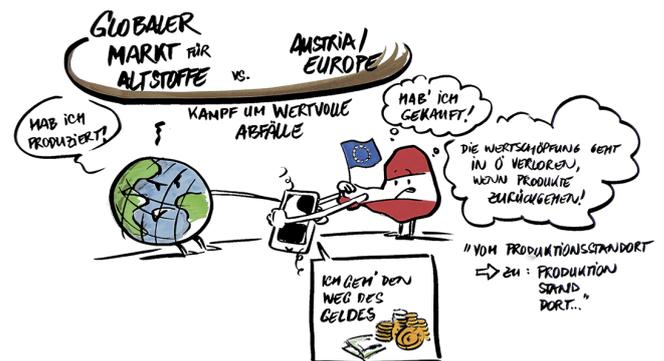


Abbildung 6 Globaler Markt

VISION-ABFALLWIRTSCHAFT 2050

ERNÄHRUNG

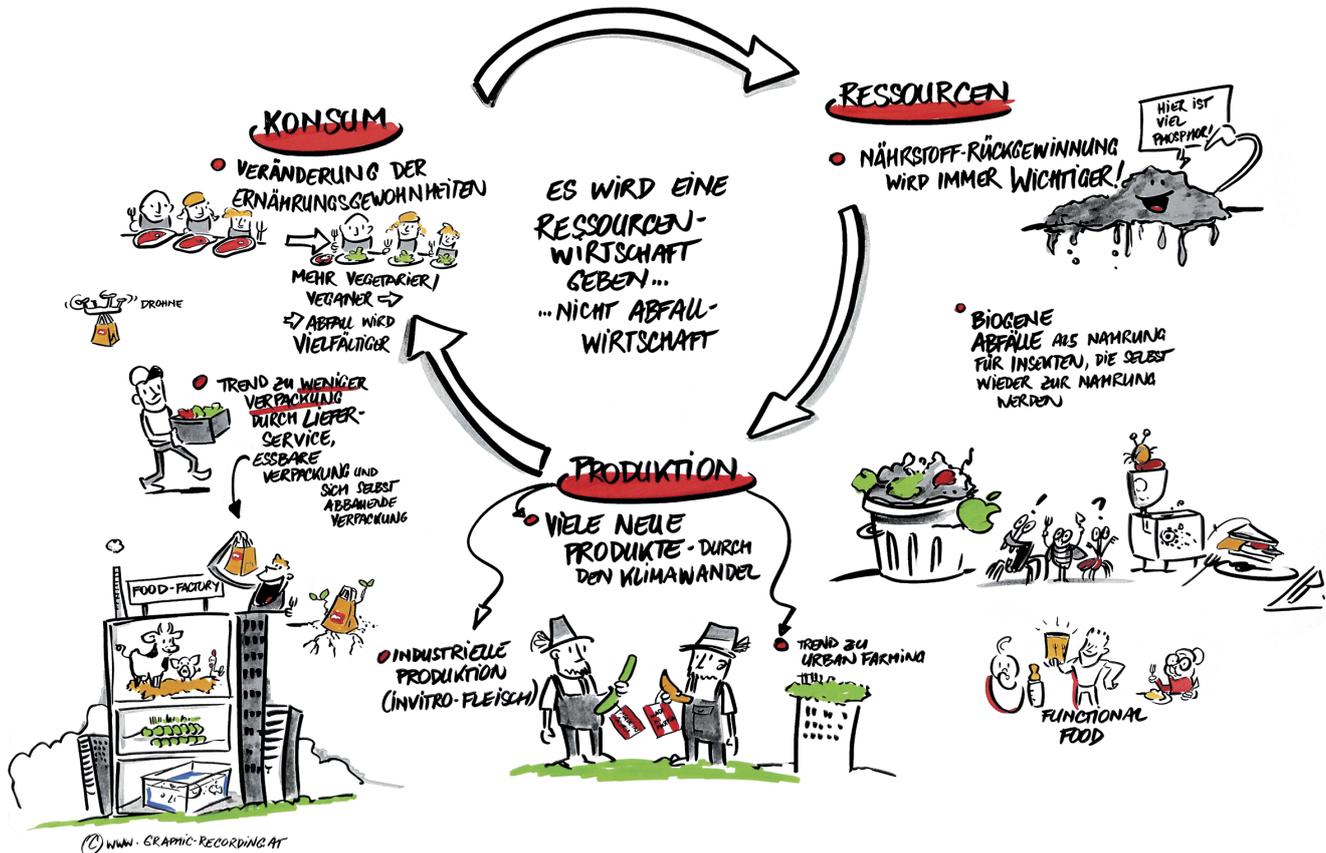


Abbildung 7 Überblick „Ernährung“

ERNÄHRUNG

Das Ernährungssystem der Zukunft und seine Herausforderungen für die Abfallwirtschaft 2050 wurden in drei Teilbereiche aufgedgliedert:

- Produktion,
- Konsum und
- Ressourcen.

Infolge veränderter KonsumentInnenbedürfnisse, der bereits beschriebenen globalen Herausforderungen sowie Innovationen in den Bereichen Industrie und Forschung werden in der Lebensmittelerzeugung und -verarbeitung (inkl. Vertrieb) in den nächsten drei Jahrzehnten massive Umbrüche erwartet. Österreich bzw. die Abfallwirtschaft Europas steht dabei vor einem einschneidenden Wandel in Richtung Ressourcenmanagement und Rohstoffproduktion.

