



Auf dem Weg in die digitale zirkuläre Wirtschaft

**Readiness, Chancen und Herausforderungen für die
Industrie in NRW**

SCI4climate.NRW steht für die wissenschaftliche Begleitung der Industrietransformation. Das Ministerium für Wirtschaft, Industrie, Klimaschutz und Energie des Landes Nordrhein-Westfalen (MWIKE) hat Ende 2022 das Wuppertal Institut, das Fraunhofer-Institut für Umwelt-, Sicherheits- und Energietechnik UMSICHT, das Institut der deutschen Wirtschaft, die VDZ Technology gGmbH und die VDEh-Betriebsforschungsinstitut GmbH (BFI) beauftragt, Transformationspfade für den klimaneutralen Umbau der Industrie in Deutschland zu erforschen. Nordrhein-Westfalen dient dabei als Modellregion. Die Forschung baut auf den Ergebnissen des Vorgängerprojekts SCI4climate.NRW 2018-2022 auf. Die Institute stehen in engem Austausch miteinander und mit Industrie und Politik in der Initiative IN4climate.NRW.



Bibliographische Angaben

Herausgeber: SCI4climate.NRW
Veröffentlicht: September 2024
Autor:innen: Holger Berg, Jan Büchel, Fabian Maus, Adriana Neligan, Stephan Ramesohl
Kontakt: holger.berg@wupperinst.org, neligan@iwkoeln.de
Bitte zitieren als: Berg, Holger; Büchel, Jan; Maus, Fabian; Neligan, Adriana; Ramesohl, Stephan, 2024: Auf dem Weg in die digitale zirkuläre Wirtschaft - Readiness, Chancen und Herausforderungen für die Industrie in NRW. Ein Bericht von SCI4climate.NRW.

Inhaltsverzeichnis

| | |
|--|----|
| Inhaltsverzeichnis | 3 |
| Abbildungsverzeichnis | 4 |
| Tabellenverzeichnis | 4 |
| Zusammenfassung | 5 |
| 1 Einführung | 6 |
| 1.1 Relevanz einer Circular Economy | 6 |
| 1.2 Digitale Circular Economy..... | 8 |
| 2 Ausgangslage: NRW als Industriestandort bedarf der Circular Economy | 11 |
| 2.1 Die wirtschaftliche Perspektive: Treiber aus dem direkten Umfeld des zirkulären bzw. nachhaltigen Wirtschaftens..... | 11 |
| 2.2 Die technologische Perspektive: Neue Möglichkeiten durch die Weiterentwicklung der digitalen Transformation | 12 |
| 2.3 Die politisch-regulatorische Perspektive: Verpflichtungen aus neu verabschiedeten Regulierungen | 14 |
| 2.4 Qualitätsnachweise, Konformitätserklärungen, Safety-Data-Sheets etc.: Möglichkeiten einer vereinfachten Vorhaltung verpflichtender Informationen aus verwandten Bereichen..... | 14 |
| 3 Empirie: Readiness der Industrie in NRW | 16 |
| 3.1 Circular Economy Readiness..... | 16 |
| 3.1.1 Wege zu einem zirkulären Geschäftsmodell | 16 |
| 3.1.2 Wirtschaftliche, technologische und regulatorische Treiber für ein zirkuläres Produktangebot | 17 |
| 3.1.3 Ökodesign Compliance: zirkuläre Produkteigenschaften..... | 18 |
| 3.1.4 Dienstleistungen für eine Circular Economy | 21 |
| 3.2 Data Economy Readiness | 23 |
| 3.3 Intensität des Data Sharing | 26 |
| 4 Wege zu einer digitalen Circular Economy: Handlungsempfehlungen für eine NRW-Strategie | 30 |
| 4.1 Ausgangslage: Digitales zirkuläres Wirtschaften für NRW | 30 |
| 4.1.1 Politik und Regulierung | 30 |
| 4.1.2 Wirtschaftliche Entwicklung..... | 30 |
| 4.1.3 Sozio-kulturelle Aspekte | 30 |
| 4.1.4 Ökologisch-geografisch | 31 |
| 4.1.5 Digital-zirkuläres Wirtschaften muss zentraler Bestandteil nordrhein-westfälischer Standortpolitik sein | 31 |
| 4.2 Handlungsbedarf – wo stehen wir in NRW?..... | 31 |
| Literaturverzeichnis | 35 |

Abbildungsverzeichnis

| | |
|---|----|
| Abbildung 1: Aktuelle Treiber auf dem Weg in die digitale Kreislaufwirtschaft | 11 |
| Abbildung 2: Unternehmerische Ansätze, um die Kreislaufführung stärken..... | 17 |
| Abbildung 3: Motive für ein zirkuläres Angebot an Produkten und Diensten | 18 |
| Abbildung 4: Circular Economy Readiness: Relevanz von zirkulären Produkteigenschaften | 19 |
| Abbildung 5: Dienstleistungen für eine Circular Economy | 22 |
| Abbildung 6: Data Economy Readiness in Deutschland..... | 24 |
| Abbildung 7: Gespeicherte Produktdaten | 25 |
| Abbildung 8: Intensität des Data Sharing in Deutschland..... | 27 |
| Abbildung 9: Geteilte Produktdaten..... | 28 |

Tabellenverzeichnis

| | |
|--|----|
| Tabelle 1: Einsatzmöglichkeiten digitaler Technologien für die 10R-Strategien..... | 13 |
|--|----|

Zusammenfassung

Nordrhein-Westfalen ist durch seine starken Industriezweige einer der wichtigsten und wirtschaftlich bedeutendsten Standorte in Deutschland. Aufgrund der Transformation hin zu einer nachhaltigen und klimaneutralen Wirtschaft stehen aber gerade diese Sektoren in NRW zunehmend unter Druck, da sie einen hohen Energie- sowie Ressourcenverbrauch aufweisen. Hier setzt das Konzept der digitalen zirkulären Wirtschaft, oder auch digitale Circular Economy, an. Dabei handelt es sich um die Transformation des aktuell linearen Wirtschaftsmodell hin zu einer ressourcenschonenden energieeinsparenden Kreislaufwirtschaft, die mit Hilfe digitaler Technologien ermöglicht wird. Der Digitalisierung kommt eine besondere Bedeutung zu, da sie Zirkularität nicht nur messbar macht, sondern zirkuläre Strategien in komplexen Wertschöpfungsketten überhaupt erst ermöglicht.

Dieses Papier untersucht die aktuelle Ausgangslage NRWs als Industriestandort im Hinblick auf eine solche digital-zirkuläre Transformation. Dabei werden Treiber der digitalen Kreislaufwirtschaft beleuchtet und die Circular Economy Readiness als auch die Data Economy Readiness analysiert. Es zeigt sich, dass Unternehmen im Bezug zur Circular Economy Readiness häufig eher inkrementelle statt disruptiver Anpassungen vornehmen. Zirkuläre Dienstleistungen, die z.B. Sharing- oder Mietmodelle umfassen, spielen bisher noch keine prominente Rolle. Bezüglich der Data Economy Readiness zeigt sich großes Potenzial beim adäquaten Nutzen der Daten, wobei die Datenspeicherung schon weitgehend digitalisiert ist. Insbesondere das Data-Sharing ist ein wesentlicher Bestandteil eines digital gestützten zirkulären Wirtschaftens, hier zeigen sich in der Untersuchung jedoch noch deutliche Defizite.

Damit die Transformation zu einer ressourcen- und klimaschonenden Industrie in NRW mit digital-zirkulärem Wirtschaften gelingt, werden Handlungsempfehlungen vorgeschlagen. Diese betreffen u.a. Leitprojekte und Initiativen in Schlüsselbereichen, die Einrichtung einer NRW-Koordinierungsstelle als Spiegelinstanz zu nationalen Institutionen, die Mobilisierung und Vernetzung der Wirtschaftsakteure, Aufbau und Skalierung eines Datenökosystems sowie die umfängliche Nutzung des Hochschul- und Bildungsstandort NRW, um eine Forschungs- Innovations- und Qualifikationsoffensive für eine „Digitale Circular Economy“ zu starten.

1 Einführung

1.1 Relevanz einer Circular Economy

Die Circular Economy (CE) beschreibt einen wirtschaftlichen Rahmen, der darauf abzielt, lineares durch zirkuläres Wirtschaften zu ersetzen, indem Produkt- und Materiallebenszyklen geschlossen werden und in Kreisläufe übergehen. Das Konzept von Abfall oder Reststoffen, die in linearen wirtschaftlichen Systemen bspw. verbrannt oder deponiert werden und dadurch aus dem Kreislauf ausscheiden, wird durch die Kreislaufführung ersetzt (Kirchherr et al., 2017). Der damit einhergehende Paradigmenwechsel in den Produktions- und Konsummustern erfordert aufgrund der ganzheitlichen Transformation ein Zusammenwirken technischer, sozialer und systemischer Innovationen (BMUV, 2024).

Kreisläufe von Ressourcen und/oder Produkten lassen sich in Unternehmen auf verschiedene Weisen umsetzen. Strategien der CE sind dabei unter anderem, dass Unternehmen besonders langlebige Produkte entwickeln, oder der übliche Vertrieb durch Mietmodelle ergänzt oder ersetzt wird. Durch Produktdesign werden ressourceneffiziente und schadstoffarme Produkte konzipiert, die sich leicht reparieren und technisch aktualisieren lassen. Dies bedeutet, dass CE bereits bei der Planung bzw. der Entwicklung von Materialien und Produkten ansetzen muss. Innerhalb einer vollumfänglichen CE werden zudem neue Produkte außerdem standardgemäß mittels aus Abfällen zurückgewonnener Sekundärmaterialien (schadstoffarme Rezyklate) hergestellt (BMUV, 2024).

Unternehmen können ihre Geschäftsmodelle also komplett neu ausrichten, indem sie statt dem klassischen Verkauf von Produkten zu nutzenorientierten Ansätzen wie Teilen oder einer zeitlich begrenzten Übergabe von Produkten übergehen. Besonders relevant werden hierfür zirkuläre Geschäftsmodelle, die Werte der Produkte und der enthaltenen Ressourcen so lange wie möglich erhalten, Ressourcen schonen und dabei die Wettbewerbsfähigkeit sichern. Das bedeutet, dass zirkuläre Geschäftsmodelle strategisch darauf ausgerichtet sind, Kreisläufe zu ermöglichen, zu schließen, zu schaffen und/oder zu verlängern. Die Umsetzung zirkulärer Geschäftsmöglichkeiten auf Basis solcher Strategien steht in der Praxis jedoch laut Lichtenthäler/Neligan (2023) erst am Anfang: Mehr als ein Drittel des Verarbeitenden Gewerbes in Deutschland hat bislang keine zirkuläre Strategie. Nur jedes vierte Unternehmen des deutschen Verarbeitenden Gewerbes verfolgt ganzheitlich alle zirkulären Strategien. Ein weiteres Viertel konzentriert sich auf eine zirkuläre Strategie. Dabei sind Unternehmen, die bereits umfassend zirkuläre Strategien verfolgen, weiter und erfolgreicher als Unternehmen ohne zirkuläre Strategien (Lichtenthäler/Neligan, 2023). Der Übergang zu einer Circular Economy erfordert zudem Kooperationen im Wertschöpfungsnetzwerk. Eine hierfür zentrale Voraussetzung innerhalb einer zirkulären Wirtschaft ist die Kenntnis über die vorgelagerten Stufen als auch das Wissen über die Auswirkungen des eigenen Handelns auf nachgelagerte Wertschöpfungsstufen (Wilts/Berg 2017). In einer CE erweitert sich die Kundenbetreuung für das Unternehmen über den gesamten Produktlebenszyklus. Nach Verkauf und Nutzung wird die Rückführung von Produkten in ihre Wertschöpfungsketten relevanter, damit die Produkte und ihre Bestandteile und Materialien möglichst lange im Kreislauf geführt werden können (Neligan et al., 2023a).

Die Transformation von der linearen Wirtschaft zur Circular Economy ist aus vielerlei Hinsicht notwendig und sinnvoll. So ist die Circular Economy ein wesentlicher Baustein auf dem Weg zur Klimaneutralität. Bis zu 55 Prozent aller Treibhausgasemissionen werden weltweit auf der Seite von Material- und Produkterzeugung sowie bei deren Nutzung hervorgerufen (UNEP, 2024). Durch eine zeitnahe Implementierung von CE-Maßnahmen in Deutschland ließen sich z.B. nach aktuellen Schätzungen für die energieintensiven Sektoren Stahl, Beton und Zement sowie Kunststoffe, die etwa die Hälfte aller Industrieemissionen hierzulande ausmachen, bis 2030 ca. 25 Prozent niedrigere CO₂-Emissionen erzielen, im Vergleich zu einem Szenario, in dem lediglich die Dekarbonisierung der Primärproduktion forciert wird (Agora Industrie/Systemiq, 2023). Ebenfalls erzeugt der effizientere Umgang mit Ressourcen im Rahmen des zirkulären Wirtschaftens weniger zusätzliche Umweltschädigungen, da die Reduktion von Abfällen, Abwässern und die Abgabe von Giftstoffen (qualitative CE) verringert wird. Eine verlängerte Lebensdauer sowie die Rezyklierung von Komponenten und Materialien sorgen zudem für eine Steigerung der Versorgungssicherheit beispielsweise mit kritischen Materialien (CRMs) im rohstoffarmen Europa, was wiederum mit geringeren Abhängigkeitsverhältnissen von problematischen Lieferbeziehungen einhergeht. Die damit geschaffene Resilienz hat aufgrund geopolitischer Konflikte und Krisen an großer Bedeutung gewonnen.

Aus ökonomischer Sicht würde eine umfänglich implementierte CE ebenfalls positive Effekte mit sich bringen. So könnten beispielsweise die Kosten für den Ausbau erneuerbarer Energien, für den Netzausbau als auch für den Import von Sekundärenergieträgern durch eine CE verringert werden, da diese aufgrund eines niedrigeren Verbrauchs an sekundären Energieträgern folglich die Endenergienachfrage reduzieren kann (Prakash et al., 2023). Zudem können Ressourceneinsparpotenziale in der deutschen Wirtschaft weiter ausgeschöpft werden. Fast jedes zweite Unternehmen glaubt, dass es bei optimaler Nutzung der technischen Möglichkeiten weitere Potenziale freisetzen könnte (Neligan et al., 2021). Insbesondere dort, wo Umweltentlastungen durch eine CE realisiert werden, kann sich eine positive Bruttowertschöpfung sowie ein steigender Arbeitskräftebedarf entwickeln. So schätzt eine Studie von Deloitte und dem BDI (2021), dass die deutsche Bruttowertschöpfung durch eine stärkere zirkuläre Wirtschaft jährlich um ca. 12 Mrd. € steigen würde. Dabei wurde zwischen direkten (5 Mrd. €) und indirekten Effekten (7 Mrd. €) unterschieden, wobei letztere die Wirkungen von vor- und nachgelagerten Branchen, wie z.B. eine höhere Nachfrage nach Transportdienstleistungen, miteinbeziehen. Zusätzlich sieht die Studie aufgrund der erhöhten Wertschöpfung ein Potenzial von ca. 180.000 neuen Arbeitsplätzen. Die Effekte berücksichtigen dabei bereits mögliche wegfallende Wertschöpfung und Beschäftigung etwa aufgrund der schrittweisen Ersetzung des Imports, wohingegen die durch die zusätzliche Beschäftigung steigende Kaufkraft noch nicht eingeflossen ist. Insbesondere dann, wenn die politischen Rahmenbedingungen für eine positive Nachfrageentwicklung in weniger umweltintensive Bereiche gesetzt werden, wird nach Prakash et al. (2023) der gesamtgesellschaftliche Nutzen einer CE die mit der Transformation einhergehenden sozioökonomischen Kosten entscheidend übersteigen. Um CE-Strategien zu stärken und Rebounds zu vermeiden, wird es von großer Bedeutung sein, den Gedanken von zirkulärem Handeln und Leben in breite Schichten der Gesellschaft zu tragen.

