



# **Innovationsradar 2017**

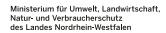
# Materialien, Materialeffizienz und Ressourcenwirtschaft















# Materialien, Materialeffizienz und Ressourcenwirtschaft

Das Innovationsradar des Kompetenznetzwerks Umweltwirtschaft.NRW präsentiert aktuelle Innovationen aus den Jahren 2016 und 2017 einschließlich ihrer Einordnung zu Marktpotenzial und NRW-Relevanz. Das Marktpotenzial ist eine zusammengesetzte Größe, die u.a. auf die Wirtschaftlichkeit, die Marktgröße und die Exportchancen des neuen Verfahrens oder Produktes Bezug nimmt, wogegen für die NRW-Relevanz insbesondere die erforderlichen Kompetenzen bei in NRW ansässigen Unternehmen und/oder Forschungseinrichtungen vorhanden sein müssen. (Weitere Hinweise zur Methodik am Ende dieses Dokumentes.)

Das vorliegende Innovationsradar befasst sich mit erfolgversprechenden Ansätzen im Bereich der Materialien, Materialeffizienz und Ressourcenwirtschaft. In der nachfolgenden Grafik ist das jeweilige Marktpotenzial auf einer Skala von 0% (kein Potenzial) bis 100% (höchstes Potenzial) von unten nach oben, die NRW-Relevanz von links nach rechts abgebildet. Von besonderem Interesse sind die Innovationen im grün hinterlegten Bereich der Grafik, da hier Marktpotenzial und NRW-Relevanz stark ausgeprägt sind. Im blauen Bereich stellt sich dagegen mindestens einer der beiden Aspekte deutlich schwächer dar, so dass von einer Auswahl abgesehen wurde.

Insgesamt wurden 33 Innovationen im Zeitraum von April 2016 bis Mai 2017 einer Bewertung unterzogen. Die erfolgversprechendsten, auch in der Abbildung namentlich ausgewiesenen Innovationen werden im Folgenden genauer beschrieben. Sie sind nach den Themengruppen nachhaltige Materialien, effiziente Materialnutzung und Ressourcenwirtschaft gegliedert.



# Innovationsradar 2017

**Marktpotenzial** 



Erhebung und Auswertung: Fraunhofer ISI, 2017

**NRW-Relevanz** 

| Thema                       | Seite |                          |     |
|-----------------------------|-------|--------------------------|-----|
| CO <sub>2</sub> -Kunststoff | 4     | Energiespar-Klinker      | . 6 |
| Gras-Dämmung                | 4     | Metallfiltertextil       | 6   |
| Casein-Textilfaser          | 4     | Schüttgutsortierung      | . 6 |
| Apfel-Batterien             | 5     | Bauschuttrecycling       | . 7 |
| Rübenschnitzel-Werkstoffe . | 5     | Schredder-Fraktionierung | . 7 |
| Terpen-Kunststoffe          | 5     | Bioabfall-Sauger         | . 7 |
| Getriebe-Stethoskop         | 6     | Biomasse-Zersetzung      | . 7 |



# Nachhaltige Materialien

## **Q** CO₂-Kunststoff

Die Freisetzung von Kohlendioxid ( $\mathrm{CO_2}$ ) ist eine der Hauptursachen für den Klimawandel. Ein Ansatz, um diesen Ausstoß zu reduzieren, sieht vor,  $\mathrm{CO_2}$  als Rohstoff für die Herstellung von Materialien zu verwenden statt es in die Atmosphäre zu emittieren. Im vorliegenden Verfahren wird  $\mathrm{CO_2}$  als Ausgangssubstanz für die Erzeugung von Polyolen verwendet, welche typischerweise Eingang in die Herstellung von Polyurethan-Produkten wie Matratzen oder Dämmstoffen finden. Da bei der Synthese des Polyols viel Energie frei wird, muss für den Einbau des  $\mathrm{CO_2}$  keine zusätzliche Energie zugeführt werden (was in anderen Fällen den Vorteil der Verwendung von  $\mathrm{CO_2}$  als Rohstoff relativiert). Im Moment zielt die Forschung darauf ab, die Substituierung konventioneller Polyole durch  $\mathrm{CO_2}$ -basierte weiter voranzutreiben, um ein breiteres Angebot entsprechender Kunststoffe zu erreichen.