Produktion

In Zukunft werden die urbane Landwirtschaft bzw. Konzepte wie „vertical farming“ oder „urban gardening/farming“ weiter an Bedeutung gewinnen. Erstgenanntes beschreibt die ganzjährige Produktion von z. B. Fisch, Gemüse, Früchten, Pilzen, Insekten und Algen in einem nahezu geschlossenen Kreislaufsystem in mehrstöckigen Gebäuden oder auf entsprechend gestalteten Gebäudefassaden. Für diesen Ansatz spricht ein geringer Platzbedarf bei gleichzeitig hoher Ressourceneffizienz. Zugleich wird dadurch der Problematik des städtischen Wärmeinseleffekts („urban heating“) durch versiegelte/betonierte Flächen entgegengewirkt und das urbane Mikroklima entscheidend verbessert. Die Pflanzenkultivierung erfolgt bspw. in Hydro- oder Aerokulturen (bodenlose Anpflanzung in Nährlösungen) und wird mit entsprechenden technischen Einrichtungen (Lichtkonzepte, Sensoren für den Stickstoffbedarf etc.) optimiert. Das Konzept des „urban gardening/farming“ wie-

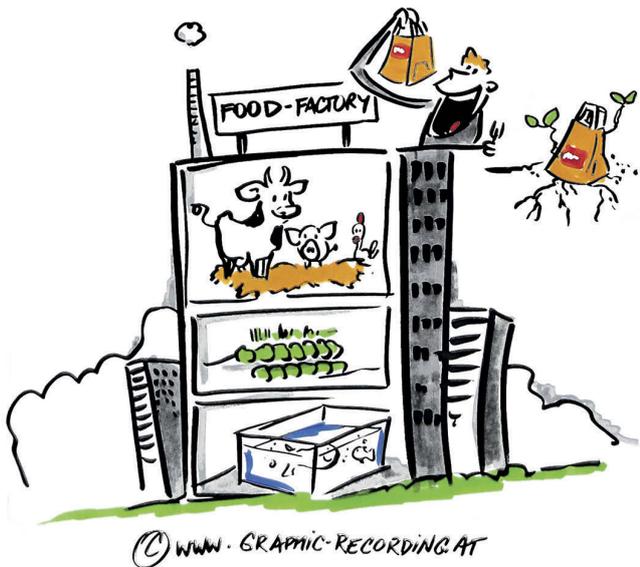


Abbildung 8 Food Factory

derum beschreibt die städtische Selbstversorgung durch die Nutzung von Gemeinschafts- oder Leihgärten auf brachliegenden Flächen, in leerstehenden Infrastrukturgebäuden oder auf Flachdächern – KonsumentInnen werden damit selbst zu ProduzentInnen. Es wird davon ausgegangen, dass diese regionalen, urbanen Landwirtschaftskonzepte den Transportaufwand deutlich reduzieren und die Abhängigkeit von Importen mindern. Zudem können lokale ProduzentInnen bedarfsgerecht bzw. den jeweiligen KonsumentInnenwünschen entsprechend Lebensmittel produzieren, wodurch Lebensmittelabfälle in größerem Ausmaß vermieden werden können.

Sicher ist, dass der Klimawandel die Landwirtschaft bzw. Lebensmittelproduktion im Jahr 2050 weiterhin stark beeinflusst und vice versa. Neben den schon im Jahr 2017 deutlich spürbaren Effekten wie extremen Wetterereignissen und -perioden bzw. Störungen der Ökosystemfunktionen (z. B. Bestäubungsleistung von Insekten) und dem Verschwinden einzelner vormals heimischer Sorten, ergeben sich aber auch neue Potenziale. So ermöglichen steigende Durchschnittstemperaturen den Anbau von neuen bzw. nicht heimischen Obst- und Gemüsesorten, was wiederum Einfluss auf die biologische Vielfalt hat.



Abbildung 9 Produktion und Klimawandel

Konsum

2050 zeigt sich das Bild einer ernährungsbewussten Bevölkerung, die zunehmend auf klassischen Fleischkonsum verzichtet. Dies wiederum führt zu einer erheblichen Senkung des Flächenverbrauchs für die Lebensmittel- und Futterproduktion. Der Proteinbedarf kann zukünftig durch Insekten, In-vitro-Fleisch aus dem Labor (Herstellung fleischähnlicher Strukturen mit tierischen Zellkulturen) oder Pflanzenproteinen gedeckt werden.



Abbildung 10 Ernährungsgewohnheiten und Verpackungen

Auch „funktionelle Lebensmittel“, also Produkte, die mit zusätzlichen Inhaltsstoffen an die jeweiligen Bedürfnisse der KonsumentInnen (Alter, Gesundheitszustand etc.) angepasst sind, werden zunehmend das Angebot bestimmen. Verstärkt wird dieser Trend durch smarte Anwendungen auf Tablets, Smartphones oder anderen elektronischen Geräten, die auf Basis von sensorischen Messungen die NutzerInnen z. B. mit individuell angepassten Ernährungsplänen versorgen. Die entsprechenden Produkte werden automatisiert bestellt und über ein „home-delivery-service“ – beispielsweise mittels Drohne – geliefert. Dadurch werden Einkäufe bzw. die Rücknahme von Mehrwegverpackungen gebündelt, wodurch weniger Verpackungsabfälle anfallen, der Mehrweganteil erhöht und der städtische Verkehr entlastet wird.