Die Stärkung des zirkulären Wirtschaftens ist daher ein wesentlicher Baustein politischer Programme sowohl auf europäischer als auch auf nationaler Ebene. Sie ist ein zentrales Moment des European Green Deal und wird in vielen aktuellen EU-Strategien und -Verordnungen eingefordert bzw. umgesetzt. Dies betrifft unter anderem die Ökodesign-Verordnung (ESPR), die Altfahrzeug-Verordnung, die Verpackungs-Verordnung, die Bauprodukteverordnung, die Textilstrategie und viele weitere. Ein wesentliches Ziel des European Greens Deals, unterstützt von der geplanten Nationalen Kreislaufwirtschaftsstrategie (NKWS) der Bundesregierung, ist es, über eine umweltgerechte Produktgestaltung (Ökodesign) Produkte kreislauffähiger zu machen. Indem bereits bei der Produktentwicklung die Kreislauffähigkeit wie beispielsweise leichteres Recycling, einfache Reparatur, längere Lebensdauer und Ressourceneinsparungen berücksichtigt wird, können im späteren Produktlebenszyklus Kreisläufe geschlossen, neu geschaffen und verlängert werden. Das kann aber auch bestehende Geschäftsmodelle in Frage stellen. Mit den politischen Bestrebungen auf europäischer und nationaler Ebene für eine Circular Economy steht die Industrie in Nordrhein-Westfalen (NRW) nicht nur vor neuen Anforderungen, sondern es eröffnen sich auch unternehmerische Chancen für veränderte oder neue Geschäftsmodelle mit innovativen zirkulären Produkten, Dienstleistungen und Ertragsmodellen. Auch NRW ist hinsichtlich der Circular Economy aktiv. So befindet sich zu diesem Zeitpunkt eine Kreislaufwirtschaftsstrategie für das Bundesland in der Entwicklung und innerhalb der Förderungspolitik finden sich umfangreiche Fördermöglichkeiten beispielsweise im Europäischen Fonds für regionale Entwicklung (EFRE)/Just Transition Fund (JTF) und in der Förderung für das Rheinische Revier. Hinzu kommen zahlreiche Veranstaltungen und Gremien wie der "Runde Tisch zirkuläre Wertschöpfung".

1.2 Digitale Circular Economy

Zahlreiche Studien haben bereits aufgezeigt, dass CE der Digitalisierung bedarf, um in komplexen Wertschöpfungsnetzen zu funktionieren (beispielsweise Wilts/Berg 2017; Neligan et al., 2022). Digitale Technologien können vor allem dazu genutzt werden, um bestehende Barrieren abzubauen, die zirkuläres Wirtschaften bis dato verhindern (OECD, 2006; Berg et al. 2021). Digitalisierung macht Zirkularität nicht nur messbar, sondern auch Ressourceneinsparpotenziale nutzbar. Durch einen höheren Digitalisierungsgrad lässt sich in Unternehmen ein höheres Maß an Ressourceneffizienz erreichen (Neligan et al., 2021).

Dies betrifft beispielsweise eine bessere Versorgung mit bisher fehlenden Informationen u.a. zu Qualität und Leistungsfähigkeit von Sekundärmaterial, aber auch Produktinformationen zur besseren Ermöglichung von den Circular Economy-Strategien wie „Repair“ und „Refurbishment“.¹ Das Schließen dieser Informationslücke führt nicht nur zu mehr Vertrauen in diese Materialien bzw. Produkte, es senkt auch die Transaktionskosten innerhalb der Kreislaufwirtschaft und schafft Transparenz zur Mitigation von Informationsgefällen (Berg et al., 2020). Mithin wird es auch möglich, verlässlichere Informationen zur Verfügbarkeit und zur Versorgungslage mit Sekundärrohstoffen zu erhalten und

¹ Diese und weitere sogenannte R-Strategien bilden zusammen die "10R-Strategien", die ein ganzheitliches Konzept zur Umsetzung und zur Ermöglichung von einer zirkulären Wirtschaft und einer damit einhergehenden maximalen Ressourceneffizienz schaffen, das den gesamten Produktlebenszyklus in den Fokus setzt. Zur detaillierten Darstellung dient Tabelle 1.

eine bessere Wertzumessung zu zirkulären Produkten und Materialien zu erreichen. Dies betrifft sowohl die Wertschätzung für derartige Güter als auch die Ermöglichung eines realistischen Preises, der auf für Produkte und Komponenten gemessenen Leistungsparametern wie beispielsweise Betriebsstunden, Wartungen, Ausfällen oder Sonderereignissen beruht. Für Materialien können solche Informationen beispielsweise die Zusammensetzung, „Substances of Concern“ oder die Einhaltung der Produktionsbedingungen beinhalten.

Hinzu tritt die immer wichtiger werdende Sensibilisierung, Befähigung und Begeisterung der Marktteilnehmenden (Verbraucher*innen, Unternehmen, Behörden und andere staatliche Nachfragende). Vorurteile gegen Produkte der CE können durch eine bessere Informationsversorgung abgebaut werden und damit eine Nachfrageinduzierung fördern. Gleichzeitig kann den Nachfragenden für einen nachhaltigkeitsorientierten Einkauf („Green Procurement“) eine zuverlässige Entscheidungsmöglichkeit gegeben werden. Auch hierfür eignen sich digitale Technologien ideal.

Weitere Möglichkeiten liegen im Bereich der Automatisierung. Dies betrifft die Verbesserung von Sortierprozessen in der Abfalltrennung oder der Fehlererkennung von Produkten zum „Refurbishment“ oder „Remanufacturing“. Auch die Entsorgungsprozesse von Haushalts- und Industrieabfällen lassen sich so verbessern. KI-gestützte Füllstandsmeldungen und Logistik zählen hierzu. In einigen Regionen und Branchen ist beispielsweise der Entsorgungsprozess von Wertstoffen inklusive einer Gratifizierung für liefernde Haushalte weitgehend vollautomatisiert. Die gewonnenen Daten können auch dazu genutzt werden, um regionale Abfallaufkommen genauer zu messen und politische Maßnahmen abzuleiten.²

Die Verfügbarkeit von Daten zur Entwicklung dieser Informationen wird damit zu einem wichtigen Rohstoff und einem zentralen Instrument der Umsetzung von einer Circular Economy. Da die CE eben den gesamten Produkt- und Materiallebenszyklen betrifft und sogar mehrere Zyklen und Wertschöpfungs-systeme überspannen kann, werden demzufolge auch Daten für Informationen aus allen Stationen dieser Zyklen benötigt, die zudem mit den betroffenen Einheiten verfügbar sein müssen. Es entsteht dadurch ein Daten- und Wertschöpfungsnetz, das beispielsweise in einem Datenraum abgebildet werden kann (Ramesohl et al. 2022).

In allen Phasen des Produktlebenszyklus können neue zirkuläre Geschäftsmodelle entstehen. Die Digitalisierung kann disruptive Innovationen, neue Geschäftsmodelle und neuartige Formen der Zusammenarbeit fördern und so den wirtschaftlichen Übergang zu einer CE beschleunigen. Die Einführung zusätzlicher Dienstleistungen für ein Produkt wird umso einfacher, je mehr Daten und digitale Vernetzung vorhanden sind (Neligan et al., 2022). Wir werden im Weiteren aufzeigen, dass die Etablierung des digital-ermöglichten zirkulären Wirtschaftens die nordrhein-westfälische Wirtschaft vor besondere Chancen und Herausforderungen stellt. Sie bietet aber eine wesentliche Gelegenheit für die Umsetzung der Industrietransformation für NRW und für eine zukunftsfähige, resiliente Industrie. Tatsächlich handelt es sich hier um einen Kulminationspunkt der Twin Transition, der

² Es existieren bereits zahlreiche Abhandlungen zur Rolle einzelner Technologien und Technologiebündel für die Circular Economy und die Abfallwirtschaft, vgl. u.a. Berg et al. (2021). Diese Anwendungen sollen daher hier nicht vertieft werden.

Transformation zu einer nachhaltigen und digitalen Wirtschaftsweise. Digitale Transformation und die Transformation zur Circular Economy werden die Wirtschaft in NRW dazu veranlassen, neue digitale Praktiken und Technologien zu nutzen und zu entwickeln. Nordrhein-westfälische Unternehmen werden hierzu aber über die notwendigen Fähigkeiten verfügen müssen.

Vor diesem Hintergrund widmet sich die vorliegende Studie der Frage, wie die Einführung und Umsetzung einer digital-unterstützten Kreislaufwirtschaft für NRW gelingen können. Die Studie stellt hierzu die aktuelle Ausgangslage auf der Basis laufender Entwicklungen in Politik, Wissenschaft und Praxis dar. Dabei werden die Chancen und Herausforderungen auf dem Weg zu einer digital-ökologischen CE vor dem Hintergrund aktueller Gegebenheiten herausgearbeitet. Ein besonderer Fokus wird im dritten Kapitel auf die empirische Untersuchung der Data Economy Readiness und des Data Sharing sowie der Circular Readiness nordrhein-westfälischer Unternehmen im Vergleich zu Gesamtdeutschland gelegt. Aus den gewonnenen Erkenntnissen sollen Notwendigkeiten und Ansatzpunkte für NRW identifiziert und in politische Handlungsempfehlungen übersetzt werden, insbesondere im Hinblick auf die anstehende Entwicklung einer NRW-Kreislaufwirtschaftsstrategie. Abschließend werden politische Empfehlungen abgeleitet, um den Transformationsprozess hin zu einer nachhaltigen und zirkulären Wirtschaft in NRW zu unterstützen.

2 Ausgangslage: NRW als Industriestandort bedarf der Circular Economy

NRW ist für viele Industriezweige einer der wichtigsten und wirtschaftlich bedeutendsten Standorte in Deutschland. Aus der Grundstoffindustrie haben sich vor allem Unternehmen aus der Papier-, Aluminium-, Glas-, Zement-, Stahl- oder Kunststoffindustrie im bevölkerungsreichsten deutschen Bundesland angesiedelt. Weitere Schwerpunktbranchen sind Maschinenbau, Fahrzeugbau und Elektrotechnik. Auch wenn diese Industrien zu einem starken wirtschaftlichen Wachstum und zur Schaffung essenzieller Arbeitsplätze beigetragen haben, gehen sie häufig mit einem hohen Ressourcen- und Energieverbrauch einher. Daraus ergibt sich gerade bei diesen Industrien die Notwendigkeit der Umsetzung des zirkulären Wirtschaftens, damit diese Industriezweige klimaneutral, umweltschonend und zukunftsfähig am Standort NRW erhalten werden können. Es haben zwar alle Branchen die Bedeutung einer nachhaltigeren Wirtschaftsweise erkannt, bezüglich der aktuellen Implementierung ergibt sich jedoch ein sehr differenziertes Bild (Wilts et al. 2022). So haben insbesondere die ressourcenintensiven Branchen bereits mit verschiedenen Initiativen und Aktivitäten reagiert, wohingegen z.B. das Handwerk und damit viele kleinere Betriebe von vielen regulatorischer Vorgaben überfordert sind und sich mit fehlenden Kapazitäten für grundlegende zirkuläre Innovationsprozesse konfrontiert sehen.

Wie schon beschrieben, gibt es sowohl aus einer übergeordneten wirtschafts- und umweltpolitischen Sicht gute Gründe für eine Forcierung der Circular Economy wie auch auf Ebene der Unternehmen selbst. Hinzu kommen weitere unmittelbare Treiber für die digitale Kreislaufwirtschaft, die hier kurz beschrieben werden sollen (Abbildung 1).

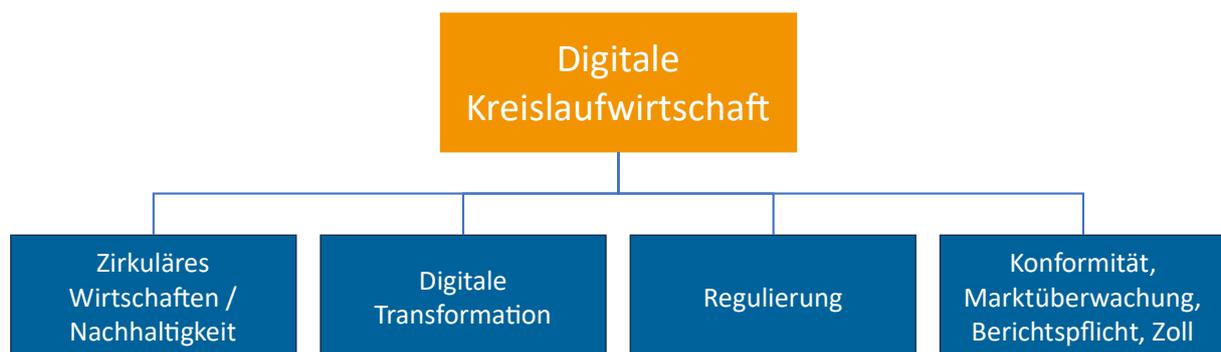


Abbildung 1: Aktuelle Treiber auf dem Weg in die digitale Kreislaufwirtschaft

Quelle: Eigene Darstellung

2.1 Die wirtschaftliche Perspektive: Treiber aus dem direkten Umfeld des zirkulären bzw. nachhaltigen Wirtschaftens

In den vergangenen Jahren haben steigende bzw. stark volatile Kosten für zahlreiche Primärmaterialien sowie eine abnehmende Versorgungssicherheit durch absolute Knappheiten, geopolitische Einflüsse und andere Lieferengpässe zu einer steigenden Notwendigkeit des zirkulären

Wirtschaftens geführt. Dies betrifft ausdrücklich unterschiedliche Branchen, CE-Strategien und Geschäftsmodelle. Beispielsweise überdenken Unternehmen Eigentumsmodelle und schwenken auf Product- (oder Material-) as-a-Service-Modelle um, sodass sie das Eigentum an den von ihnen erzeugten Produkten und Materialien behalten, da dies eine langfristige Zugriffsmöglichkeit auf deren Inhaltsstoffe oder Komponenten zur späteren Weiterverwendung ermöglicht.

Zudem verlangen viele Kunden (B2B, B2C und B2G) inzwischen zirkuläre Leistungen und Eigenschaften wie zum Beispiel einen garantierten Rezyklatanteil, der nachzuweisen ist. Dies korrespondiert mit steigenden Berichts- und Nachweispflichten. Derartige Verpflichtungen nehmen für die Unternehmen selbst oder ihre Stakeholder (insbesondere Großkunden) zu. Letztere erwarten von ihren Zulieferern eine digitale und geeignete Informationsversorgung, um beispielsweise CO₂-Emissionswerte aus der Vorkette (sog. „Scope 3“ Emissionen) oder die Einhaltung der Lieferkettensorgfaltspflicht nachweisen zu können.

Ähnliches gilt auf der Investoreseite. Auch hier werden zunehmend nachhaltigkeitsbezogene Informationen verlangt bzw. nachhaltigkeitsorientiertes Management durch begünstigte Finanzierungen belohnt, z.B. aufgrund von Verpflichtungserklärungen zur Einhaltung gewisser Nachhaltigkeitsziele (sog. „Sustainability Covenants“).