Die Verfahrenstechnik funktioniert im Pilotmaßstab schon, muss aber noch auf den industriellen Maßstab hochskaliert werden. Der erzeugte Kunststoff ist ein Massenkunststoff, woraus sich ein großes Marktpotenzial ableiten lässt. Sowohl Forschungsinstitute als auch entsprechende Unternehmen sind in NRW ansässig.



#### **Gras-Dämmung**

Die Wärmedämmung von Gebäudehüllen ist eine der effektivsten Maßnahmen, um den Energieverbrauch und die damit einhergehende Klimaschädigung zu reduzieren. Dabei erfordert der Herstellungsprozess des Dämmmaterials selbst bislang einen erheblichen Einsatz an nicht erneuerbaren Rohstoffen und Energie. Eine umweltfreundlichere Alternative besteht im Einsatz erneuerbarer Rohstoffe. Das Gras Miscanthus weist eine Porenstruktur auf, die für Isoliermaterial ideal ist. Werden Miscanthus-Partikel in ein Bindemittel eingebracht, welches vor Feuchtigkeit schützt und das Aufbringen auf eine Hauswand ermöglicht, resultiert eine Dämmschicht, die um ein Mehrfaches effektiver ist als Styropor. Der nächste Entwicklungsschritt besteht darin, auch das Bindemittel aus nachwachsenden Rohstoffen herzustellen.

Noch befinden sich das Material und das dazu gehörige Verarbeitungsverfahren in der Pilotphase. Sobald es aber in der praktischen Anwendung funktioniert, dürfte das Marktpotenzial hoch sein. Ein in diesem Bereich tätiges Forschungsinstitut sowie ein entsprechendes Unternehmen sind in NRW zu finden.

### **Casein-Textilfaser**

Unabhängig davon, ob Textilfasern auf der Basis von Kunststoff- oder pflanzlichen Fasern hergestellt werden, nimmt ihre Produktion Primärrohstoffe in Anspruch. Der Rückgriff auf Sekundärrohstoffe, das heißt die Wiederverwendung von Abfällen, könnte hier Abhilfe schaffen. Im vorliegenden Fall wird auf Basis von aus Abfallmilch gewonnenem Casein durch Hitzeeinwirkung und ohne zusätzliche Chemikalien (z.B. Formaldehyd) eine Textilfaser hergestellt, die leicht färbbar, schwer entflammbar, antibakteriell und antiallergen ist. Dies macht die Casein-Textilfaser vielfältig einsetzbar sowie nachhaltig. Durch die Weiterentwicklung des Herstellungsverfahrens werden laufend Textilvarianten mit zusätzlichen Anwendungsbereichen erschlossen

Die innovative Textilfaser steht kurz vor der Markteinführung. Ihr Einsatz verspricht bei der Produktion in großem Stil wirtschaftlich zu sein. Hinsichtlich des Marktpotenzials steht sie in Konkurrenz zu einer Vielzahl weniger nachhaltiger Alternativen.



#### Apfel-Batterien

Batterien werden im Energiesystem der Zukunft eine wichtige Rolle spielen. Im stationären Bereich werden dabei aller Voraussicht nach Natrium-Ionen-Batterien eine vielversprechende Alternative zu den aktuell vorherrschenden Li-Ionen- und NiMH-Batterien darstellen. Die Aktivmaterialien für die negative Elektrode dieses Batterietyps können jetzt kostengünstig und nachhaltig aus Apfelabfällen gewonnen werden. Außerdem wurde für die positive Elektrode ein Aktivmaterial gefunden, das ohne den Einsatz des umweltschädlichen Elementes Kobalt auskommt.

Noch befinden sich die Natrium-Ionen-Batterien in der Entwicklung. Sollten sich die in sie gesetzten Erwartungen erfüllen, dann dürfte daraus auch ein Marktpotenzial für das vorgestellte Kathodenmaterial resultieren.

#### Rübenschnitzel-Werkstoffe

Rübenschnitzel fallen als Nebenprodukt der Zuckerherstellung an und werden derzeit überwiegend energetisch oder als Tierfutter verwertet. Um eine höherwertige Ressourcennutzung zu erreichen, wird der Einsatz als Rohstoff für die Herstellung verschiedener Kunststoffe und Verbundwerkstoffe untersucht. Konkret geht es um die Konditionierung der Rübenschnitzel im aus der Holzstoffproduktion bekannten Refiner sowie die Verwendung des Ergebnisses bei der Herstellung von Mulchfolien in der Landwirtschaft. Sollten sich diese Ansätze als umsetzbar erweisen, könnten auf diese Weise nicht erneuerbare Rohstoffe eingespart werden.