Abbildung 11 Functional Food

Ressourcen

Dank „Smart Packaging“ werden zukünftig ganzheitliche Lösungen im Verpackungsbereich von Lebensmitteln Vorteile für Hersteller, Händler, VerbraucherInnen aber auch Recycler bringen. Intelligente Verpackungen sind mit zusätzlichen Funktionen ausgestattet, die den Zustand verpackter Lebensmittel ständig überwachen und damit Informationen u. a. über die Frische der Lebensmittel liefern. Durch entsprechende Verpackungsmaterialien bzw. -techniken (z. B. mikroverkapselte, antimikrobielle Wirkstoffe für Papier- und Kartonverpackungen) soll die Haltbarkeit und/oder die Qualität des Produktes während der Lagerung verbessert werden. Mithilfe von integrierten Funktionsschips können die Verpackungsabfälle einem intelligenten, hochwertigen Recyclingsystem zugeführt werden. Zudem werden zunehmend Verpackungen eingesetzt, die biologisch abbaubar bzw. sogar essbar sind (z. B. Schaumstoffe aus Algen, Biopolymere aus landwirtschaftlichen Abfällen, Netzverpackungen aus

Naturfasern, Pilze als abbaubarer Ersatz für Styropor etc.). Recyclingwege für diese neuen Verpackungsarten sind, neben einem klassischen Recycling, v. a. auch speziell abgestimmte biologische Verfahren zur Energiegewinnung und Herstellung von Düngemittel.

Das angeführte „Smart Packaging“ soll somit in letzter Konsequenz Lebensmittelabfälle reduzieren. Nicht vermeidbare biogene Abfälle können zukünftig für die Züchtung von Insekten als verwertbares Protein zur Tierfütterung oder für den menschlichen Verzehr herangezogen werden.

Vor dem Hintergrund der knapper werdenden Ressourcen – insbesondere bei Phosphor – kommt der Nährstoffrückgewinnung und der Schließung von Nährstoffkreisläufen im Jahr 2050 eine besondere Bedeutung zu. Der weitere Ausbau der erforderlichen Strukturen für eine nachhaltige Phosphorrückgewinnung aus recycelbaren Stoffströmen, wie Abwasser, Klärschlamm und -aschen, Schlachthofabfällen, Gülle und Stallmist, Lebensmittelabfällen bzw. Abfällen der Lebensmittelindustrie sowie Biomasse-Aschen nimmt dabei einen großen Stellenwert ein.



Abbildung 12 Biogene Abfälle



Abbildung 13 Nährstoffrückgewinnung

VISION-ABFALLWIRTSCHAFT 2050

WOHNEN | TRANSPORT



Abbildung 14 Überblick „Wohnen und Transport“

WOHNEN UND TRANSPORT

Der Thementisch „Wohnen und Transport“ wurde in folgende Teilbereiche aufgeteilt:

- Design for Recycling, Re-Use und Urban Mining,
- Mobilität und Transport und
- Abholung und Trennung.

Design for Recycling, Re-Use und Urban Mining

Ausgehend von schnellen und qualitativ hochwertigen 3D-Druckverfahren entstehen – ähnlich dem Ansatz von „Smart Products“ – individuell designte Bauwerke. „Rapid prototyping“ wird angewendet, um Produktionsideen anhand von 3D-Modellen abzubilden und Bauteile aus Beton, Metall, Kunststoff u. a. Materialien in speziellen Fertigungsverfahren in kürzester Zeit zu produzieren. Ausgehend von standardisierten Bausätzen, die modular aufgebaut und situationsbezogen adaptierbar sind, entstehen ganze Wohnsiedlungen nach dem Verfahren „print@home“. Im Zuge dessen kommt es auch zu einer schneller voranschreitenden Nutzungsänderung von Bauwerken (z. B. Veränderung der Wohnfläche). Aber auch die

Nachnutzung und Adaptierung von älteren, teilweise ungenutzten Gebäuden wird vorangetrieben.

Umweltbewusstes Bauen im Spannungsfeld zwischen Ressourcenschonung, Versiegelung von Flächen und der Lebenszeit von Bauwerken wird zunehmend thematisiert und führt bis zu einem „sich selbst entsorgenden Haus“, das nach den Gesichtspunkten eines „Design for Recycling“ gedruckt wurde. Das Erscheinungsbild – aber auch die Energieeffizienz – von Häusern ändert sich durch den zunehmenden Einsatz von schadstofffreien und nachwachsenden Werk- und Baustoffen sowie den zunehmenden Technologisierungsgrad („smart home“).

Der ebenfalls verstärkte Einsatz von Verbundstoffen im Hausbau stellt die Abfallwirtschaft vor neue, technische Herausforderungen. Neben den Schwierigkeiten der sortenreinen Auftrennung sorgen bis dato unbekannt Schadstoffe in Baumaterialien für Probleme. Im Szenario 2050 zerlegen intelligente Abrissmaschinen bzw. -roboter die Bauwerke selbstständig und trennen die Bestandteile in einzelne, verwertbare Fraktionen auf. Dies geschieht voll automatisiert vor Ort, um ein späteres Recycling zu erleichtern. Basis bildet eine

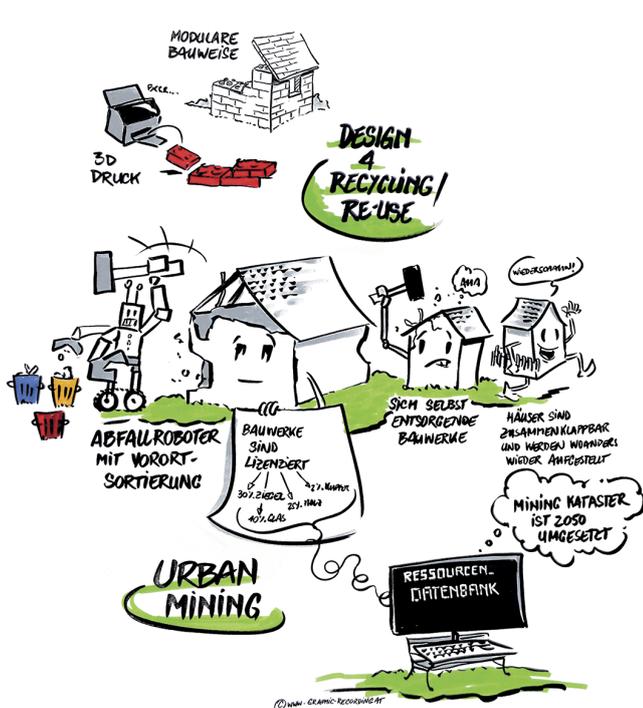


Abbildung 15 Design for Recycling/Urban Mining

umfassende, flächendeckende und gebäudespezifische Ressourcendatenbank, der sogenannte „Urban-Mining-Kataster“. „Ressourcenmapping“ ist das Schlagwort und kann in Anlehnung an ein Lizenzierungssystem für eine optimale Kreislaufführung sorgen (Produzent – NutzerIn – Recycler/Produzent).