2.2 Die technologische Perspektive: Neue Möglichkeiten durch die Weiterentwicklung der digitalen Transformation

Das Tempo der digitalen Transformation ist ungebrochen. Hierdurch entstehen neue Möglichkeiten sowohl für die schon beschriebene notwendige Erzeugung von Transparenz, von Qualitätsnachweisen und Verfügbarkeitseinschätzungen, aber auch für die Umsetzung neuer Geschäftsmodelle oder Effizienzstrategien in Unternehmen und Wertschöpfungsketten. Zentrale digitale Instrumente wie der Digitale Produktpass lassen sich erst mit neueren Ansätzen und Technologien effizient realisieren (Wenning et al. 2024). Entsprechend finden diese Technologien in Forschung und Entwicklung sowie teilweise schon in der Praxis Anwendung für das zirkuläre Wirtschaften. Forschungseinrichtungen in NRW wie die RWTH Aachen, verschiedene Fraunhofer Institute, die Hochschule Ruhr West, die Westfälische Hochschule, das Wuppertal Institut u.v.m. sind hier federführend an der Weiterentwicklung von Technologien und technologischer Ökosysteme beteiligt.

In einer digitalen Circular Economy müssen die relevanten Akteure entlang der Wertschöpfungskette vernetzt, effizient und somit automatisch über Schnittstellen kommunizieren. Nur so können Informationen ohne Verluste und ressourcenschonend übermittelt werden und der Erfolg von zirkulären Stoffströmen und Geschäftsmodellen gemessen und bewertet werden. Außerdem birgt eine effiziente Datenbewirtschaftung beispielsweise im Rahmen eines Digitalen Produktpasses viele Vorteile für Unternehmen, da sie die Markttransparenz erhöhen, die Effizienz steigern, neue Geschäftsmodelle ermöglichen, aber auch eine höhere Produkt- und Fälschungssicherheit bieten kann (Berg et al. 2021, Neligan et al., 2023b). Um die Rolle der verschiedenen digitalen Technologien für die Umsetzung von CE zu veranschaulichen, zeigt Tabelle 1 beispielhafte Einsatzmöglichkeiten.

Tabelle 1: Einsatzmöglichkeiten digitaler Technologien für die 10R-Strategien

| Handlungsfeld | R-Strategie | Anwendungsbeispiel |
|--|---------------------------|--|
| Smarter product use and manufacture | Refuse | KI-gestützte neue, ressourceneffiziente/ kreislauffähige Produktdesigns |
| | Rethink | Verbesserte Ausnutzung von Maschinen und Produkten durch digitalgestützte Prozessplanung und industrielle Symbiose, Sharingplattformen |
| | Reduce | Verringerte Anlaufverluste durch KI-gestützte Maschinensteuerung |
| Extend lifespan of product and its parts | Re-use | Zuverlässige Qualitätseinschätzung durch digitale Produktpässe |
| | Repair | Robotergestütztes Disassembly, digitalunterstützte Fernwartung/-reparatur |
| | Refurbish | Automatische Fehlererkennung bei gebrauchten Produkten |
| | Remanufacture & Repurpose | Sensorgestützte Verschleiß- und Fehlererkennung zur Identifikation von Erneuerungsbedarf bzw. weiterhin nutzbarer Komponenten |
| Useful application of materials | Recycle | KI-unterstützte Erkennung und Sortierung |
| | Recover | Optimierte Verbrennungsprozesse |
| | Übergreifend | Marktplattform zum Rezyklathandel oder für wieder aufbereitete ("refurbished") Produkte |

Quelle: Eigene Darstellung in Anlehnung an Potting et al. (2017).

Digitalisierung und Datenbewirtschaftung sind daher elementare Werkzeuge für die Etablierung und Umsetzung einer Circular Economy. Gerade Unternehmen aus der Grundstoffindustrie nehmen dabei eine besondere Rolle ein, da sie in der Regel am Anfang der Wertschöpfungsketten stehen. Wenn die Produktinformationen der Grundstoffe bereits nicht digital abgebildet werden, ist es für Unternehmen auf späteren Lieferkettenstufen umso schwerer, vollständige Daten zu den weiterverarbeiteten Produkten bereitzustellen. Grundstoffunternehmen können demnach entweder den Grundstein für Digitale Produktpässe legen oder aber zirkuläres Wirtschaften erschweren, wenn bei ihnen die Digitalisierung nur unzureichend erfolgt und Produktdaten in der Folge nicht oder nur teilweise digital abgebildet werden können.

Zentrale Bausteine sind die Stufen Datensammlung (data collection), Datenintegration und Datenanalyse (siehe beispielsweise Kristoffersen et al. 2020), welche die Voraussetzungen für alle weiteren Schritte wie Prozessautomation, Vermarktung etc. bilden. Für den Einstieg sind Daten und Schnittstellen besonders wichtig – diese tragen laut Neligan et al. (2021) auch am ehesten zur Steigerung von Ressourceneffizienz in Unternehmen bei. Im zweiten Schritt nutzen Unternehmen vor allem Plattformen und Prozessmonitoring über die Vernetzung von Sensoren und Akteuren als wichtige Voraussetzungen für die Vernetzung in der Wertschöpfungskette. Selten zum Einsatz kommen bislang digitale Technologien, die eine weitere Vernetzung und Kollaboration oder Modellierung und Simulation ermöglichen.

2.3 Die politisch-regulatorische Perspektive: Verpflichtungen aus neu verabschiedeten Regulierungen

Zunehmend verbindet die Regulierung, insbesondere auf Ebene der Europäischen Union, Anstrengungen für eine Weiterentwicklung des zirkulären Wirtschaftens mit der Etablierung der dazu notwendigen digitalen Grundlagen. Angelegt ist dies bereits sehr grundlegend in den Strategien zur Twin Transition (Transformation zu Digitalisierung und Nachhaltigkeit) sowie im Circular Economy Action Plan (CEAP). Aktuell bildet aber besonders die Einführung des Digitalen Produktpasses, der zentral durch die Ökodesignverordnung normiert wird, einen Fokuspunkt dieser Bemühungen. Unter dieser Verordnung, die im Mai 2024 angenommen wurde, werden in Bälde zahlreiche Branchen durch delegierte Rechtsakte zur Einführung Digitaler Produktpässe verpflichtet. Der Digitale Produktpass soll Informationen über das Produkt wie Hersteller, Material, Eigenschaften, Reparatur- und Entsorgungsmöglichkeiten digital für alle Akteure bereitstellen, um so die Transparenz über den gesamten Produktlebenszyklus zu erhöhen (Neligan et al., 2023b). Zunächst betrifft dies die Textilindustrie (Kleidung und Schuhe) sowie die für NRW höchst relevanten Branchen Eisen- und Stahl, Möbel und Matratzen sowie Aluminium. Zahlreiche andere Branchen sind bereits benannt. Schon ab Februar 2027 werden durch die zeitlich vorgelagerte Batterieverordnung bereits Produktpässe für bestimmte Batterietypen in der Elektromobilität und in Industrieanwendungen vorgeschrieben, was unter anderem die Automobilindustrie, ihre Zulieferer und die Chemieindustrie in Zugzwang bringt. Vorrangiges Ziel des Digitalen Produktpasses ist die Ermöglichung des zirkulären Wirtschaftens durch das Erzeugen, Vorhalten und Verarbeiten der notwendigen Informationen. Da ihre Einführung jedoch in verhältnismäßig kurzer Frist (für Batterien 42 Monate nach Inkrafttreten der Batterieverordnung) erfolgen soll, stellt dies die zur Herausgabe verpflichteten Inverkehrbringer vor große Herausforderungen. Ihre Befähigung zur Umsetzung und Nutzung von Digitalen Produktpässen für das zirkuläre Wirtschaften könnte ein zentraler Ankerpunkt für die Entwicklung dahingehender Kompetenzen der nordrhein-westfälischen Industrie sein.

2.4 Qualitätsnachweise, Konformitätserklärungen, Safety-Data-Sheets etc.: Möglichkeiten einer vereinfachten Vorhaltung verpflichtender Informationen aus verwandten Bereichen

Zahlreiche Produkte unterliegen ausführlichen Pflichten der Dokumentation, der Nachweisführung, Sicherheitsdatenhaltung, der Verpflichtung zu Qualitätsnachweisen, Konformitätserklärungen und Ähnlichem. Geschäftsprozesse wie Abfallverbringung und behördliche Informationspflichten

gegenüber dem Zoll oder der Marktüberwachung kommen hinzu. Viele dieser Prozesse sind bisher verpflichtend analog, d.h. zum Beispiel in Papierform zu führen. Dies ist neben unnötiger Ressourcenverbräuche mit kostspieligen Prozessineffizienzen und Medienbrüchen verbunden. Daher wird hier eine Digitalisierung angestrebt und vorangetrieben (siehe beispielsweise <https://www.qi-digital.de>). Da viele der zu deklarierenden Angaben beispielsweise bezüglich „Substances of Concern“ oder Produktherkunft mit den Informationsbedarfen der Circular Economy übereinstimmen oder diesen sehr nahe sind, fördern auch diese Bestrebungen die Weiterentwicklung der Digitalisierung zur Kreislaufwirtschaft. Sie stellen für viele Unternehmen sogar einen erheblichen Digitalisierungsanreiz dar.

Die bisherigen Ausführungen zeigen deutlich, dass die Etablierung digital-unterstützten zirkulären Wirtschaftens eine massive Chance für NRW darstellt. Dies beruht auf hohen Potenzialen gesteigerter Versorgungssicherheit, verbesserter Nachhaltigkeit in allen drei Dimensionen (ökonomisch, ökologisch sowie sozial) und damit einer zukunftsfähig aufgestellten Industriestruktur. Es stellt sich nun die Frage, wie weit NRW auf dem Weg bereits fortgeschritten ist, welche Hindernisse noch zu überwinden sind und welche Chancen genutzt werden können. Das folgende Kapitel untersucht daher auf der Grundlage empirischer Erhebungen, wie die Circular Economy Readiness sowie die Data Economy Readiness bei nordrhein-westfälischen Unternehmen derzeit ausgeprägt ist und in welchem Umfang Unternehmen Data Sharing betreiben. Diese Fähigkeiten stellen die Grundlage für die aktuelle Adaption- und Umsetzungskapazität der digitale CE dar.

3 Empirie: Readiness der Industrie in NRW

Dieses Kapitel stellt dar, inwiefern die Industrieunternehmen in NRW im Vergleich zu Deutschland sowohl aus Sicht der Circular Economy als auch der Digitalisierung bereits für eine digitale Kreislaufwirtschaft vorbereitet sind.

3.1 Circular Economy Readiness

Neben den ökologischen Effekten hat eine Circular Economy auch ökonomisches Potenzial. Zentral ist dabei die Entwicklung eines kreislauffähigen Produktportfolios, das wettbewerbsfähig gegenüber nicht kreislauffähigen Produkten ist. Es wird für Unternehmen wichtiger werden, direkt am Produkt anzusetzen – sei es über Designanpassungen (Ökodesign) oder dem Angebot zusätzlicher Dienstleistungen (Lichtenthäler/Neligan, 2023).

Auf Basis der Sommerwelle 2022 des IW-Zukunftspanels, einer regelmäßigen Unternehmensbefragung, gaben 1.200 Unternehmen der Industrie und industrienahen Dienste Auskunft zu Produkten und/oder Dienstleistungen, die eine Kreislaufführung entweder bei sich selbst oder auch in anderen Unternehmen stärken (Neligan et al., 2023a). In der Stichprobe waren auch etwa 200 Unternehmen des Verarbeitenden Gewerbes aus NRW enthalten. Im Folgenden wird eine Auswertung für diese Unternehmen vorgenommen, um zu erörtern, wo die Industrie in NRW in puncto Kreislauffähigkeit ihrer Produkte und Dienstleistungen steht. Dabei wird der Vergleich zum Verarbeitenden Gewerbe für Gesamtdeutschland vorgenommen.

3.1.1 Wege zu einem zirkulären Geschäftsmodell

Obleich das Thema Kreislaufwirtschaft noch nicht bei allen Unternehmen angekommen ist, bietet laut IW-Zukunftspanel ein Drittel der nordrhein-westfälischen Industrieunternehmen bereits seit einiger Zeit kreislauffähige Produkte und Dienstleistungen an. Bei 15 Prozent trifft dies sogar eindeutig zu. Diese Anteile sind im Vergleich zu den deutschlandweiten Ergebnissen mit zwei von fünf Industrieunternehmen, bei denen dies (eher) zutrifft, niedriger.

Die Ergebnisse der Unternehmensbefragung zeigen deutlich, dass die Kreislaufführung in Unternehmen vor allem über Anpassungsmaßnahmen anstelle von disruptiven Veränderungen stattfindet (Abbildung 2). Nur jedes fünfte Unternehmen im Verarbeitenden Gewerbe in NRW richtet bislang ihr Geschäftsmodell neu aus oder plant dies kurzfristig, um die Kreislaufführung in den Unternehmen zu ermöglichen oder zu verbessern. Mit klar zutreffend gaben dies auch nur fünf Prozent an.

Der Fokus liegt bei den meisten Unternehmen mehr auf der Anpassung von Produkten und/oder Diensten sowie von Herstellungsprozessen. Anpassungen bisheriger Herstellungsprozesse trifft bei gut einem Drittel der Industrie in NRW zumindest eher zu. Anpassungen bisheriger Produkte und/oder Dienste trifft in fünf Prozent der Fälle für das Verarbeitende Gewerbe in NRW eindeutig zu. Ein weiteres Viertel gab hier zumindest eher zutreffend an. Im bundesweiten Vergleich liegen die Anteile höher. Allerdings müssen sich die Unternehmen nicht nur für einen Weg entscheiden, sondern können auch verschiedene Ansätze parallel verfolgen. In NRW unternehmen 16 Prozent der Industrie nicht nur

inkrementelle Anpassungen, sondern stellen sich parallel neu bezüglich ihres Geschäftsmodells auf. Jedes vierte Industrieunternehmen in NRW macht bisher gar nichts.