Diese technische Neuerung ist noch ein Stück von der Marktreife entfernt und muss ihre Umsetzbarkeit noch erweisen. Sollte ihr dies in nennenswertem Umfang gelingen, erschlösse sich ein entsprechend großes Marktpotenzial. In NRW finden sich sowohl Forschungsinstitute als auch Unternehmen, die in diesem Bereich aktiv sind.

## **▼** Terpen-Kunststoffe

Wenn die Rohstoffe zur Herstellung von Kunststoffen aus Abfällen gewonnen werden können, dann spart dies entsprechende Primärrohstoffe ein. Terpene lassen sich aus Abfallstoffen der Zellstoff- und Fruchtsaftherstellung gewinnen. Sie sind gleichzeitig Ausgangsstoff für die Herstellung des Hochleistungskunststoffs PLimC, eines Polycarbonats, welches für verschiedene Anwendungen (Folien, Textilien, Klebstoffe) maßgeschneidert synthetisiert werden kann. Eine herausragende Eigenschaft dieser Kunststoffklasse ist etwa die hohe Durchsichtigkeit. Weitere Vorteile sind der mögliche Verzicht auf umweltschädliche Additive und die biologische Abbaubarkeit.

Wenn sich die aktuell im Laborstadium befindliche Innovation als in der weiteren Entwicklung erfolgreich und wirtschaftlich umsetzbar erweist, könnte daraus ein Marktpotenzial im Bereich der Kunststofffolien und -textilien resultieren.





# Materialeffizienz

#### **Getriebe-Stethoskop**

Getriebe sind mechanische Einrichtungen, mit denen Kräfte übertragen werden. Daher verschleißen sie im Laufe der Zeit, was zu Funktionsmängeln bis hin zum Ausfall führt. Durch regelmäßige Inspektionen und vorsorglichen Austausch von Verschleißteilen wird versucht, diesen Fehlfunktionen entgegenzuwirken. Allerdings führt der vorsorgliche Austausch zu einem deutlich höheren Ressourcenaufwand als ein Austausch, der sich am tatsächlichen Zustand orientiert. Der aktuelle Verschleißzustand von Lagern und Getrieben aller Art schlägt sich in Schwingungsmustern nieder. Werden diese kontinuierlich gemessen und mit entsprechenden Ausgangs- und Referenzzuständen verglichen, lässt sich daraus der aktuelle Zustand ermitteln. Dadurch werden Ressourcen gespart und ein verschleißbedingtes Versagen zuverlässig vermieden.

Die Technologie funktioniert und ist in der Praxis einsetzbar. Ihr Einsatz erfordert Vorab-Investitionen, die sich aber vor allem bei großen Anlagen rechnen. Das Marktpotenzial ist groß, da eine Vielzahl kostspieliger Anlagen damit ausgerüstet werden kann.

#### **▼** Energiespar-Klinker

Gemahlene Zementklinker sind der Hauptbestandteil (ca. 75%) von handelsüblichem Zement. Dabei ist das Brennen der Klinker der Hauptgrund für die hohe Energieintensität und stellt damit einen Großteil der klimaschädigenden Wirkung der Zementherstellung dar. Durch Zugabe gemahlenen, ungebrannten Kalksteins kann bei der Zementherstellung der Klinkeranteil auf 50% und durch zusätzliche Beimischung von Hüttensand noch weiter reduziert werden, was eine entsprechende Senkung des Energieaufwandes zur Folge hat.

Gewisse Herausforderungen bei der Dauerhaftigkeit der innovativen Zemente müssen noch bewältigt werden; dann können sie in großem Maßstab wie herkömmlicher Zement verwendet und hergestellt werden. An dieser Entwicklung ist ein Unternehmen aus NRW beteiligt.

# Innovationen der Ressourcenwirtschaft

#### Metallfiltertextil

Mit Schwermetallionen kontaminierte Abwässer sind eine typische Begleiterscheinung einer großen Zahl von Industriebetrieben. Ein mit einer Polyelektrolytschicht funktionalisiertes Polyestergewebe kann in diesem Zusammenhang dazu verwendet werden, diese Ionen spezifisch zu binden. Mit entsprechenden Schwermetallionen belastetes Abwasser kann durch ein solches Gewebe hindurch geleitet und damit gereinigt werden. Ist die Bindekapazität erschöpft, kann das Gewebe getrocknet und verbrannt werden; die gebundenen Metalle können dann aus der Asche wiedergewonnen werden. Mit dieser technischen Entwicklung kann also nicht nur Abwasser von enthaltenen Schwermetallen gereinigt, sondern diese Schwermetalle auch zurückgewonnen werden.