Urban Mining hat sich im Recyclingbaustoff-Bereich als Stand der Technik etabliert. Altstandorte und ausgediente Bauwerke bzw. Straßen, welche in digitalen Katastern erfasst sind, werden zu anthropogenen Lagerstätten, dessen wirtschaftliche Gewinnung von Rohstoffen weit über jener von Primärrohstofflagerstätten liegt. Die Altlastensanierung ist in großen Teilen Europas abgeschlossen und Abfälle alter Deponiestandorte können nach entsprechender Wertstoffrückgewinnung als Ersatzbrennstoff energetisch verwertet werden.

Mobilität, Transport und smarte Technologien

Der Mobilität und dem Transport stehen zukünftig weitreichende Änderungen ins Haus. „Shared-Space“-Konzepte, die Wohn- und Arbeitsplatz miteinander kombinieren, werden häufiger. Der Wunsch nach höherer Flexibilität bei der Wohnsitzwahl lässt die zurzeit utopische Vorstellung eines klappbaren Hauses Wirklichkeit werden. Mieten statt Besitzen ist nicht nur beim eigenen Transportmittel die Devise, sondern auch, wenn es um das Eigenheim und dessen Ausstattung geht. Weiters werden im Szenario 2050 ebendiese Antriebskonzepte, wie Elektromobilität, Brennstoffzellenantriebe etc., in vielen Bereichen des täglichen Lebens Realität sein. Dies beginnt beim geleasteten, autonom fahrenden Elektro-PKW und endet beim elektrisch betriebenen und emissionsfreien Müllsammelfahrzeug. Weniger das Besitzen, sondern mehr der Nutzen von

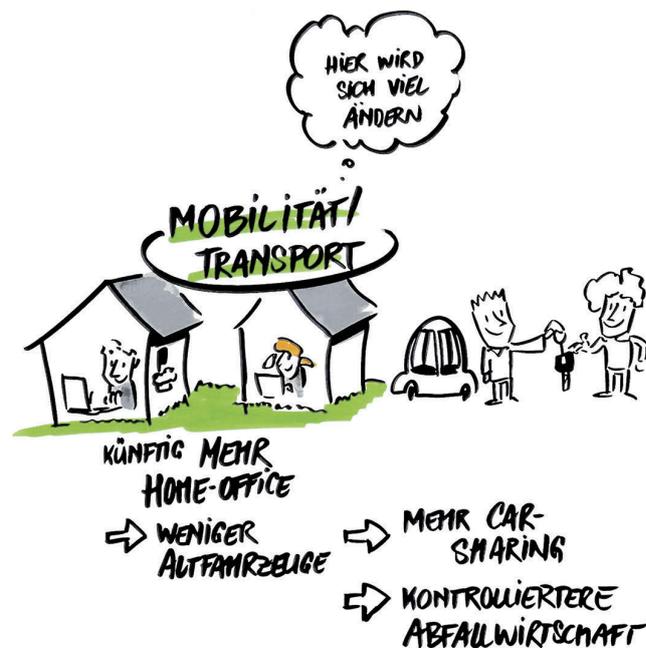


Abbildung 16 Mobilität und Transport

Services steht im Vordergrund. Das bedeutet auch einen Absatzrückgang von Neufahrzeugen und zeitversetzt einen geringeren Anfall an Altfahrzeugen. Der Gedanke des „Teilens“ bei gleichzeitiger Etablierung von gewissen Gruppen an NutzerInnen, setzt sich unter dem Schlagwort „Shared Economy“ fort. „Shared“-Ansätze im Bereich der Fortbewegungsmittel bieten die Grundlage für neue Geschäftsmodelle. Internetbasierte Dienstleistungen und Serviceportale (z. B. Uber) sind flächendeckend etabliert und für jedermann abrufbar und nutzbar. Der Umgang mit neuen, smarten Technologien, künstlicher Intelligenz und die bis dato von wenigen, technisch versierten UserInnen genutzten Möglichkeiten moderner Telekommunikation sind bei der breiten Masse der Bevölkerung angelangt. Der Schritt zur Digitalisierung ist in vielen Bereichen bereits umgesetzt. Die Abfallvermeidung profitiert von effizienteren, abfallärmeren Produktionstechnologien, vollautomatisierten Produktionsprozessen aber auch von neuen Entwicklungen, insbesondere durch die Weiterentwicklung der Robotik. Der zunehmende Vernetzungsgrad, die steigende Digitalisierung und die daraus resultierende, lückenlose Kontrolle der Abfallströme bietet eine Basis zur Steigerung der Effizienz und trägt auch zu einem hohen Umweltschutzniveau bei.