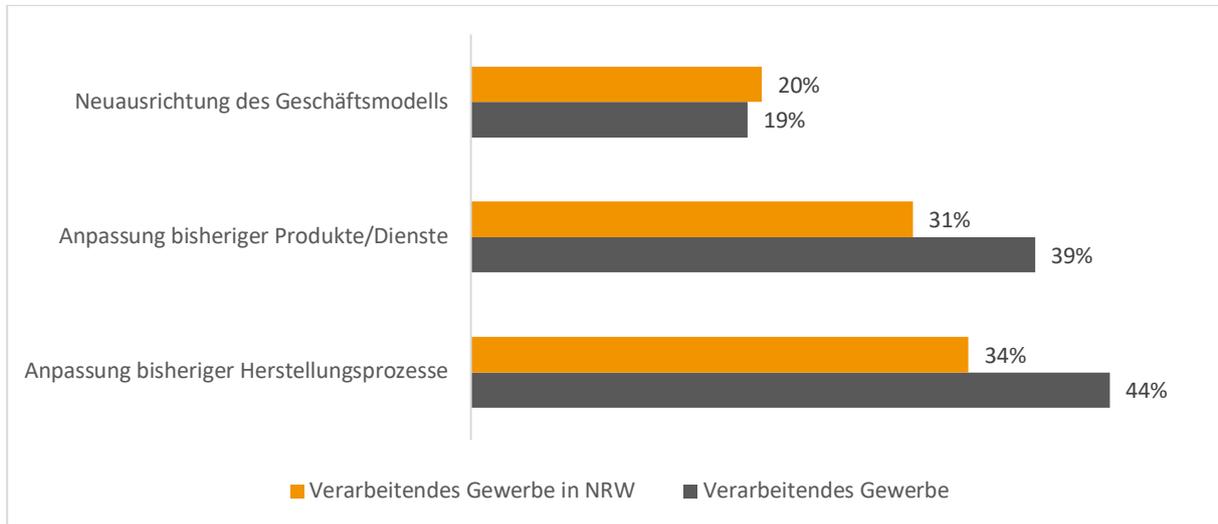


Abbildung 2: Unternehmerische Ansätze, um die Kreislaufführung stärken

Anteil der Unternehmen des Verarbeitenden Gewerbes, die „(eher) zutreffend“ angegeben haben

Quelle: IW-Zukunftspanel, 2022; eigene Berechnungen, gewichtet

3.1.2 Wirtschaftliche, technologische und regulatorische Treiber für ein zirkuläres Produktangebot

Die Motivation für Unternehmen des Verarbeitenden Gewerbes in NRW-Produkte und/oder Dienstleistungen anzubieten, die zu einer Kreislaufführung beitragen, ist in den Unternehmen vielfältig: Es können neue wirtschaftliche und technologische Chancen und Vorteile gesehen werden, die proaktiv genutzt werden und/oder die Unternehmen reagieren auf geänderte wirtschaftliche und regulatorische Rahmenbedingungen – sei es durch Gesetze oder veränderte Kunden- und/oder Lieferantenbeziehungen. Dabei sind die Anteile der Unternehmen häufiger eher zustimmend als im bundesweiten Vergleich (Abbildung 3).

Proaktive Schritte wie die Wettbewerbssicherung und -steigerung sind bei drei von fünf Industrieunternehmen in NRW zentrale wirtschaftliche Gründe für ein zirkuläres Produktangebot. Gut jedes zweite Unternehmen sieht neue bzw. erweiterte Absatzmöglichkeiten als zentrales Motiv. Bislang sehen mit rund drei von zehn Unternehmen nur wenige Unternehmen neue technologische Möglichkeiten zur Kreislaufführung aufgrund der Digitalisierung. Im bundesweiten Vergleich liegt dieser Anteil bei nur einem Viertel der Industrieunternehmen. Digitalisierung wird somit bislang bei der Mehrheit der Unternehmen nicht als wesentlichen Enabler für zirkuläre Produkte und Dienstleistungen erkannt. Hier liegt somit ein noch zu hebendes Potenzial, um ein zirkuläres Produktangebot attraktiver zu machen.

Unternehmen müssen aber auch auf geänderte Rahmenbedingungen reagieren. In drei von fünf Unternehmen des Verarbeitenden Gewerbes in NRW stehen eine veränderte wirtschaftliche Situation bei der Kundennachfrage und beim Rohstoffangebot im Vordergrund, wenn es um die Motive für ein zirkuläres Angebot geht. Deutlich seltener sind politische Regulierungen und Anreize – die Befragung fand allerdings vor der Entscheidung für eine EU-Ökodesignverordnung statt, sodass eine erneute Umfrage andere Ergebnisse liefern könnte. Auch liegen die Anteile für NRW immer etwas höher als für Deutschland insgesamt.

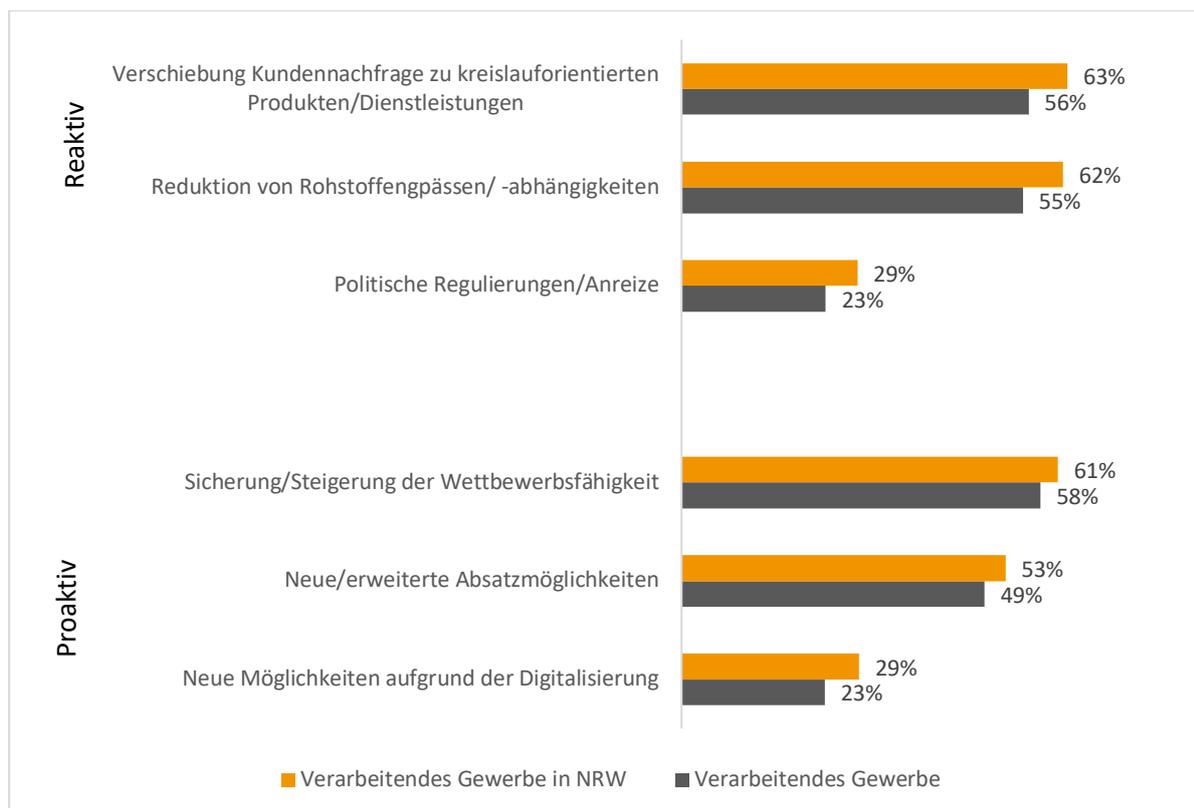


Abbildung 3: Motive für ein zirkuläres Angebot an Produkten und Diensten

Anteil der Unternehmen des Verarbeitenden Gewerbes, die „(eher) zutreffend“ angegeben haben

Quelle: IW-Zukunftspanel, 2022; eigene Berechnungen, gewichtet

3.1.3 Ökodesign Compliance: zirkuläre Produkteigenschaften

Im Rahmen des IW-Zukunftspanels wurden die Unternehmen nach der Bedeutung verschiedener zirkulärer Produkteigenschaften befragt. Grundlage für die Auswahl der Produkteigenschaften sind die in der künftigen EU-Ökodesign-Verordnung formulierten Produkthanforderungen. Zirkuläre Produkteigenschaften werden als Charakteristika bezeichnet, die auf eine lange Haltbarkeit, Mehrfachnutzung, Reparierbarkeit und auf einen geringen oder umweltfreundlichen Einsatz von Rohstoffen abzielen (Neligan et al., 2023a).

Im Verarbeitenden Gewerbe in NRW sind einige relevante zirkuläre Produkteigenschaften bereits stark ausgeprägt wie die Langlebigkeit. Andere für die Transformation zu einer Circular Economy

erforderlichen Produktcharakteristika sind hingegen weniger stark ausgeprägt. Die Ergebnisse für NRW weichen nicht stark von den Werten für Deutschland insgesamt ab (Abbildung 4).

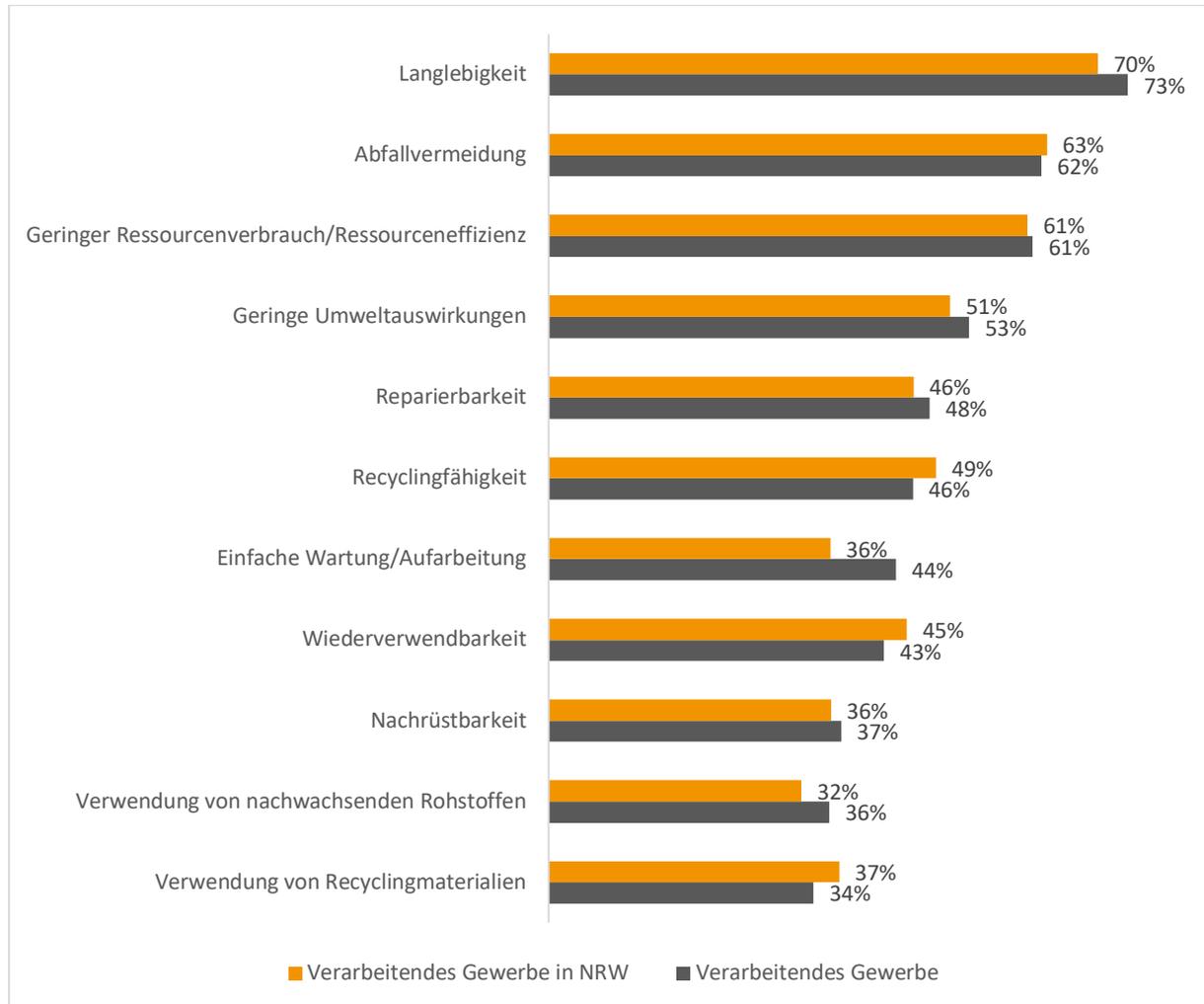


Abbildung 4: Circular Economy Readiness: Relevanz von zirkulären Produkteigenschaften

Anteil der Unternehmen des Verarbeitenden Gewerbes, denen genannte Produkteigenschaften „(eher) wichtig“ sind, in Prozent

Quelle: IW-Zukunftspanel, 2022; eigene Berechnungen, gewichtet

Die Befragung zeigt, dass bei der Mehrheit der Industrieunternehmen eine besonders wichtige Produkteigenschaft die Langlebigkeit von Produkten, einem typischen Charakteristikum des weltbekannten Qualitätsversprechens „Made in Germany“, ist. Mit dieser Eigenschaft können Produkte möglichst lange und häufig genutzt werden, sodass Kreisläufe verlängert werden. Sieben von zehn Industrieunternehmen in NRW erachten diese Eigenschaft als grundsätzlich wichtig. Für zwei von fünf Unternehmen wird die Langlebigkeit sogar als besonders relevant angesehen. Weitere wichtige Voraussetzungen für zirkuläre Produktlösungen, die möglichst lange genutzt werden, sind Funktionen wie Reparierbarkeit, die einfache Wartung und Aufarbeitung und Nachrüstbarkeit. Diese werden bislang deutlich seltener als wichtig eingestuft. Im Verarbeitenden Gewerbe in NRW ist Reparierbarkeit

in fast jedem zweiten Fall eine grundsätzlich wichtige Produkteigenschaft – in jedem vierten Fall ein sehr wichtiger Aspekt. Jedes dritte Unternehmen erachtet eine einfache Wartung und Aufarbeitung als wichtig – in jedem fünften Fall sogar als besonders relevant. Im Vergleich zum Bundesdurchschnitt spielt dieser Aspekt bislang in der nordrhein-westfälischen Industrie eine geringere Rolle. Auch das Thema Nachrüstbarkeit spielt nur eine untergeordnete Rolle. Für eine Circular Economy sind diese Eigenschaften noch ausbaufähig. Im Rahmen des EU-Rechts auf Reparatur werden diese Aspekte auch noch relevanter werden. Dabei können Unternehmen, die einerseits die Produkte nach diesen Kriterien gestalten können und gleichzeitig passende Dienstleistungen anbieten eine wichtige Rolle spielen (Neligan et al., 2023a).

Das Ziel einer Circular Economy ist es, weniger Ressourcen zu verbrauchen und die Umweltauswirkungen über den gesamten Produktlebenszyklus zu minimieren. Das Thema Ressourcenverbrauch bei der Produktion als Kostenfaktor steht bei der Industrie in NRW mit drei Fünftel der Unternehmen bislang stärker im Fokus als die Reduktion der gesamten Umweltwirkungen. Allerdings ist eine hohe Ressourceneffizienz bei der Produktherstellung nur bei 15 Prozent dieser Unternehmen eine sehr relevante Produkteigenschaft. In einer Circular Economy wird es relevant sein, den gesamten Lebenszyklus in den Blick zu nehmen. Jedes zweite Unternehmen des Verarbeitenden Gewerbes in NRW erachtet diesen Aspekt als wichtig ein. Jedes fünfte Unternehmen gibt dabei sogar sehr wichtig an. Allerdings erachten rund 13 Prozent der Unternehmen diese Eigenschaft als unpassend zum eigenen Angebot. Hier zeichnet sich Handlungsbedarf ab.