Dieses Verfahren wird bereits in Einzelfällen angewendet. Sein Marktpotenzial erscheint angesichts der Vielzahl der entsprechenden Abwässer groß, hängt aber von den spezifischen Umständen des Einzelfalls ab. Diese Entwicklung wird von einem Forschungsinstitut und Unternehmen in NRW betrieben.



#### Schüttgutsortierung

Die Sortierung von Schüttgut aller Art ist Grundlage für das Recycling und, in diesem Zusammenhang, der möglichst hochwertigen Verwertung der entsprechenden Abfall- oder Sekundärrohstoffflüsse. Im hier vorgestellten Verfahren wird die Sortierung mittels optischer Erkennung und Druckluft dadurch verbessert, dass das Schüttgut auf dem Sortierband aus verschiedenen Perspektiven und unter Berücksichtigung seines Bewegungsverhaltens analysiert wird. Dadurch erfolgt die Sortierung schneller und effizienter.

Sollte sich die von dieser Entwicklung erhoffte Steigerung der Leistungsfähigkeit bestätigen und darüber eine wirtschaftliche Umsetzung möglich sein, dann wird daraus aufgrund der vielseitigen Einsatzmöglichkeiten sicher ein substanzielles Marktpotenzial erwachsen. An dieser Entwicklung sind auch Forschungsstätten aus NRW beteiligt.



### Bauschuttrecycling

Wo es die Umstände zulassen, wird der beim Abriss von Gebäuden oder der Grundsanierung von Straßen anfallende Bauschutt schon heute so weit wie möglich recycelt. Allerdings ist das Recycling bislang auf Schuttfraktionen mit einem Durchmesser von mehr als 2 mm beschränkt. Mit einem neuen Verfahren kann auch feinkörniger Bauschutt mit Partikeldurchmessern kleiner als 2 mm Durchmesser sortiert werden. Dabei werden Problemstoffe (z.B. Gips) ausgeleitet und die anderen Fraktionen zu verschiedenen Vorprodukten (z.B. für Zementherstellung oder Granulate für "leisen" Asphalt) weiterverarbeitet. Durch die Onsite-Anwendung dieses Recyclingverfahrens werden zusätzlich Transportwege eingespart.

Die Umsetzbarkeit dieses Konzeptes wird gegenwärtig an einer Pilotanlage getestet. Sollte der Test und die weitere Hoch-Skalierung erfolgreich verlaufen, ist ein großes Marktpotenzial zu erwarten. An der Entwicklung sind Forschungsinstitute aus NRW beteiligt.

### Schredder-Fraktionierung

Beim Schreddern von Autos und Elektrogeräten werden verschiedene Fraktionen voneinander getrennt, in denen unterschiedliche Sekundärrohstoffe enthalten sind, die dann einer anschließenden Aufreinigung unterzogen werden müssen. Je besser diese Aufreinigung gelingt, desto höher ist der tatsächlich erreichbare Recyclinggrad und die dadurch erzielbare Schonung der Primärressourcen. Mit der vorliegenden technischen Neuerung kann durch die sortenreine Trennung von in der Schredder-Leichtfraktion enthaltenen Kunststoffen ein zusätzliches stoffliches Verwertungspotenzial erschlossen werden. Relevante Kunststofffraktionen werden dabei durch laserinduzierte UV-Fluoreszenzspektroskopie erkannt. Die identifizierten Partikel werden dann mittels Düsen in die jeweilige Sortierstufe ausgeblasen.

Auch hier handelt es sich um einen Forschungsprozess im Pilot-Stadium. Sollten die in das Verfahren gesetzten Erwartungen bestätigt werden, ist das resultierende Marktpotenzial beachtlich.

### Bioabfall-Sauger

Abfälle und Reststoffe in Anlagen der Lebensmittelindustrie werden normalerweise mit Wasser ausgespült, wodurch große Mengen an Wasser verbraucht und anschließend gereinigt werden müssen. Erfolgt die Reinigung der Anlagen und Entsorgung der Reststoffe mittels Vakuum-Saugverfahren, dann wird deutlich weniger Wasser verbraucht und es muss folglich weniger Abwasser gereinigt werden. Außerdem können die gesammelten Abfälle durch ihren geringeren Wasseranteil effektiver und wirtschaftlicher entsorgt oder aufbereitet werden.