Die Vernetzung auf allen Ebenen, beginnend bei der Kommunikation zwischen Mensch und Maschine bis hin zu im Kollektiv autonom arbeitenden Robotern, ist aktueller denn je, birgt aber auch nicht zu unterschätzende Risiken. Der „Gläserne Mensch“ – als Metapher für Datenschutz – wird aufgrund der vollständigen Durchleuchtung und Überwachung jedes einzelnen Individuums als negativ interpretiert; er bietet aber durch den Einsatz von immer mehr „smarten“ Technologien neue Möglichkeiten, welche teilweise schon zur Realität geworden sind und im Alltag auch zahlreiche Vorteile mit sich bringen.

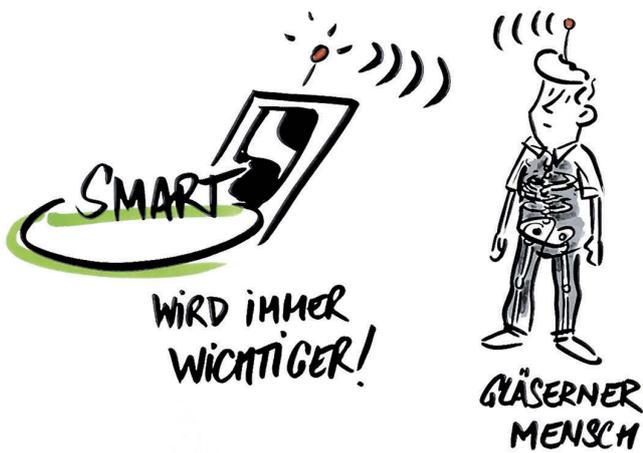


Abbildung 17 Der smart-gläserne Mensch

Abholung und Trennung der Abfälle

Der technische Fortschritt und computergestützte Trenn- und Aufbereitungsverfahren lassen aus Abfällen Sekundärressourcen in einem noch nie dagewesenen Ausmaß entstehen. Abfallbehälter, die ihren Füllstand automatisch erkennen und den Zeitpunkt der Entleerung selbst bestimmen, stehen für eine angepasste, bedarfsgerechte Abfallentsorgung und sind Bestandteil jedes smarten Zuhauses. Wo keine autonom fahrenden, elektrisch betriebenen Sammelfahrzeuge unterwegs sind, wird der Abfall vollautomatisch durch Unterflursysteme über mehrere Kilometer zur Behandlungsanlage transportiert. Zur Sortierung der Abfälle sind keine menschlichen Handgriffe mehr notwendig. Roboter trennen Altstoffe von nicht verwertbaren

Abfällen, wobei die eingesetzten Systeme lernfähig sind und sich an geänderte Bedingungen (Abfallzusammensetzung) optimal anpassen können.