In einer Circular Economy sollen Kreisläufe geschlossen werden. Oberstes Gebot in der Abfallhierarchie ist die Abfallvermeidung gefolgt von der Wiederverwendung, Wiederverwertung und Beseitigung. Bei der Wiederverwendung geht es darum, Produkte auch bei einer mehrfachen Nutzung für denselben ursprünglichen Zweck zu verwenden. Bei der Wiederverwertung (Recycling) werden die stofflichen Eigenschaften der Abfälle erhalten und zur Herstellung von Sekundärrohstoffen genutzt (Fluchs/Schleicher, 2021). Eine ähnliche Hierarchie zeichnet sich bei den hierfür notwendigen Produkteigenschaften der Unternehmen laut IW-Zukunftspanel ab: Drei von fünf der nordrhein-westfälischen Industrieunternehmen sehen die Abfallvermeidung, darunter auch Verpackungsabfälle, als grundsätzlich wichtige Produkteigenschaften. Allerdings sind es nur 12 Prozent, die hier „sehr bedeutsam“ angeben. Darauf folgt allerdings vor der Wiederverwendbarkeit die Recyclingfähigkeit: Jedes zweite Unternehmen des Verarbeitenden Gewerbes in NRW gibt hier an, dass die Recyclingfähigkeit grundsätzlich wichtig ist. 18 Prozent geben hier sogar sehr wichtig an. Mit 45 Prozent der Industrieunternehmen in NRW folgt darauf die Wiederverwendbarkeit, die an sich die zwei höchste Priorität in der Abfallhierarchie hat. Jedes fünfte Unternehmen misst dieser Eigenschaft eine hohe Relevanz bei.

Die Relevanz der Recyclingfähigkeit ist bislang als höher eingestuft als der Einsatz von recycelten Rohstoffen bei der Herstellung. Wenn aber die Recyclingfähigkeit der Produkte zunimmt, eröffnen sich auch neue Wege zur Nutzung von Sekundärrohstoffen. Eine bessere Recyclingfähigkeit wird künftig auch den Einsatz sekundärer Rohstoffe ermöglichen. Schließlich ist die Reduzierung des Verbrauchs nicht-erneuerbarer Ressourcen über den Einsatz nachwachsender oder recycelter Materialien ein wichtiger Pfeiler einer Circular Economy (Neligan et al., 2023a). Im Verarbeitenden Gewerbe in NRW

steht die Verwendung recycelter Materialien etwas eher im Fokus als der Einsatz nachwachsender Rohstoffe, das heißt land- und forstwirtschaftlicher Rohstoffe pflanzlichen oder tierischen Ursprungs (außerhalb des Nahrungsmittelbereichs). Bundesweit ist es genau andersherum. Fast drei von zehn nordrhein-westfälischen Industrieunternehmen sehen nachwachsende Rohstoffe für ihr Angebot als ungeeignet an. Ein Problem kann hier sein, dass es keine nachwachsenden Substitute für die Industrieprodukte gibt. Unternehmen benötigen hierfür zusätzliche Informationen über Möglichkeiten, um nachwachsende Rohstoffe verlässlich einzusetzen. Auch muss noch mehr Vertrauen in die Qualität und Verfügbarkeit von recycelten Rohstoffen geschaffen werden. Letztlich sind gut funktionierende Sekundärrohstoffmärkte wesentlich für eine Circular Economy (Neligan et al., 2023a).

3.1.4 Dienstleistungen für eine Circular Economy

Unternehmen des Verarbeitenden Gewerbes können neben der industriellen Produktion auch ergänzende Dienste anbieten. In vor- und nachgelagerten Herstellungsprozessen gewinnen industrienaher Dienste immer mehr an Relevanz. Auf Basis von Eigenangaben zur Umsatzverteilung auf reine Industrieware, reine Dienstleistung, integrierte Industrie-Dienstleistungsprodukte, Bautätigkeit und/oder Handwerk haben Neligan et al. (2023a) identifiziert, ob Industrieunternehmen reine Produzenten sind oder auch ergänzende Dienstleistungen anbieten. Im Verarbeitenden Gewerbe in Deutschland sind 55 Prozent (NRW: 55 Prozent) der Unternehmen reine Produzenten, weitere 13 Prozent (NRW: 11 Prozent) bieten sowohl Industrieware als auch Dienstleistungen an. 15 Prozent (NRW: 19 Prozent) sind dem Bau und Handwerk zuzuordnen und 12 Prozent (NRW: 8 Prozent) fallen in eine nicht zuordenbare Restgruppe. Auch werden auf Basis der Eigenangaben 6 Prozent (NRW: 7 Prozent) des Verarbeitenden Gewerbes als reine Dienstleister definiert, was die Schwächen einer reinen Branchensicht nur verdeutlicht. Für die Grundstoffindustrie (Papier-, Chemie/Pharma-, Glas/Keramik/Steine und Erden- und Metallherstellungsindustrie) in Deutschland zeigt sich ein ähnliches Bild: Knapp drei Fünftel der Grundstoffhersteller bieten nur Industrieware an und ein Fünftel bieten sowohl Produkte als auch Dienstleistungen an (siehe Neligan et al., 2023a für eine ausführliche Beschreibung).

Für Industrieunternehmen können neuartige Formen von Produkten und Dienstleistungen und neue Kombinationen davon Wege zur Entwicklung von zirkulären Geschäftsmodellen sein (Neligan et al., 2022). Zirkuläre Dienstleistungen können dazu beitragen, dass die Eigenschaften von Produkten, die zur Zirkularität beitragen, eingehalten werden (Neligan et al., 2023a). Über sogenannte Produkt-Service-Systeme werden Produkte gemäß Tukker (2004) um produkt-, nutzungs- und ergebnisorientierte Serviceleistungen erweitert (siehe auch Neligan et al., 2023a für eine ausführlichere Diskussion). In der Unternehmensbefragung im IW-Zukunftspanel zeigt sich ein differenziertes Bild für das Verarbeitende Gewerbe in NRW (Abbildung 5). In mindestens einem Viertel der Fälle gaben die Unternehmen bei den abgefragten zirkulären Dienstleistungen an, dass diese nicht zum Produktangebot passen.

Im nordrhein-westfälischen Verarbeitenden Gewerbe realisiert sich die Erweiterung der Kundenbetreuung auf den gesamten Produktlebenszyklus ähnlich wie im bundesweiten Vergleich bislang am ehesten über produktorientierte Dienstleistungen zur Erhöhung der Nutzungsdauer. Dazu

gehören Reparatur-Service-Dienstleistungen, die in zwei von fünf Unternehmen zumindest grundsätzlich bedeutsam sind. 17 Prozent dieser Unternehmen geben sehr wichtig an. In drei von zehn Industrieunternehmen in NRW spielen Wartungsdienste sowie das Vorhalten und Verkaufen von Ersatzteilen eine grundsätzlich wichtige Rolle. Aber nur für jedes zehnte Unternehmen ist dieser Dienst sehr bedeutsam.

Die Aufbereitung von Produkten zur Wiederverwendung („Refurbishing“), spielt bislang kaum eine gewichtige Rolle. Wenige Unternehmen (sechs Prozent) messen diesem Service eine hohe Bedeutung bei, weitere zehn Prozent sehen es noch als eher relevant an. Vor dem Hintergrund eines EU-weiten Rechts auf Reparatur werden solche Dienstleistungen jedoch künftig immer mehr an Bedeutung gewinnen. Entsprechende Voraussetzungen wie verfügbare Ersatzteile zur Stärkung solcher Dienstleistungen müssen teilweise noch geschaffen werden.

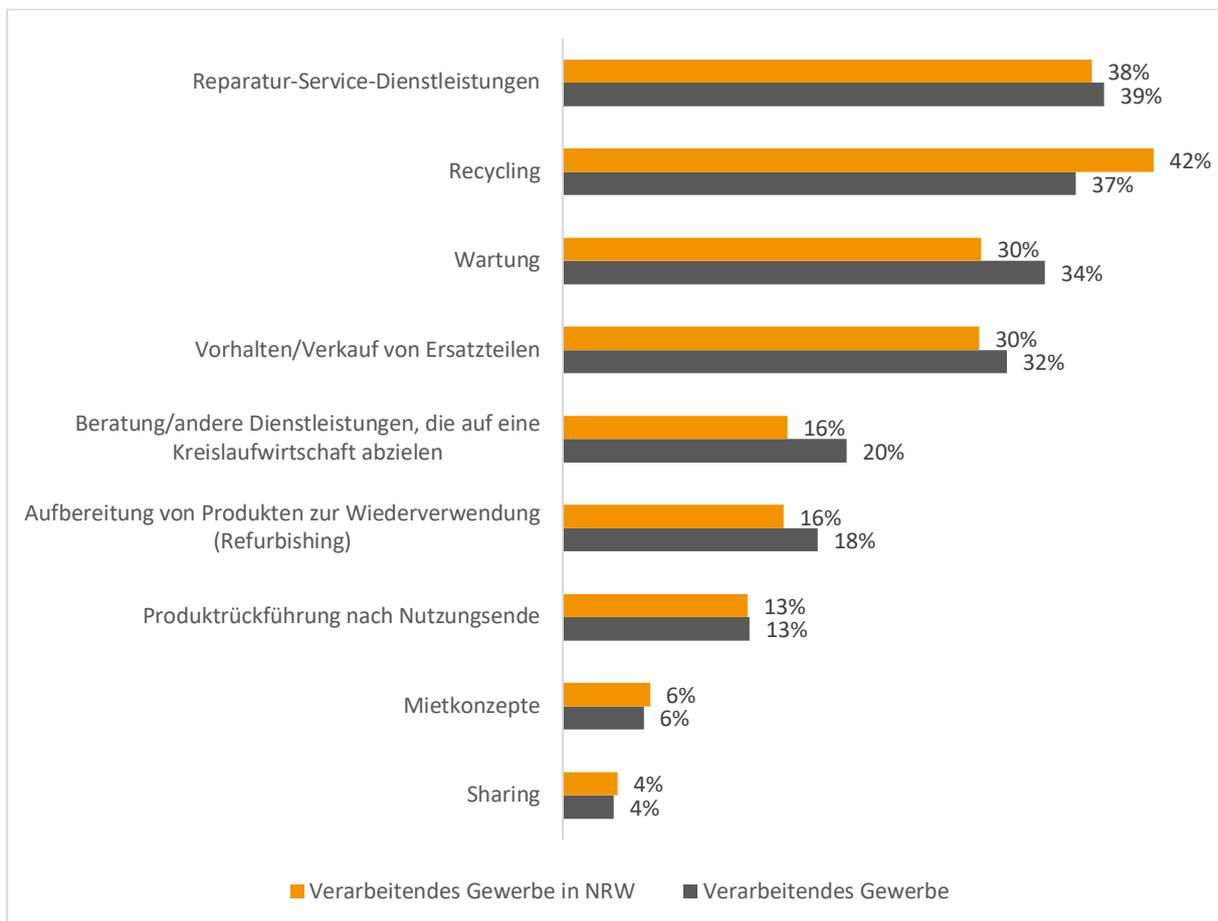


Abbildung 5: Dienstleistungen für eine Circular Economy

Anteil der Unternehmen des Verarbeitenden Gewerbes, denen genannte Dienstleistungen „(eher) wichtig“ sind, in Prozent

Quelle: IW-Zukunftspanel, 2022; eigene Berechnungen, gewichtet

Um Produkte und darin verfügbare Rohstoffe wiederverwenden und -verwerten zu können, ist eine systematische Rückführung der Produkte nach der Nutzungsphase wesentlich. Solche

produktorientierten Rückführungsleistungen, die auch verstärkte Kooperationen in Wertschöpfungsnetzwerken erforderlich machen, spielen bislang eine nachrangige Rolle (Neligan et al., 2023a). Nur drei Prozent der Industrieunternehmen in NRW sehen solche Dienste als besonders relevant an, weitere 10 Prozent als eher wichtig. Dagegen scheinen Recyclingdienstleistungen auch im Vergleich zur bundesweiten Industrie der einfachere Weg: Für gut zwei von fünf nordrhein-westfälischen Industrieunternehmen werden Recyclingdienstleistungen als grundsätzlich relevant gesehen, darunter 15 Prozent als sehr relevant.

Nutzungs- und ergebnisorientierte Dienste, die ein Teilen und Weitergeben ermöglichen, spielen bislang eine nachrangige Rolle. Sharing-Angebote und andere Mietkonzepte, wie Leasing oder Vermietung, bei denen Produkte von mehreren Personen genutzt werden, machen auch die größten Veränderungen im Geschäftsmodell erforderlich. Solche kreislaufverlängernden Dienstleistungen werden auf dem Weg zu einer Circular Economy und den damit verbundenen teilweise auch regulatorisch forcierten Anforderungen weiter an Bedeutung gewinnen. Im Unterschied zu produktorientierten Diensten, die sich auf die Optimierung des Produkts konzentrieren, zielen ergebnisorientierte Dienste auf die Maximierung der Produktivität der Produkte und deren Komponenten und Rohstoffe ab. Da dies eine Lebenszyklusperspektive einschließt, liegt die Idee der Zirkularität näher, ist aber nicht automatisch gegeben, sondern setzt zirkuläre Strategien als Basis voraus (CEID, 2021, Neligan et al., 2023a).

3.2 Data Economy Readiness

Neben dem eigenen Gestaltungswillen und regulatorischen Anreizen sowie Vorgaben benötigen Unternehmen auch die technischen Voraussetzungen, um zirkuläre Geschäftsmodelle, Produkte und Dienstleistungen entwickeln zu können. Der Umgang mit Daten spielt bei der hierbei nötigen Digitalisierung eine wesentliche Rolle. Notwendig sind eine umfassende Datenspeicherung, ein effizientes Datenmanagement sowie eine intelligente Datennutzung und die dafür erforderlichen Prozesse und Technologien.

Unternehmen müssen künftig beispielsweise ihre Produkte mit einem Digitalen Produktpass versehen. Dies bedeutet im Umkehrschluss, dass jegliche produktspezifischen Informationen bestenfalls in digitaler Form vorliegen sollten. Dies setzt zwei wesentliche Komponenten voraus: Einerseits sollten Daten zu den verwendeten Vorprodukten vorliegen. Diese Voraussetzung ist von Unternehmen selbst nur bedingt beeinflussbar, da sie abhängig von der Art und Weise ist, wie Zulieferer Produktdaten bereitstellen. Andererseits sollten Unternehmen in der Lage sein, übermittelte Daten zu Vorprodukten strukturiert verarbeiten zu können. Nur so können empfangene Daten mit eigenen Produktions- oder Produktdaten wirksam kombiniert werden, sodass Unternehmen selbst Digitale Produktpässe ausstellen können.

Aus diesem Grund wird im Folgenden untersucht, wie viele Unternehmen in Deutschland die digitalen Voraussetzungen für eine Circular Economy erfüllen. Ein besonderer Fokus liegt dabei auf Unternehmen aus NRW im Verarbeitenden Gewerbe im Vergleich zu Gesamtdeutschland. Zudem wird gezielt auf Produktdaten eingegangen, die beim Digitalen Produktpass eine zentrale Rolle einnehmen. Die Grundlage bildet eine repräsentative CATI-Befragung (Computer Assisted Telephone Interview)

unter mehr als 1.000 Industrieunternehmen und industrienahen Dienstleistern in Deutschland, die im Herbst 2023 durchgeführt wurde (Bakalis/Büchel, 2024).

Die Befragungsergebnisse werden in ein Modell eingespeist, um die Data Economy Readiness jeweils pro Unternehmen zu bestimmen. Dafür werden relevante Aspekte aus den Bereichen Datenspeicherung, Datenmanagement und Datennutzung abgefragt (siehe Büchel/Engels, 2022 für eine ausführliche Beschreibung der Methodik). Es wird zum Beispiel untersucht, ob Unternehmen möglichst viele Datenarten digital speichern, Daten strukturiert und standardisiert verarbeiten sowie ob generell eine Datenstrategie vorliegt. Zudem ist relevant, zu welchen Zwecken Daten im Unternehmen genutzt werden. Grundsätzlich stuft das Modell ein Unternehmen als „data economy ready“ ein, wenn im Durchschnitt mindestens die Hälfte der relevanten Aspekte aus den drei Bereichen erfüllt sind. Wie viele Unternehmen in Deutschland „data economy ready“ sind und wie sich der gesamtdeutsche Anteil von dem in NRW und im Verarbeitenden Gewerbe unterscheidet, zeigt Abbildung 6.