Obwohl die Vakuumtechnologie selbst nicht neu ist, muss sie im Rahmen von Pilotverfahren an den neuen Anwendungskontext angepasst werden. Erst danach sind Aussagen zur Wirtschaftlichkeit möglich. Die Marktpotenziale sind kleinteilig und schwanken je nach konkretem Anwendungsbereich. Forschungsinstitute und Unternehmen aus NRW sind an der Entwicklung beteiligt.

### Biomasse-Zersetzung

Um aus Biomasse in der chemischen Industrie verwendbare Rohstoffe herzustellen, muss sie zunächst in ihre Bestandteile aufgeschlossen werden. Dazu werden geeignete Katalysatoren benötigt. Das vorliegende Forschungsprojekt befasst sich mit der Entwicklung und Bereitstellung solcher Katalysatoren für die Aufspaltung von Cellulose aus diversen Bioabfallquellen. Ziel ist die Gewinnung von Zucker, welcher zu Alkoholen und anderen Chemierohstoffen weiterverarbeitet werden kann. Durch die Verwendung von Abfällen gelingt es, Chemierohstoffe aus erneuerbaren Quellen zu gewinnen, ohne dass es zu einer Konkurrenz mit der Produktion von Lebensmitteln kommt.

Diese technische Neuerung befindet sich in einem relativ frühen Forschungsstadium. Bei aller damit verbundener Unsicherheit ist ihr Marktpotenzial hoch, da der Bedarf an nachhaltig gewonnenen Rohstoffen auch in der chemischen Industrie steigen wird. Auch an dieser Entwicklung ist eine in NRW ansässige Universität beteiligt.

# Anhang: Methodik und Durchführung

Im Kompetenznetzwerk Umweltwirtschaft.NRW werden jährlich Innovationsradare für alle Teilmärkte der Umweltwirtschaft erarbeitet. Die aktuelle Liste der Umweltinnovationen bildet die Grundlage neuer Themen, für die das Netzwerkmanagement innerhalb von NRW interessierte Akteure ausfindig macht und mit diesen dann Thementische oder Innovationsforen veranstaltet. Ziel dieser Aktivitäten ist es, relevante Akteure zusammenzubringen, den Informationsaustausch zwischen ihnen zu fördern und durch ihr Zusammenwirken die Weiterentwicklung und Verbreitung der Innovationen zu unterstützen. Dabei werden Synergien zwischen den Teilnehmern genutzt, um gemeinsam Hindernisse für die Weiterentwicklung der Innovationen zu identifizieren und anschließend aus dem Weg zu räumen.

Mit Hilfe des Innovationsradars werden technische Neuerungen ermittelt, die bereits beforscht werden, aber noch mehr oder weniger weit von einer breiten Umsetzung in der Praxis und auf den Märkten entfernt sind. Ungeachtet der später noch zu lösenden Frage, wie die Verbreitung unterstützt werden kann, besteht hier die Herausforderung, zunächst die fraglichen Innovationen mit hohem Potenzial ausfindig zu machen. Dazu führt das Netzwerk¬management in den umweltrelevanten Technologiebereichen ein Screening von Fachzeitschriften und einschlägigen Fachkonferenzen nach Beiträgen bzw. Themen durch, die

- neu und in der Wirtschaft nicht schon in ähnlicher Form repräsentiert sind.
- wiederholt auftreten und damit eine gewisse technischinnovative Relevanz signalisieren und
- der Natur des Kompetenznetzwerks entsprechend, eine deutliche Umweltrelevanz erkennen lassen.

Weitere interessante Informationsquellen sind öffentliche Wettbewerbe, die innovative Umwelttechnologien herausstellen und fördern sowie Interviews mit Experten in den jeweiligen Forschungsgebieten und die Öffentlichkeitsarbeit einschlägiger Forschungsinstitute. Der Fokus unserer Recherchen liegt dabei vor allem, aber nicht ausschließlich, auf in Deutschland erforschten und weiterentwickelten Innovationen.