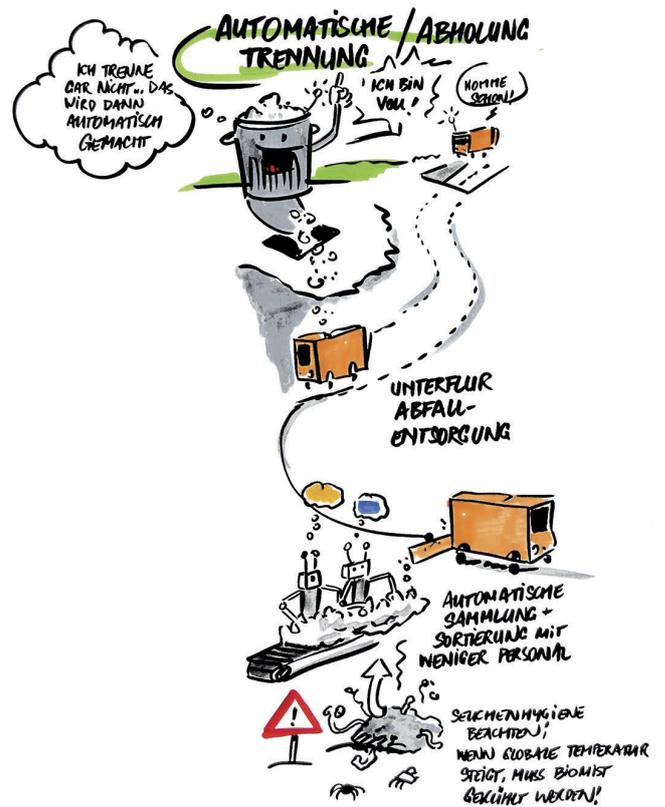


Abbildung 18 Abholung und Trennung

VISION-ABFALLWIRTSCHAFT 2050

ENERGIE

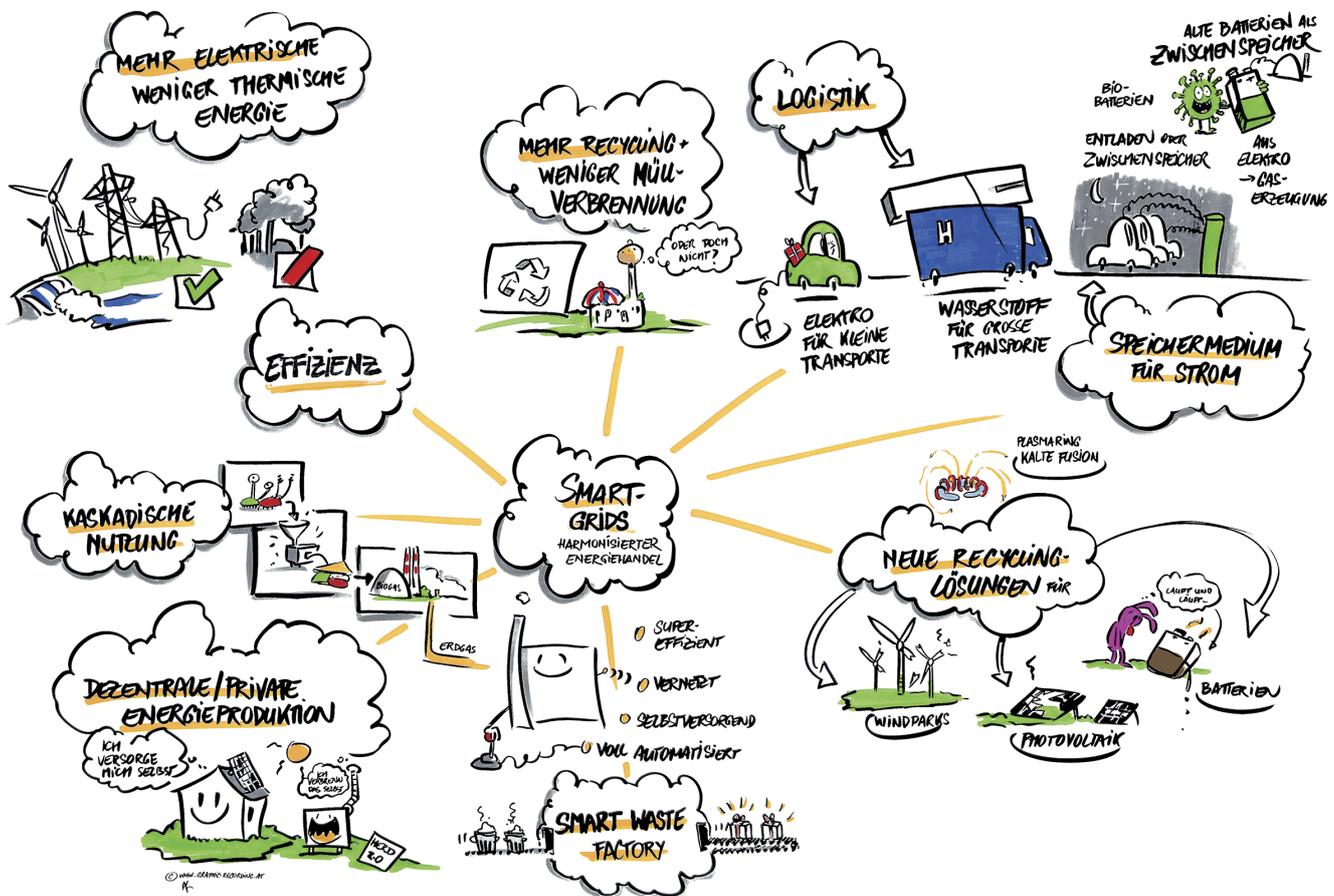


Abbildung 19 Überblick „Energie“

ENERGIE

Die auf das Energiesystem im Jahr 2050 einwirkenden Einflüsse und Auswirkungen können bezogen auf die Abfallwirtschaft in drei Teilbereiche eingeteilt werden:

- Energieerzeugung durch die Abfallwirtschaft,
- Energieverbrauch in der Abfallwirtschaft und
- Einfluss neuer Formen der Energieproduktion und -speicherung auf die Abfallwirtschaft;

Ein genereller Konsens herrscht über den Einfluss des Klimawandels bzw. die Auswirkungen der zukünftig umzusetzenden Maßnahmen zur Verringerung der treibhausrelevanten Emissionen auf die weitere Entwicklung des Energiesektors. Als Energieträger rücken erneuerbare wie Sonnenenergie, Strom aus biochemischer Erzeugung, Biogas, Wasserstoff oder komplett neue Quellen (z. B. Kalte Fusion) in den Vordergrund. Die Bedeutung von elektrischer gegenüber thermischer Energie ist extrem hoch.

Energieerzeugung durch die Abfallwirtschaft

Argumente für einen Weiterbestand derzeitiger in der Entwicklung bestehender bzw. bereits umgesetzter „Waste to Energy“-Strategien sind aufgrund der Etablierung von geschlossenen Stoffkreisläufen, dem sich daraus ergebenden deutlich reduzierten Aufkommen von gemischten Siedlungsabfällen und dem dadurch verringerten Potenzial für die thermische Verwertung von Abfällen, nicht mehr gegeben.

Die zunehmende Verstädterung bewirkt eine Verringerung der Siedlungsdichte in ruralen Gebieten, was zu erhöhtem Aufwand für die Abfallsammlung und Energieversorgung führt. Hier erfolgt die Nutzung von Abfällen zur Abdeckung des Energiebedarfs von Haushalten durch dezentrale kleinräumige Lösungen, z. B. „Heizherd 4.0“. Mikro-Biogasnetze ergänzen die dezentrale Versorgung unter Einsatz von biogenen Abfällen. In Städten bzw. Industriegebieten ergeben sich zwei Felder für die Energieerzeugung aus Abfällen. Einerseits dient die thermische Verwertung weiterhin zur Sicherstellung einer effizienten

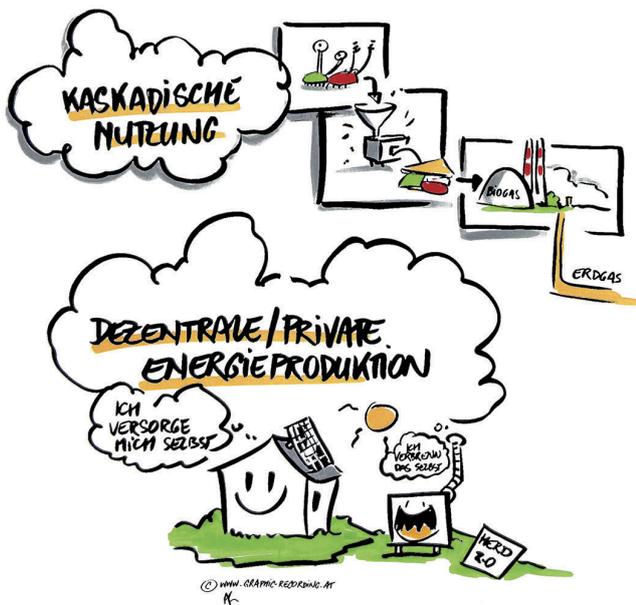


Abbildung 20 Kaskadische Nutzung und dezentrale Energieerzeugung

Entsorgung von Stoffen am Ende der kaskadischen Nutzungskette sowie einer geordneten Schadstoffsene. Andererseits wird das Potenzial von biogenen Abfällen durch den Einsatz als Rohstoff für „Power-to-Gas“-Technologien voll ausgeschöpft und stellt somit ein wichtiges Speicher- und verlustarmes Transportmedium für elektrische Energie dar.