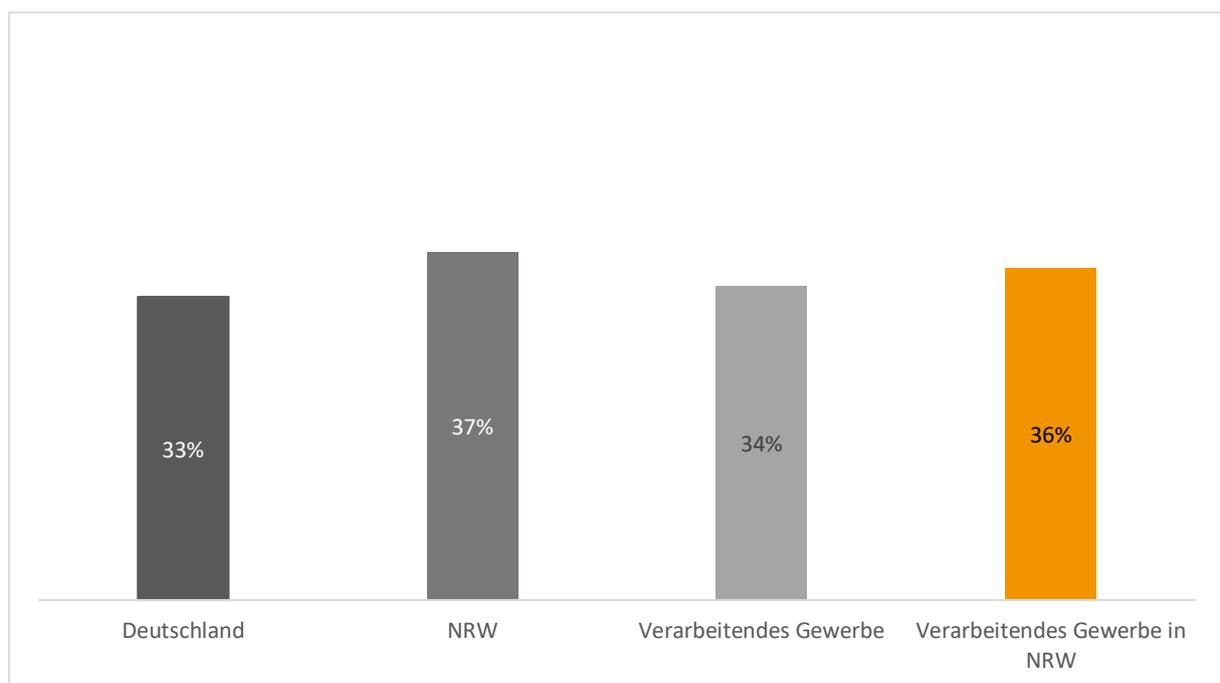


Abbildung 6: Data Economy Readiness in Deutschland

Anteil der Unternehmen, die die Voraussetzungen erfüllen, um Daten effizient zu bewirtschaften

Quelle: Institut der deutschen Wirtschaft, 2023, eigene Berechnungen, gewichtet

Lediglich ein Drittel der Unternehmen in Deutschland erfüllt im Jahr 2023 die Voraussetzungen, um Daten effizient zu bewirtschaften. Fortgeschritten sind Unternehmen dabei beim Speichern ihrer Daten und etwa die Hälfte der Unternehmen verarbeitet ihre Daten strukturiert. Viele Unternehmen nutzen ihre Daten jedoch gar nicht oder eher eindimensional. Das ist besonders bedauerlich, da sich der tatsächliche Mehrwert von Daten für Unternehmen meist erst entfaltet, wenn Daten vielfältig genutzt werden. In NRW ist der Anteil der Unternehmen, die „data economy ready“ sind, mit 37

Prozent leicht höher. Ähnliches gilt gezielt für Unternehmen aus dem Verarbeitenden Gewerbe in Deutschland (34 Prozent) und in NRW (36 Prozent). Im Hinblick beispielsweise auf den Digitalen Produktpass deuten die Ergebnisse darauf hin, dass zwei Drittel der Unternehmen Schwierigkeiten haben könnten, produktrelevante Daten effizient zu verarbeiten und selbst digital bereitzustellen. Es kann beispielsweise sein, dass Unternehmen Produktdaten von Zulieferern empfangen, die in einem Format vorliegen, das das empfangende Unternehmen nicht unterstützt und somit die Daten nur schwer weiterverarbeiten kann. Zudem kann ein unstrukturiertes Datenmanagement oder eine fehlende Data Governance dazu führen, dass gespeicherte Produktdaten nicht dort im Unternehmen ankommen, wo sie benötigt werden. Zudem kann es vorkommen, dass Unternehmen, die nicht „data economy ready“ sind, Produktdaten selbst gar nicht oder nur teilweise digital speichern. Angesichts dessen zeigt Abbildung 7 im Detail, welcher Anteil der Unternehmen in Deutschland überhaupt Produktdaten digital speichert.

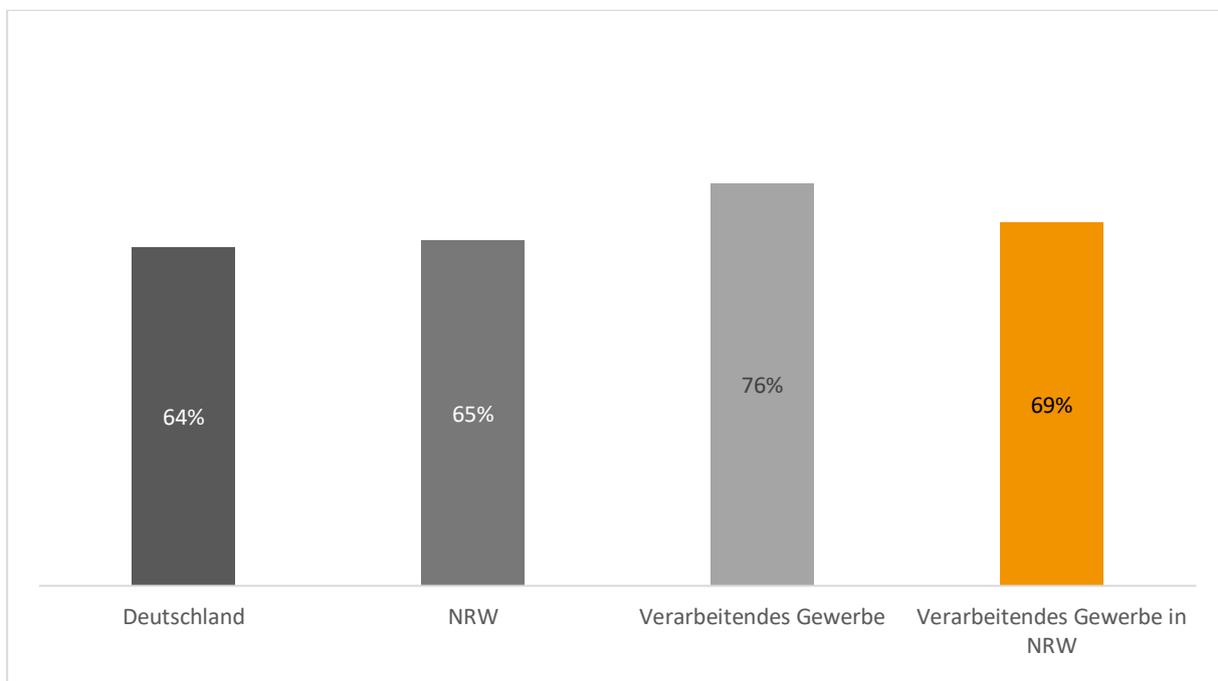


Abbildung 7: Gespeicherte Produktdaten

Anteil der Unternehmen, die Produktdaten überwiegend bis vollständig in digitaler Form speichern

Quelle: Institut der deutschen Wirtschaft, 2023, eigene Berechnungen, gewichtet

Etwa zwei Drittel der Unternehmen in Deutschland speichern Produktdaten überwiegend bis vollständig in digitalem Format. In NRW ist der Anteil nur geringfügig höher. Dagegen sind Unternehmen aus dem Verarbeitenden Gewerbe besonders fortschrittlich: In Deutschland speichern 76 Prozent der Unternehmen dieser Branchengruppe Produktdaten in digitaler Form, in NRW sind es 69 Prozent. Dies ist besonders positiv, da die Grundstoffindustrie als Teil des Verarbeitenden Gewerbes die ersten Stufen der Lieferketten bedient. Es ist daher wahrscheinlich, dass wesentliche Informationen zu den Produktcharakteristika bereits zu Beginn digital abgebildet werden und von Kunden auf späteren Stufen der Wertschöpfungskette theoretisch erkannt und weiterverarbeitet

werden können. Diese Transparenz ist wichtig für zirkuläre Geschäftsmodelle, die den gesamten Produktlebenszyklus im Blick haben. Unklar bleibt jedoch, ob Unternehmen in der Praxis auch tatsächlich Produktdaten mit anderen Unternehmen teilen, worauf im folgenden Abschnitt im Detail eingegangen wird.

3.3 Intensität des Data Sharing

Neben dem effizienten Umgang mit Daten im eigenen Unternehmen ist es für eine digitale Circular Economy, auch relevant, dass Unternehmen in der Lage und bereit sind, Daten mit anderen Unternehmen zu teilen. Dabei geht es sowohl um den Empfang von Daten aus anderen Unternehmen oder Institutionen als auch die Abgabe von Daten an andere Unternehmen oder Institutionen (Neligan et al., 2023b).

Um den Status quo des Data Sharing in Deutschland zu erheben, werden die Unternehmen einerseits befragt, ob sie generell Daten mit anderen Unternehmen teilen und andererseits, wie intensiv das Data Sharing jeweils erfolgt. Hintergrund ist, dass die Intensität teilweise stark variieren kann. Somit würde ein Anteil der datenteilenden Unternehmen allein nur ein unzureichendes Bild des Data Sharing in Deutschland zeichnen. Beispielsweise können Unternehmen Daten nur vereinzelt an behördliche Stellen abgeben, weil sie rechtlich dazu verpflichtet sind. Bei anderen Unternehmen kann Data Sharing Teil des Geschäftsmodells sein, etwa wenn Daten in besonders hoher Qualität einer Vielzahl an Unternehmen kostenpflichtig bereitgestellt werden. Für eine digital gestützte Circular Economy sollten bestenfalls möglichst viele Unternehmen Daten intensiv teilen. Dies erhöht insgesamt die Transparenz, wenn beispielsweise vereinheitlichte Produktinformationen vermehrt in gemeinsamen Datenpools zugänglich gemacht werden, wodurch schlussendlich auch mehr Recyclingmöglichkeiten aufgezeigt werden können.

Die Intensität des Data Sharing bemisst sich an deren Qualität und Quantität (Büchel/Engels, 2023). Es ist etwa relevant, welche Qualitätsmerkmale die geteilten Daten aufweisen und wie fortschrittlich der Data-Sharing-Prozess insgesamt erfolgt. Daten können zum Beispiel automatisiert und in Echtzeit geteilt werden oder manuell mit Zeitverzug und menschlichen Zwischenschritten, beispielsweise papierbasiert oder digital als E-Mail-Anhang. Aus Unternehmenssicht kann es schwierig sein, exakte Aussagen zur geteilten Datenmenge zu treffen. Außerdem wären derartige Angaben unter Unternehmen verschiedener Größe nur begrenzt vergleichbar. Deshalb wird die Quantität indirekt über die Motive der Unternehmen zum Data Sharing und den Anteil der geteilten Datenarten an allen digital gespeicherten Datenarten abgefragt. Teilen Unternehmen Daten aus mehreren Gründen und zu verschiedenen Zwecken, wird davon ausgegangen, dass auch insgesamt die geteilte Datenmenge höher ist. Zur Qualität und Quantität werden den Unternehmen verschiedene Fragen gestellt, deren Ergebnisse anschließend in ein Intensitätsmodell einfließen (Büchel/Engels, 2023). Damit kann pro Unternehmen ermittelt werden, ob die Datenabgabe und der Datenempfang mit hoher oder niedriger Intensität erfolgt. Abbildung 8 zeigt die Ergebnisse der Data-Sharing-Intensität der Unternehmen in Deutschland im Jahr 2023.

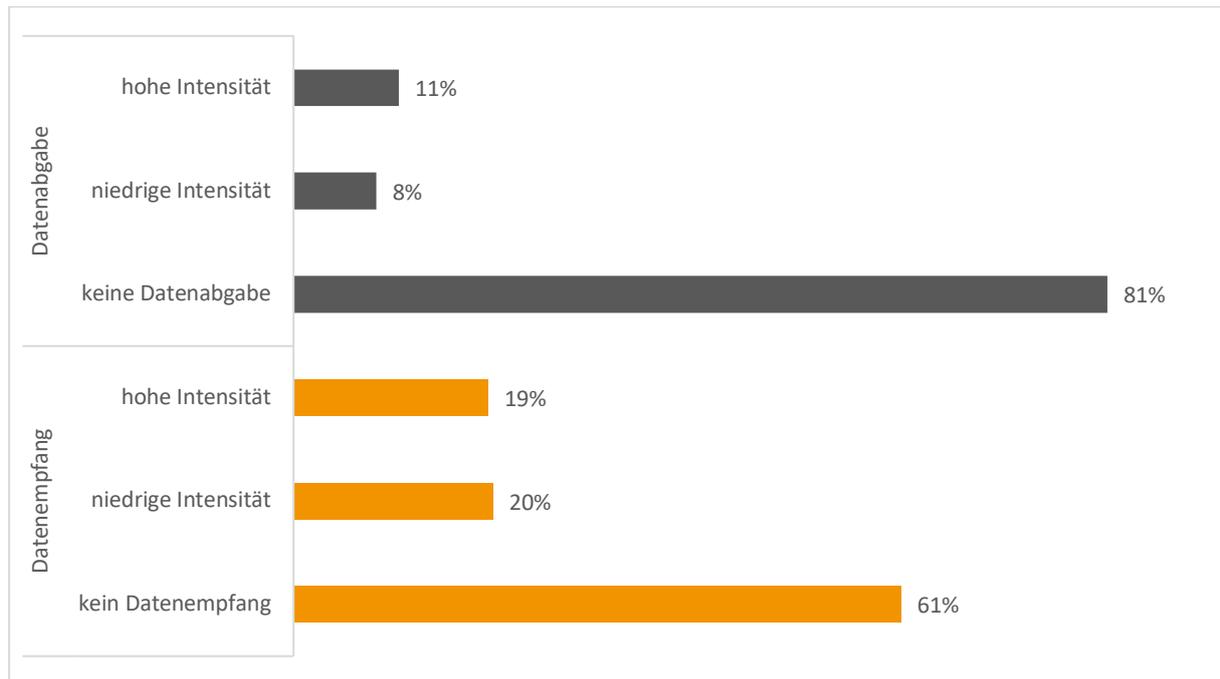


Abbildung 8: Intensität des Data Sharing in Deutschland

Anteil der Unternehmen, die Daten mit hoher oder niedriger Intensität an andere Unternehmen abgeben oder von anderen Unternehmen empfangen

Quelle: Institut der deutschen Wirtschaft, 2023, eigene Berechnungen, gewichtet

Vier von zehn Unternehmen in Deutschland empfangen Daten von anderen Unternehmen und zwei von zehn geben Daten ab. Dabei teilen etwa gleich viele Unternehmen Daten mit hoher und niedriger Intensität. Hinsichtlich der Qualität zeigt sich vor allem noch Potenzial beim automatisierten Datenteilen in Echtzeit und bei eher fortgeschrittenen Datenqualitätskriterien. Stattdessen werden Daten in vielen Fällen noch digital mit menschlichen Zwischenschritten oder sogar analog geteilt, beispielsweise papierbasiert. Diese manuelle Vorgehensweise kann jedoch die Fehleranfälligkeit im Vergleich zum automatisierten Datenteilen über standardisierte Schnittstellen erhöhen. Zu fortgeschrittenen Datenqualitätskriterien zählen zum Beispiel sogenannte Identifier, die es ermöglichen, dass einzelne Datenpunkte eindeutig identifizierbar werden, sodass sie einerseits zugrundeliegenden Produkten treffsicher zugeordnet werden können. Andererseits können empfangene Daten so reibungsfrei mit anderen Datensätzen kombiniert werden. Bei der Quantität des Data Sharing sind die Motive vielschichtig mit Fokus auf datenbasierte Prozessoptimierung gerade in der Produktion. Insgesamt werden zwar viele Datenarten digital gespeichert, in vergleichsweise hohem Umfang werden aber einzig Produktdaten geteilt (Abbildung 9).