Alle identifizierten Innovationen werden im Anschluss bewertet, wobei anhand verschiedener, entsprechend aggregierter Kriterien sowohl ihr Marktpotenzial als auch ihre Relevanz für NRW beurteilt wird.

Die Kriterien zur Beurteilung des **Marktpotenzials** sind:

- Wichtig für die Abschätzung des Marktpotenzials ist zunächst das Volumen des Marktes (in Mio. Euro), der mit der Innovation adressiert werden kann, sowie der Zeitpfad, über den dieses Volumen erreicht werden kann.
- Das gesamte Marktvolumen hängt außerdem davon ab, ob und in welchem Umfang für die Innovation **Exportchancen** bestehen. Je größer der im Ausland erzielbare Marktanteil ist, desto größer ist das gesamte Marktvolumen. (Ein hohes Marktvolumen ist auch deswegen von Vorteil, da sich eine kritische Masse an Akteuren aus NRW engagieren kann und die Entstehung von Netzwerken ermöglicht wird).

- In einem deutlichen Zusammenhang mit dem Marktpotenzial steht die Frage der Wirtschaftlichkeit. Ist die Innovation, wenn sie auf den Markt kommt kostengünstiger als die bestehende Alternative, dann ist das Potenzial größer als im umgekehrten Fall. (Entscheidend ist, dass beide Alternativen die gleichen umweltpolitischen Anforderungen erfüllen; siehe Politische Rahmenbedingungen)
- Vor dem Hintergrund endlicher Ressourcen und wachsender Herausforderungen steigen die Anforderungen an Umweltinnovationen kontinuierlich. Daher kann auf Dauer ein umso größeres Marktpotenzial erwartet werden, je besser die **Umweltperformance** ist.
- Schließlich beeinflusst auch der Grad der Innovativität das Marktpotenzial dahingehend, dass im Erfolgsfall mehr Konkurrenten verdrängt werden und sich dadurch für die Innovation ein größerer Markt eröffnet.

Die Kriterien zur Beurteilung der NRW-Relevanz sind:

- Innovationen wirken sich auf eine Region und ihre Bewohner besonders dann positiv aus, wenn einheimische Unternehmen von dem resultierenden Marktpotenzial profitieren. Die Ansässigkeit der die Innovation vorantreibenden Unternehmen in NRW ist dafür eine Voraussetzung. Gleiches gilt für entsprechend spezialisierte Forschungsinstitute und Wissenschaftsstandorte, die die Unternehmen unterstützen.
- Wie hoch die Erfolgsaussichten der Unternehmen und sie unterstützenden Forschungseinrichtungen in NRW sind, hängt von ihrer innovationsorientierten Leistungsfähigkeit ab, die u.a. anhand der Anzahl von Patentanmeldungen ermittelt wird.
- Die Innovationen dürfen weder zu weit von der Marktreife entfernt noch zu marktnah sein, da sonst entweder die Umsetzung in einem relevanten Zeithorizont wenig wahrscheinlich oder schon weitgehend abgeschlossen ist (Da dieser Parameter eine regional spezifische Ausprägung aufweisen kann, ist er der NRW-Relevanz zugeordnet).
- Schließlich stellen gerade im Zusammenhang mit Umweltinnovationen die politischen Rahmenbedingungen einen wichtigen Kontextund Wettbewerbsfaktor dar. So sind anspruchsvolle Umweltstandards bspw. in Form niedriger Emissionsgrenzwerte gerade zu Beginn nicht nur eine Herausforderung für die betroffenen Unternehmen, sondern auch für die (meist lokalen) Entwickler entsprechender Lösungen, die daraus einen Wettbewerbsvorteil ableiten.

Die Ergebnisse des Innovationsradars sind in der Abbildung nach den Dimensionen Marktpotenzial und NRW-Relevanz differenziert dargestellt. Von besonderem Interesse sind die Innovationen (im grün hinterlegten Bereich der Grafik), für die Marktpotenzial und NRW-Relevanz stark ausgeprägt sind. Im blauen Bereich fällt dagegen mindestens einer der beiden Aspekte deutlich schwächer aus, so dass in diesen Fällen von einer expliziten, detaillierteren Darstellung abgesehen wurde.



Kompetenznetzwerk Umweltwirtschaft.NRW Graeffstraße 5 · 50823 Köln

info@knuw.nrw www.knuw.nrw Ansprechpartner Materialien, Materialeffizienz und Ressourcenwirtschaft Oliver Lühr

+49 160-8829080 luehr@knuw.nrw