Energieverbrauch in der Abfallwirtschaft

Alle industriellen Prozesse – auch jene der Abfallwirtschaft – sind höchst energieeffizient oder werden energieautark, d. h. durch die Nutzung von betriebseigener Quellen wie Abwärme, Energierückgewinnung etc. versorgt. In einer vollautomatisierten „Smart Waste Factory“ wird die Aufbereitung der eingehenden Abfallströme der aktuellen Nachfrage der Industrie und dem Bedarf an Sekundärrohstoffen angepasst. Ein Teil der Abfälle und Waschwässer wird – wenn notwendig – direkt zur Energieversorgung der Anlage eingesetzt. Der Fuhrpark zur Abfallsammlung ist in lokale und überregionale Transportmedien aufgeteilt, welche je nach Anforderung auf emissionsarme und CO₂-neutrale Elektro- oder Wasserstoffantriebe setzen.

Einfluss neuer Formen der Energieproduktion und -speicherung auf die Abfallwirtschaft

Neben den in der Vergangenheit verbauten Rohstoffen zur Energieproduktion und -speicherung, wie z. B. Wind-

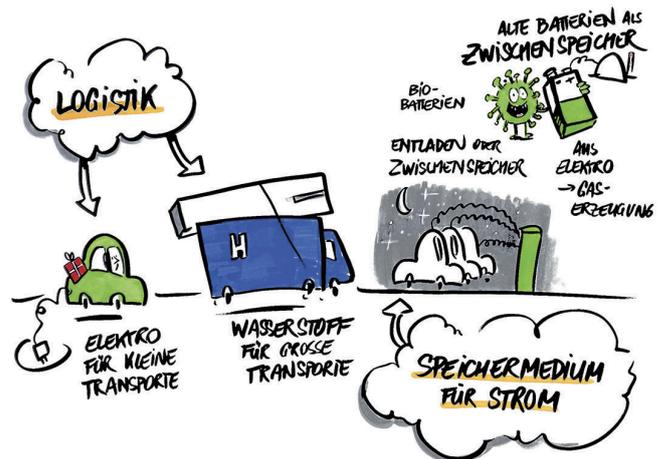


Abbildung 21 Energieverbrauch und -speicherung

kraftanlagen, PV-Anlagen, Batterien etc., werden neue Recyclinglösungen für jene Rohstoffe entwickelt, die in innovativen Technologien zur Energieproduktion und -speicherung münden.

Bei der Entwicklung dieser neuen Technologien sind abfallwirtschaftliche Player im Sinne des Ökodesigns direkt involviert, um eine möglichst vollständige Kreislaufführung aller eingesetzten Rohstoffe sicherzustellen (vom „End-of-circle“ zu „First-of-circle“). Aufgrund des hohen Anteils an volatiler elektrischer Energieproduktion (Solarenergie, Windenergie etc.) werden alte Großbatterien, Bio-batterien und der Fuhrpark als Zwischenspeichermedien eingesetzt. Eine optimale Nutzung dieser unterschiedlichen Zwischenspeichermedien ist durch die etablierten Smart Grids sichergestellt.



Abbildung 22 Neue Technologien – neue Herausforderungen

ZUSAMMENFASSUNG

Science-Fiction oder doch in einigen Jahrzehnten Realität? Wie beeinflusst der technische Fortschritt unser zukünftiges **Wohnen**, die **Energieversorgung** und wie sehen im Jahr 2050 unsere **Ernährungsgewohnheiten**, die **Produktion**, die Güterversorgung und vor allem die **Abfallbehandlung** aus?

Diese Fragestellungen wurden im Rahmen eines ÖWAV-Workshops der Jungen Abfallwirtschaft diskutiert und die Ergebnisse grafisch⁶⁾ sowie textlich zusammengefasst. Der Fokus lag auf den Herausforderungen und Aufgaben der europäischen Abfallwirtschaft im Jahr 2050.

Die Produktion von morgen und der Stellenwert der Recyclingwirtschaft

Smart Products verfügen über einen modulartigen Aufbau (Stichwort: Öko-Design), generierbare Ersatzteile und gespeicherte Informationen zur Materialzusammensetzung. Leasingmodelle führen zum Einsatz hochwertiger Produkte (mit entsprechender Wartung seitens der Hersteller) und wirken damit der geplanten Obsoleszenz und dem weiteren Anstieg der Abfallmengen entgegen.

Die Abfallwirtschaft übernimmt zukünftig eine „Manager- und Beraterfunktion“, indem sie das Recycling für die produzierende Wirtschaft organisiert sowie der digitalisierten Industrie und Produktion mit Know-how und Dienstleistungen im umwelttechnischen Bereich zur Seite steht. Ein harmonisierter globaler Markt für wertvolle Sekundärrohstoffe und Altstoffe hat sich in Europa etabliert, der den Kampf um knapper werdende Rohstoffe vergessen lässt. Eine wesentliche Kernaufgabe der Recyclingwirtschaft im Jahr 2050 umfasst aber weiterhin die umweltgerechte Behandlung, Verwertung und Entsorgung von Problemstoffen bzw. gefährlichen Abfällen.