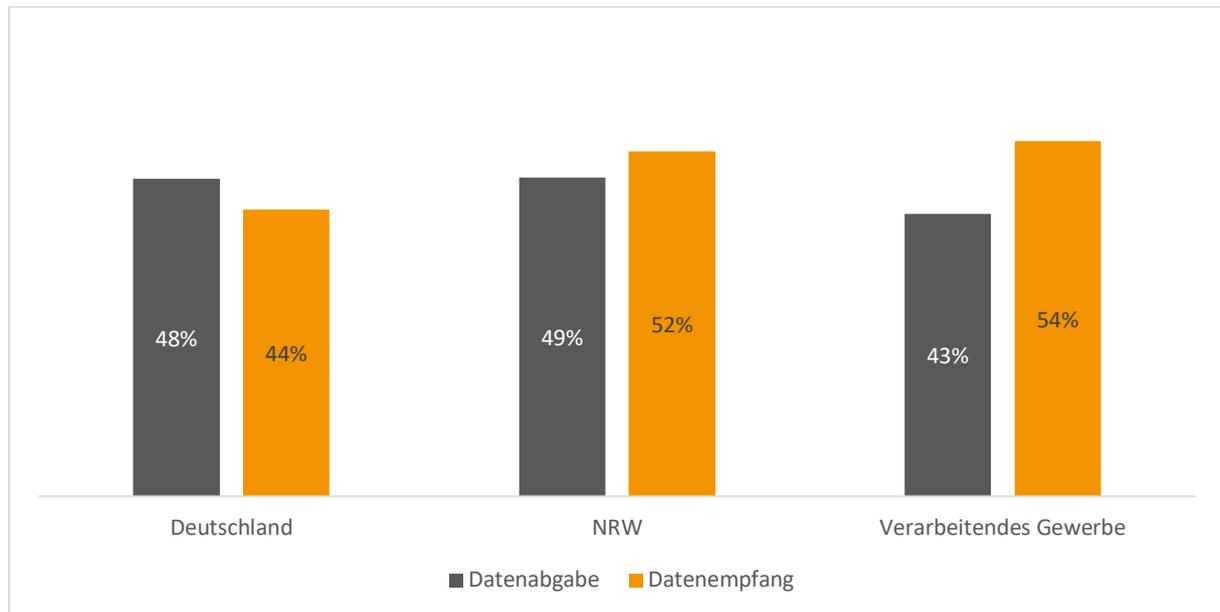


Abbildung 9: Geteilte Produktdaten

Durchschnittliche Produktdatenmenge, die Unternehmen abgeben und von anderen Unternehmen empfangen

Quelle: Institut der deutschen Wirtschaft, 2023, eigene Berechnungen, gewichtet, Basis: nur Unternehmen, die Daten an andere Unternehmen abgeben oder Daten von anderen Unternehmen empfangen

Datenteilende Unternehmen in Deutschland geben 48 Prozent ihrer anfallenden Produktdaten ab und empfangen 44 Prozent ihrer genutzten Produktdaten. Dies ist besonders wichtig, denn das Teilen von Produktdaten schafft eine wichtige Grundlage, um Produktinformationen entlang von Wertschöpfungs-/Lieferketten treffsicher digital identifizieren zu können. Dennoch werden mehr als die Hälfte der Produktdaten noch nicht mit anderen Unternehmen geteilt, sodass wichtige Informationen auf nachgelagerten Stufen der Wertschöpfungskette fehlen könnten. Dazu kommen Unternehmen, die Daten gar nicht teilen. In NRW werden mehr Produktdaten empfangen (52 Prozent) als im gesamtdeutschen Durchschnitt. Bei Unternehmen aus dem Verarbeitenden Gewerbe ist der Anteil der empfangenen Produktdaten mit 54 Prozent noch höher. Allerdings geben Unternehmen aus dem Verarbeitenden Gewerbe weniger Produktdaten an andere Unternehmen ab (43 Prozent) als im bundesweiten Durchschnitt aller Unternehmen (48 Prozent). Im Vergleich zu einer Vorjahresumfrage nimmt die geteilte Produktdatenmenge aber in allen drei Gruppen durchweg und teilweise deutlich zu. Diese Entwicklung ist positiv zu bewerten, denn immer mehr Unternehmen in Deutschland scheinen das Potenzial von geteilten Produktdaten zu realisieren. Wird die Entwicklung in den Folgejahren fortgeschrieben und teilen insgesamt auch mehr Unternehmen Daten, können weitere Informationsdefizite zu Produktdaten abgebaut werden und Möglichkeiten des Digitalen Produktpasses und der Circular Economy gestärkt werden.

Die Analyse zeigt, dass einige Unternehmen in Deutschland Produktdaten bereits digital speichern und teilen. Digitale Produktpässe könnten demnach von einem Teil der Unternehmen in Deutschland erstellt und genutzt werden. Wichtig bleibt, dass Unternehmen ihre Data Economy Readiness in Zukunft verbessern und mehr Daten teilen. Nur so kann gewährleistet werden, dass mehr Digitale

Produktpässe lieferkettenübergreifend ausgefüllt und genutzt werden können. Dies stellt die Grundlage dar, dass Hersteller von Endprodukten transparent auf alle produktspezifischen Informationen der Vorprodukte zugreifen können und somit auch den Digitalen Produktpass des Endprodukts fehlerfrei und vollständig ausfüllen können. Insgesamt könnte die dadurch entstehende Transparenz die Circular Economy begünstigen, sodass mehr Zirkularitätspotenziale sowohl im Produktionsprozess selbst als auch beim Endprodukt gehoben werden können. Abnehmer von Maschinen könnten beispielsweise am Ende des Produktlebenszyklus über den Digitalen Produktpass mit den Daten des gesamten Produktlebenszyklus identifizieren, wie einzelne Materialien bestmöglich entsorgt, weiterverwendet oder recycelt werden können. Entsprechende nachgelagerte Dienstleister verfügen dann auch über alle relevanten Informationen über die Möglichkeiten der Wiederaufbereitung oder Wiederverwertung.

4 Wege zu einer digitalen Circular Economy: Handlungsempfehlungen für eine NRW-Strategie

4.1 Ausgangslage: Digitales zirkuläres Wirtschaften für NRW

Während die Kräfte, die zurzeit allgemein das digital-zirkuläre Wirtschaften vorantreiben, bereits oben charakterisiert wurden, bietet es sich zur Einordnung an, einen Blick auf die Lage NRWs im Rahmen aktueller Entwicklungen zu werfen.

4.1.1 Politik und Regulierung

Im Hinblick auf rechtliche Entwicklungen ist NRW eingebettet in die umfangreichen Regulierungsaktivitäten der EU. Die Ökodesignverordnung wurde hier schon genannt, aber im Rahmen des European Green Deal, der sektorspezifischen Politik (Chemiestrategie, Textilstrategie usw.) und neuer Berichtspflichten (EU-Richtlinie zur Nachhaltigkeitsberichterstattung (CSRD), EU-Lieferkettengesetz (CSDDD)) sowie weiterer Anstrengungen stehen für Politik und Wirtschaft in NRW neue Ansprüche an, die es zu erfüllen gilt und in denen sich die besondere Rolle der digitalen Transformation in Form von Digitalen Produktpässen und Ähnlichem schon abzeichnet. Ferner befindet sich in der Bundesrepublik Deutschland die Nationale Kreislaufwirtschaftsstrategie in der Entwicklung, die nach aktuellem Stand gleichfalls einen ihrer Schwerpunkte auf die Ermöglichung des zirkulären Wirtschaftens durch Digitalisierung setzen wird. Für NRW bietet sich damit die Chance, diese Aktivitäten für einen Umbau zu mehr Zukunftsfähigkeit zu nutzen und sich proaktiv aufzustellen. Hier ist NRW bereits durch Förderangebote z.B. im Rahmen des EFRE oder durch die NRW.Bank sehr aktiv, eine konsequentere Bündelung und strategische Ausrichtung ist jedoch möglich.

4.1.2 Wirtschaftliche Entwicklung

NRW ist durch seine wirtschaftliche Struktur mit einem hohen Anteil exportorientierter Industrie stark in die deutschen, europäischen und weltweiten Märkte und Wertschöpfungsketten eingebunden. Die Verwerfungen der letzten Jahre wie die Corona-Pandemie, die Blockierung von Versorgungswege, geopolitisch motivierte Exporteinschränkungen und der Angriffskrieg Russlands gegen die Ukraine haben gezeigt, dass die Versorgungssicherheit nordrhein-westfälischer Unternehmen vulnerabel und anfällig für externe Krisen der wirtschaftlichen Entwicklung ist. Zirkuläres Wirtschaften kann einen wichtigen Beitrag zu mehr Resilienz beitragen. Wie gezeigt, wird dies aber nur mit einer entsprechenden digitalen Befähigung funktionieren können.

4.1.3 Sozio-kulturelle Aspekte

Hier hat NRW im Bereich von Bildung und Forschung in den letzten Jahren besondere Fortschritte erzielt. In weiten Teilen der Universitäten, Fachhochschulen sowie im Handwerk werden Aus- und Weiterbildung zu Themen des zirkulären Wirtschaftens auch in Verbindung mit Fragen der (industriellen) Digitalisierung angeboten. Eine Stärkung dieses Connex in der Breite wäre jedoch wünschenswert. In der Forschung betreiben bereits zahlreiche NRW-Universitäten, Fachhochschulen und einschlägige außeruniversitären Forschungseinrichtungen Arbeiten zum digital-zirkulären Wirtschaften aus unterschiedlichen Perspektiven. Zudem ist der „Runde Tisch zirkuläre Wertschöpfung

Nordrhein-Westfalen“ eine etablierte Einrichtung des zirkulären Wirtschaftens für NRW, die auch geeignet ist, die relevanten Akteure zu Themen kreislaufwirtschaftlicher Digitalisierung zusammenzubringen. Eine entsprechende Arbeitsgruppe befindet sich in Vorbereitung.

4.1.4 Ökologisch-geografisch

NRW teilt sich Grenzen mit zwei „Motoren“ der Entwicklung des zirkulären Wirtschaftens: Belgien (insbesondere Flandern) und die Niederlande. Beide Länder weisen im Hinblick auf Regulatorik, F&E und Innovationskraft wegweisende Anstrengungen und Ergebnisse auf. Ein pragmatischer und engerer Schulterschluss bietet sich hier an. Zwischen Flandern und NRW besteht hierzu schon eine Übereinkunft der beiden Regierungen, die es auch für digital-zirkuläre Fragestellungen umzusetzen gilt. Während NRW sich nicht verstecken muss, kann in jeder der hier genannten Dimensionen von diesen Ländern gelernt werden.

4.1.5 Digital-zirkuläres Wirtschaften muss zentraler Bestandteil nordrhein-westfälischer Standortpolitik sein

Im Folgenden wird die Studie konkrete Handlungsempfehlungen zu Umsetzung in NRW geben. Die bisherigen Ausführungen sollten aber deutlich gemacht haben, dass digital-zirkuläres Wirtschaften ein Primat für eine zukunftsfähiges NRW darstellen muss. Dies gilt nicht nur aus der Perspektive einer nachhaltigen klima- und umweltfreundlichen Wirtschaft, sondern muss auch vor dem Hintergrund von Versorgungssicherheit und zukünftiger Wettbewerbsfähigkeit gesehen werden. Die Umsetzung des digital-zirkulären Wirtschaftens muss ein Schwerpunkt der Standortpolitik NRWs werden.

4.2 Handlungsbedarf – wo stehen wir in NRW?

Vor diesem Hintergrund zeigt der Blick in die Praxis in dieser Studie, dass sich die Industrie in NRW sowohl beim zirkulären Wirtschaften als auch bei der Datenbewirtschaftung noch eher in einem Anfangsstadium befindet:

- **Circular Economy Readiness:** Unternehmen nehmen bei ihren angebotenen Produkten und Dienstleistungen häufig eher inkrementelle anstelle von disruptiven Anpassungen hin zu einer zirkulären Wirtschaftsweise vor. Mit Ausnahme der Langlebigkeit werden viele zirkuläre Produkteigenschaften von den NRW-Unternehmen in der Praxis noch nicht zielgerichtet umgesetzt. Innovative nutzungs- und ergebnisorientierte zirkuläre Dienstleistungen, die ein Teilen und Weitergeben ermöglichen, spielen bisher noch kaum eine Rolle.
- **Data Economy Readiness:** Bei der Datenbewirtschaftung zeigt sich insbesondere großes Potenzial beim adäquaten Nutzen der Daten, während bereits viele Daten digital gespeichert werden. Zwar sind Produktdaten die Datenart, die am häufigsten geteilt wird, jedoch reichen die derzeitigen Data-Sharing-Anstrengungen der Unternehmen nicht aus, um beispielsweise den Anforderungen eines flächendeckend etablierten Digitalen Produktpasses gerecht zu werden. Insgesamt nimmt Data Sharing in seiner derzeitigen Ausprägung und Intensität noch nicht die Rolle ein, die für ein digital gestütztes zirkuläres Wirtschaften in NRW nötig und elementar wäre.

Die Fähigkeit zur Gestaltung und Nutzung von Datenökosystemen sowie der ressourcen- und klimaschonende Umgang mit Rohstoffen sind Schlüsselkompetenzen zur Stärkung der globalen Wettbewerbsfähigkeit und damit Sicherung der Zukunftsfähigkeit des Wirtschaftsstandorts NRW.

Im Kontext der oben skizzierten europäischen und nationalen Rahmenbedingungen ergeben sich eine Reihe von spezifische Handlungsmöglichkeiten für die Landesregierung in NRW in vier Kernbereichen.

1. Leitprojekte und Initiativen in Schlüsselbereichen koordinieren und fördern

- Entwicklung von Leuchtturminitiativen zur Umsetzung von DPP und CE-Datenräumen in Wirtschaftsbereichen mit hoher NRW-Relevanz (z.B. Grundstoffindustrie Chemie, Stahl, Metalle bzw. Mittelstand im Maschinenbau/Elektrotechnik)
- Unterstützung der Beteiligung von NRW-Akteuren in Leitprojekten auf Bundes-/EU-Ebene wie z.B. Manufacturing-X mit dem Ziel, NRW als Leitstandort zu positionieren
- Aufbau einer NRW-Koordinierungsstelle „Digitale CE“ als Spiegelinstanz zu nationalen Institutionen mit Aufgaben wie beispielsweise:
 - Pilotprojekte orchestrieren und koordinieren
 - Wissenstransfer zu dezentralen Initiativen (s.u.)
 - Bereitstellung von Musterlösungen und Tools zum Hemmnisabbau (s.u.)
- Fortführung bestehender NRW-Förderprogramme im Bereich Digitalisierung und Ressourceneffizienz in der Industrie mit Schwerpunkt auf integrierten, datenbasierten Lösungen insbesondere hinsichtlich von unternehmensübergreifenden Systemlösungen mit Nutzung von DPP und Datenraumkonzepten
- Begleitung und Unterstützung der Beteiligung von NRW-Akteuren in (inter-)nationalen Normungsaktivitäten zur digitalen Circular Economy

2. Wirtschaftsakteure mobilisieren und vernetzen

- Aufbau und Nutzung der Koordinierungsstelle (s.o.) als Vernetzung der regionalen bzw. fachspezifischen Initiativen zu Digitalisierung oder Ressourceneffizienz mit Ausrichtung auf Schnittstellen und digitale CE-Lösungen („Hub of Hubs“)
- Informations- und Mobilisierungsinitiativen für die Industrie zu Perspektiven und Herausforderungen der digitalen CE (z.B. zum DPP) unter Nutzung bestehender Netzwerke, Institutionen und Kanäle; Einsatz der Koordinierungsstelle zur Qualifizierung und Ermächtigung von Multiplikatoren (sog. „Train-the-trainer Modelle“)
- Landesweites Screening und Mapping von Initiativen, Institutionen, Akteuren und Kompetenzträgern im weiteren Feld von Digitalisierung der Wirtschaft und Ressourceneffizienz/Circular Economy mit dem Ziel der Identifikation von Schnittstellen, Ansatzpunkten und Synergien für Systemlösungen

- Programme zum Wissenstransfer inkl. Sensibilisierung durch Best-Practice-Beispiele aus NRW, gezielte Weiterbildungs-, Beratungs- und Informationsangebote für NRW-Unternehmen sowie bessere Verzahnung vorhandener öffentlicher Angebote und passgenaue Informationen für die Industrie in NRW
- Schaffung von Anreizen für digitales zirkuläres Wirtschaften und Steigerung der Nachfrage für entsprechende Produkte über Formulierung von Ausschreibungen zugunsten digitaler zirkulärer Geschäftsmodelle bei der Vergabe öffentlicher Aufträge auf Landesebene
- Experimentierräume schaffen für neue digitale zirkuläre Geschäftsmodelle über die Förderung von Kooperationen mit innovativen Start-Ups

3. Datenökosysteme aufbauen und skalieren

- Auch im Hinblick auf die Chancen der Datenbewirtschaftung und des Data Sharing sollten Informationsangebote wie Use Cases und Best Practices ausgebaut werden. Optimalerweise sind diese branchenspezifisch ausgestaltet. Sie können beispielsweise Datennutzungspotenziale aufzeigen oder exemplarisch darlegen, wie eine Data Governance³ konkret operativ etabliert werden kann
- Die Politik sollte dabei unterstützen, dass Bedenken der Unternehmen zur Rechtssicherheit und zur Datensouveränität beim Datenteilen abgebaut werden. Denn rechtliche Data-Sharing-Hemmnisse werden von Unternehmen am häufigsten genannt (Scheufen, 2024). Derzeitige Initiativen zum Bereitstellen von Musterverträgen⁴, Best-Practice-Leitfäden (beispielsweise Scheufen, 2023), Vertragsgeneratoren⁵ oder technischen Instrumenten zur Anonymisierung von Daten sollten vorangetrieben und praxistauglich sowie branchenspezifisch anwendbar ausgestaltet werden
- Zur Verfügung gestellte Data-Sharing-Plattformen und -Technologien könnten das Datenteilen erleichtern (z.B. „Datenraum-as-a-service“-Angebote als Kooperation von Kompetenzclustern und KMUs)

4. Forschungs-, Innovations- und Qualifikationsoffensive “Digitale Circular Economy” für den Hochschul- und Bildungsstandort NRW

- Ausbau der NRW-Hochschulen als Innovationsträger für eine digitale CE sowohl hinsichtlich Technologien und Produktion wie auch Unternehmensführung, Management und zirkuläre Wertschöpfung durch Beteiligung an Leitprojekten (s.o.)

³ Die Kernaufgabe der Data Governance ist, dass Daten am richtigen Ort und zur richtigen Zeit ausschließlich den Zugriffsberechtigten in der richtigen Qualität kontrolliert zur Verfügung gestellt werden.

⁴ Die Europäische Kommission hat eine Expertengruppe ins Leben gerufen, um sie bei der Ausarbeitung von Mustervertragsklauseln für B2B-Data-Sharing und Standardvertragsklauseln für Cloud-Computing-Verträge zu unterstützen:

<https://ec.europa.eu/transparency/expert-groups-register/screen/expert-groups/consult?lang=en&groupID=3840>

⁵ Ein Beispiel ist der IEDS-Vertragsgenerator, der in einem BMBF-Forschungsprojekt konzipiert wurde: <https://ieds-projekt.de/vertragsgenerator/>

- Beschleunigung des Transfers von Wissen und Technologien von Hochschulen und Forschungseinrichtungen in NRW in die Praxis über die Förderung von auf die digitale CE ausgerichtete Forschungsk Kooperationen, Gründungszentren oder der Zusammenarbeit mit Unternehmen in Studium und Lehre
- Stärkung der wissenschaftlichen Ausbildung durch Gründung bzw. Neuausrichtung von Lehrstühlen und Studiengängen zur digitalen Circular Economy; Erweiterung von Curricula von angrenzenden Studiengängen um entsprechende Module
- Systematische Ausweitung von Inhalten und Lehrangeboten zur digitalen CE in der beruflichen Aus- und Weiterbildung
- Etablierung einer Innovationspartnerschaft NRW-Niederlande-Belgien zur digitalen CE mit dem Ziel des Kompetenz-Transfers aus Leitmärkten NL/Flandern sowie der Vernetzung von Akteuren, Nutzung und Stärkung bestehender Wirtschaftsbeziehungen und Wertschöpfungsketten

Literaturverzeichnis

- Agora Industrie, Systemiq: Resilienter Klimaschutz durch eine zirkuläre Wirtschaft: Perspektiven und Potenziale für energieintensive Grundstoffindustrien. Berlin, 2023. <https://www.agora-industrie.de/publikationen/resilienter-klimaschutz-durch-eine-zirkulaere-wirtschaft> [17.7.2024].
- Bakalis, Dennis / Büchel, Jan: Datennutzung und Data Sharing. Zwischen Potenzial und Realität in deutschen Unternehmen. IW-Trends, 51. Jg., Nr. 2, S. 25-43, Köln, 2024.
- Berg, H., Bendix, P., Jansen, M., Le Blévenec, K., Bottermann, P., Magnus-Melgar, M., ... & Wahlström, M. (2021). Unlocking the potential of Industry 4.0 to reduce the environmental impact of production. European Environment Agency, European Topic Centre on Waste and Materials in a Green Economy: Mol, Belgium.
- Berg, H., Le Blévenec, K., Kristoffersen, E., Streè, B., Witomski, A., Stein, N., ... & Vrancken, K. (2020). Digital circular economy as a cornerstone of a sustainable European industry transformation. White Paper—ECERA European Circular Economy Research Alliance—20 October.
- Büchel, Jan / Engels, Barbara: Datenbewirtschaftung von Unternehmen in Deutschland. Eine empirische Bestandsaufnahme. IW-Trends, 49. Jg., Nr. 1, S. 73-90, Köln, 2022.
- Büchel, Jan / Engels, Barbara: Data Sharing in Deutschland. Verbreitung, Intensität und Potenziale. IW-Trends, 50. Jg., Nr. 2, S. 19-37, Köln, 2023.
- Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz, nukleare Sicherheit und Verbraucherschutz (BMUV): ENTWURF Nationale Kreislaufwirtschaftsstrategie. 17.6.2024. <https://www.bmuv.de/DL3288> [26.7.2024].
- Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz, nukleare Sicherheit und Verbraucherschutz (BMUV) / Umweltbundesamt (UBA): Ökodesign von Produkten – Gestaltungsauftrag für mehr Umweltschutz und Innovation, Berlin / Dessau, 2005, <https://www.umweltbundesamt.de/sites/default/files/medien/publikation/long/3154.pdf> [24.5.2024]
- CEID – Circular Economy Initiative Deutschland (Hrsg.): Zirkuläre Geschäftsmodelle: Barrieren überwinden, Potenziale freisetzen, acatech / SYSTEMIQ, München/London, 2021 <https://www.acatech.de/publikation/zirkulaere-geschaeftsmodelle-barrieren-ueberwinden-potenziale-freisetzen/download-pdf?lang=de> [20.11.2022]
- Deloitte / BDI: Zirkuläre Wirtschaft: Herausforderungen und Chancen für den Industriestandort Deutschland. 2021. <https://www2.deloitte.com/de/de/pages/sustainability1/articles/zirkulaere-wirtschaft-studie.html>, [26.7.2024].
- Fluchs, Sarah / Schleicher, Carmen: Abfallhierarchie – Die Stufen der Kreislaufwirtschaft, Teil 2 der Fact Sheet-Reihe Kreislaufwirtschaft für das Forschungsprojekt SCI4climate.NRW, Köln, 2021.
- Kirchherr, Julian / Reike, Denise / Hekkert, Marko: Conceptualizing the circular economy: An analysis of 114 definitions. Resources, Conservation and Recycling, Vol. 127, 221-232, <https://doi.org/10.1016/j.resconrec.2017.09.005>.

- Kristoffersen, Eivind / Blomsma, Fenna / Mikalef, Patrick / Li, Jingyue: The smart circular economy: A digital-enabled circular strategies framework for manufacturing companies. *Journal of Business Research*, Volume 120, 241 – 261, 2020. <https://doi.org/10.1016/j.jbusres.2020.07.044>.
- Lichtenthäler, Sarah / Neligan, Adriana: How Circular Are Businesses in Germany? *Intereconomics: Rethinking Resource Efficiency: Europe's Transition to a Circular Economy*, 58. Jg, Nr. 2, S.79-86, 2023.
- Neligan, Adriana / Engels, Barbara / Schaefer, Thilo / Schleicher, Carmen / Fritsch, Manuel / Schmitz, Edgar / Wiegand, Ralf, *Digitalisierung als Enabler für Ressourceneffizienz in Unternehmen, Gutachten im Auftrag des Bundesministeriums für Wirtschaft und Energie*, Berlin, 2021.
- Neligan, Adriana / Baumgartner, Rupert J. / Geissdoerfer, Martin / Schöggel, Josef-Peter, *Circular disruption. Digitalisation as a driver of circular economy business models. Business Strategy and the Environment*, Vol. 32, S. 1–14, 2022.
- Neligan, Adriana / Lichtenthäler, Sarah / Schmitz, Edgar, *Produkte und Dienste für eine zirkuläre Wirtschaft. IW-Report, Nr. 16*, Berlin / Köln, 2023a.
- Neligan, Adriana / Schleicher, Carmen / Engels, Barbara / Kroke, Thorsten, *Digitaler Produktpass – Enabler der Circular Economy. Relevanz und Umsetzbarkeit durch Unternehmen- IW-Report, Nr. 47*, Berlin / Köln, 2023b.
- Neligan, Adriana / Schmitz, Edgar, *Digitale Strategien für mehr Materialeffizienz in der Industrie. Ergebnisse aus dem IW-Zukunftspanel, IW-Report Nr. 3*, Köln, 2017.
- OECD: *Improving Recycling Markets*. OECD Publishing, Paris, 2006. <https://doi.org/10.1787/9789264029583-en>.
- Potting, José / Hekkert, M.P. / Worrell, Ernst / Hanemaaijer, Aldert: *Circular Economy: Measuring innovation in the product chain*. PBL Netherlands Environmental Assessment Agency, Den Haag, 2017.
- Prakash, Siddharth / Löw, Clara / Antony, Florian / Dehoust, Günter / Stuber-Rousselle, Kevin / Liu, Ran / Gascón Castellero, Lucía / López Hernandez, Viviana / Hurst, Katharina / Köhler, Andreas / Schön-Blume, Nino / Loibl, Antonia / Sievers, Luisa / Besler, Malte / Schicho, Michaela / Lotz, Meta / Eberling, Elisabeth / Langkau, Sabine / Herbst, Andreas / Tercero Espinoza, Luis / Doll, Claus / Pfaff, Matthias / Jacob, Klaus / Fiala, Valentin / Helleckes, Helene: *Modell Deutschland Circular Economy – Modellierung und Folgenabschätzung einer Circular Economy in 9 Sektoren in Deutschland*. WWF Deutschland, Freiburg, 2023.
- Prognos: *Statusbericht der deutschen Kreislaufwirtschaft 2024*. Düsseldorf, 2024. <https://www.prognos.com/de/projekt/statusbericht-deutsche-kreislaufwirtschaft-2024> [17.7.2024].
- Ramesohl, Stephan / Sebestyén, János / Berg, Holger: *Datenökosysteme für die Nachhaltigkeitstransformation: Studie im Rahmen des Projekts “Shaping the Digital Transformation”*. Wuppertal Institut. Wuppertal, April 2022.
- Scheufen, Marc, 2024, *Hemmnisse beim Data Sharing – Entwicklung und Handlungsempfehlungen*, in: *IW-Trends*, 51. Jg., Nr. 2, S. 65-80

Scheufen, Marc, 2023, Datenlizenzverträge für das Data Sharing von Unternehmen, IW-Kurzbericht, Nr. 64, Köln.

Tukker, Arnold, Eight types of product-service system: eight ways to sustainability? Experiences from SusProNet. Business Strategy and the Environment. Jg. 13, Nr. 4, S. 246-260, 2004
<https://onlinelibrary.wiley.com/doi/epdf/10.1002/bse.414> [20.9.2022].

United Nations Environment Programme (UNEP): Global Resource Outlook 2024: Bend the Trend – Pathways to a liveable planet as resource use spiked. International Resource Panel. Nairobi.
<https://wedocs.unep.org/20.500.11822/44901>.

Wenning, Rigo / Papadakos, Panagiotis / Bernier, Carolyn: DPP System Architecture (Version 1.9). CIRPASS Consortium, May 2024. <https://doi.org/10.5281/zenodo.12206138>.

Wilts, Henning / Berg, Holger / Seyring, Nicole / Vahle, Tilmann / Herrmann, Sophie / Kick, Marlene / Müller-Kirschbaum, Thomas: NRW 2030: Von der fossilen Vergangenheit zur zirkulären Zukunft. Wuppertal Institut für Klima, Umwelt Energie gGmbH (Hrsg.), Wuppertal, Mai 2022.
https://www.wirtschaft.nrw/system/files/media/document/file/nrw2030_zirkulaere_zukunft.pdf.

Wilts, Henning / Berg, Holger: The digital circular economy: can the digital transformation pave the way for resource-efficient materials cycles? In brief, 04e/2017.