Das Ernährungssystem der Zukunft

Der Klimawandel beeinflusst die Landwirtschaft bzw. Lebensmittelproduktion weiterhin stark und vice versa. Geändertes Konsumverhalten und alternative Geschäftsmodelle führen zu einer neuartigen Dienstleistungsgesellschaft. Durch veränderte KonsumentInnenbedürfnisse, die globalen Herausforderungen sowie Innovationen aus Industrie und Forschung werden in der Lebensmittelerzeugung und -verarbeitung (inkl. Vertrieb) massive Umbrüche erwartet. Österreich bzw. die Abfallwirtschaft Europas stehen vor einem einschneidenden Wandel in Richtung Ressourcenmanagement und Rohstoffproduktion.

Bedingt durch eine zunehmende regionale/lokale Lebensmittelproduktion, geschlossene Kreislaufführung sowie Anpassung auf individuelle KundInnenbedürfnisse kommt es zu einer Reduktion des Abfallaufkommens (v. a. Verpackungsmaterial und biogene Abfälle). Die Entsorgung wird im Schulterschluss mit der Recyclingwirtschaft

von der Industrie (Lebensmittelerzeuger) selbst übernommen, wodurch ein hochwertiges Recycling ermöglicht wird (z. B. kann der wiederaufbereitete Kunststoff erneut im Lebensmittelbereich eingesetzt werden). Vor große Herausforderungen stellen die Recyclingwirtschaft diverse Zusatzstoffe in Lebensmitteln und intelligenten Verpackungen, welche der biologischen Behandlung (Kompostierung, Klär- oder Biogasanlage) Probleme bereiten und hemmend auf mikrobielle Aktivitäten wirken können. Die gezielte Nährstoffrückgewinnung und -rückführung, v. a. aus kommunalen Klärschlämmen, ist im Jahr 2050 Stand der Technik.

Die Zukunft von Wohnen und Mobilität

Der Mobilität und dem Transport stehen zukünftig weitreichende Änderungen ins Haus. Selbst agierende, smarte Systeme haben nicht nur Einzug in die Abfallsammlung und -behandlung gehalten, sondern sind in jedem Haushalt vorhanden. Durch die umfassende Vernetzung ändern sich unsere Berufsbilder; Shared-Space- sowie Car-Sharing-Konzepte werden häufiger und ändern damit das zukünftige Abfallaufkommen.

Aufgrund gestiegener Rohstoff- und Ressourcenverbräuche ist Design for Recycling bzw. Re-Use bereits industriell umgesetzt. Ältere Gebäude aber auch neue, durch 3D-Druck produzierte Bauwerke, werden vollautomatisch durch Abbruchroboter fachgerecht demontiert. Urban Mining hat sich im Recycling-Baustoffbereich als Stand der Technik etabliert. Verbaute Materialien sind anhand einer Ressourcendatenbank, dem sogenannten „Urban-Mining-Kataster“, klassifiziert und Rohstoffe können gezielt zurückgewonnen werden.

Energie im Wandel

Die Energieträger sind erneuerbar wie Sonnenenergie, Strom aus biochemischer Erzeugung, Biogas, Wasserstoff oder stammen aus komplett neuen Quellen (z. B. kalte Fusion). Der Einsatz der elektrischen Energie ist hoch. Zur effizienten Abdeckung des Bedarfs tragen kaskadische Nutzungsmodelle biogener Abfälle und Rohstoffe und eine möglichst verlustarme Distribution (Smart Grids) bei.

Durch fortgeschrittene Urbanisierung wird in ruralen Gebieten auf Abfall zur dezentralen/privaten Energieerzeugung gesetzt. Alte Großbatterien, Biobatterien und der Fuhrpark dienen als zusätzliche Speichermedien für erneuerbare Energie. Bei neuen Technologien wird das Recycling in der Planung berücksichtigt, bekannte Recyclingherausforderungen (z. B. Verwertung von Carbonfasern aus Windparks bzw. Photovoltaikmodule aus Sonnenenergieparks) sind längst gelöst, dennoch steht die Abfallwirtschaft bei neuen Werkstoffen („future waste“) vor neuen Herausforderungen. Eine funktionierende Kreislaufwirtschaft ermöglicht hohe Recyclingraten und verringert den Input für die „klassische“ Abfallverbrennung. Diese leistet jedoch vor allem als Schadstoffsenke und Lösung für nicht verwertbare Stoffe weiterhin einen bedeutenden Beitrag für die Abfallwirtschaft.

⁶⁾ Die grafische Begleitung des ÖWAV-Workshops erfolgte durch die Graphic Recording Company (www.graphic-recording.at)

DIE JUNGE ABFALLWIRTSCHAFT IM ÖWAV

Ziel der „Jungen Abfallwirtschaft im ÖWAV“ ist es, jungen ExpertInnen aus der Branche eine ideale Netzwerkplattform untereinander und zu EntscheidungsträgerInnen aus unterschiedlichen Bereichen der Branche zu bieten. Zu diesem Zweck werden Persönlichkeiten der österreichischen Abfallwirtschaft zu „Get-Togethers“ eingeladen, um Vorträge zu aktuellen Themen zu halten und diese gemeinsam mit den TeilnehmerInnen zu diskutieren. Zudem werden Workshops zu spezifischen Fragestellungen organisiert. Die Treffen der „Jungen Abfallwirtschaft“ finden in gemütlicher Atmosphäre statt und sollen helfen, persönliche und berufliche Kontakte zu erweitern.

