

Potentialanalyse der Kreislaufwirtschaft im Kanton Aargau

Autoren: Léonard Marchand, Prof. Dr. Michael Bösch

Datum: 24. August 2023

Auftraggeber: Monika Saleh-Marte, Kanton Aargau, Rain 53, 5001 Aargau

Auftragnehmer: Fachhochschule Nordwestschweiz, Klosterzelgstrasse 2, 5210 Windisch

Inhaltsverzeichnis

Inhaltsverzeichnis.....	2
Zusammenfassung.....	3
1 Einleitung.....	5
2 Ziel und Untersuchungsrahmen.....	6
2.1 Übergreifendes Ziel.....	6
3 Methodik.....	7
3.1 Stoffflüsse in der Aargauer Abfallwirtschaft.....	7
3.2 Massnahmen und Potentiale auf Kantonsebene.....	7
3.3 Identifikation von Unternehmen mit Kreislaufwirtschafts-Potentialen.....	9
4 Ergebnisse und Auswertung.....	11
4.1 Stoffflüsse in der Aargauer Abfallwirtschaft.....	11
4.2 Abfallverwertungsanlagen.....	12
4.3 Massnahmen und Potentiale auf Kantonsebene.....	13
5 Schlussfolgerungen.....	31
Literaturverzeichnis.....	33
6 Anhang.....	34
6.1 Methodik.....	34
6.2 Ergebnisse.....	34

Zusammenfassung

Im vorliegenden Bericht werden die Potentiale zur Förderung der Kreislaufwirtschaft im Kanton Aargau untersucht. Hierzu wurden drei Ansätze verfolgt: Erstens wurden die Stoffflüsse beschrieben, welche in die Aargauer Abfallwirtschaft gelangen. Zweitens wurden auf Basis bestehender Stofffluss- und Potentialanalysen die Kreislaufwirtschaftspotentiale im Kanton Aargau bestimmt. Drittens wurden Unternehmen im Kanton identifiziert, welche aufgrund ihrer Tätigkeiten Interesse haben, mit dem Kanton die Kreislaufwirtschaftspotentiale ihrer Produkte und Prozesse zu adressieren.

Im Jahr 2021 wurden in den Abfallverwertungsanlagen 238'560 Tonnen Siedlungsabfälle verwertet, welcher 110'280 Tonnen Kehricht und Sperrgut sowie 128'280 Tonnen separat gesammelter Abfälle (Grüngut, Papier/Karton, Glas und Metall) umfassen. Zur Sonderabfallverwertung gelangten 276'560 Tonnen Sonderabfälle, die in aargauischen (167'000 Tonnen) als auch in- und ausländischen Entsorgungsunternehmen verwertet wurden. Rund 29'000 Tonnen Elektroschrott wurde im Kanton gesammelt und verwertet, und es fielen 16'780 Tonnen Klärschlamm an in den aargauischen Abwasserreinigungsanlagen. Die Bauschutttaufbereitungsanlagen nahmen rund 690'900 Tonnen mineralische Bauabfälle entgegen und die Bausperrgutsortieranlagen 246'000 Tonnen Abfälle. Insgesamt sind im Kanton 229 Entsorgungsbetriebe tätig, welche kantonale Abfälle wie solche aus den umliegenden Regionen behandeln. Die drei aargauischen KVA verbrannten rund 322'272 Tonnen Abfälle, während die zwei Zementwerke 358'629 Tonnen Abfälle verwerteten und diese als Alternativbrennstoffe (125'854 Tonnen), Rohmehlersatz (229'677 Tonnen) und Betriebsmittelstoffe (3'098 Tonnen) einsetzten. Die Grüngutverwertungsanlagen behandelten 212'601 Tonnen Grüngut.

Die Analyse der Kreislaufwirtschaftspotentiale bewertet die Potentiale hinsichtlich der möglichen Treibhausgas-Emissionsreduktion. Es wurden Reduktionspotentiale von rund 600'0000 Tonnen CO_{2e} identifiziert, wobei Food Waste (-183'600 t CO_{2e}) und Kunststoffe (-108'450 t CO_{2e}) die zwei Bereiche mit den grössten Potentialen sind. Bei Food-Waste bestehen Optimierungsmöglichkeiten entlang der gesamten Produktionskette von der Landwirtschaft bis zu den Endkonsumenten in den Haushalten und der Gastronomie, wobei Lebensmittel in den späteren Phasen aufgrund der Verarbeitungsschritte einen deutlich grösseren CO₂-Fussabdruck aufweisen als bei der Herstellung in der Landwirtschaft. Bei den Kunststoffen liegen die grössten Potentiale bei einem reduzierten Konsum sowie einer Erhöhung des Recyclings.

Die Abscheidung und langfristige Speicherung von CO₂ aus Grossfeuerungen (Carbon Capture and Storage, CCS) welche im weiteren Sinne auch als Kreislaufwirtschaftsmassnahme betrachtet werden kann, wurde separat analysiert. Mit der Ausstattung der drei KVA und zwei Zementwerke ein CO₂-Reduktionspotential weist CCS ein Reduktionspotential von rund 1'200'000 Tonnen CO_{2e}

auf. Die Ausstattung dieser Anlagen mit CCS ist gemäss CCS-Roadmap des Bundes bis 2050 vorgesehen.

Die Kontaktaufnahme mit Firmen, um ihr Interesse abzuklären, zusammen mit dem Kanton ihre Kreislaufpotentiale zu identifizieren und zu adressieren, führe nur zu geringem Rücklauf. Dies kann unterschiedlich interpretiert werden. Es ist möglich, dass der Handlungsdruck oder die eigenen Potentiale als gering eingeschätzt werden. Andererseits kann es auch sein, dass das Thema bereits adressiert wird und zum Umfragezeitpunkt deshalb keine Unterstützung vom Kanton gesucht wird. Über die Analyse der Sektorzuordnungen aller Unternehmen konnte jedoch bestimmt werden, dass im Kanton Aargau zahlreiche Unternehmen in den Sektoren tätig sind, bei denen grosse Potentiale vorhanden sind (Lebensmittel/Food Waste, Kunststoffe und Baumaterialien).

1 Einleitung

Im Jahr 2022 hat der Kanton Aargau das Programm «Aargau 2030» lanciert zur Stärkung des Wohn- und Wirtschaftsstandorts. Eines der acht Teilprojekte ist das Projekt "Förderung ressourcenschonender Innovationen", welches gleichzeitig ein Entwicklungsschwerpunkt ist. Mit der Förderung ressourcenschonender Innovationen werden Rahmenbedingungen geschaffen, um den Aargau als Innovationsstandort weiterzuentwickeln. Dazu zählen die Reduktion des Energieverbrauchs, die Erzeugung und Nutzung erneuerbarer Energien, die Dekarbonisierung und die Förderung der Kreislaufwirtschaft. Ressourceneffizienz und Klimaschutz sind globale Trends. Wer hier gute Lösungen anbietet, kann weltweit eine hohe Nachfrage generieren. Für Aargauer Unternehmen sind deshalb Ressourceneffizienz und Klimaschutz eine grosse wirtschaftliche Chance. Gerade für den Kanton Aargau mit seinem starken industriellen Sektor und seinen Branchenschwerpunkten im Bereich Energie und Elektrotechnik besteht hier ein grosses Potenzial.

Diese Studie soll eine Entscheidungsgrundlage schaffen, um ressourcenschonende Innovation im Kanton Aargau gezielt fördern zu können. Mit einer Stofffluss-basierten Potentialanalyse werden Potentiale und Massnahmen im Kanton identifiziert, um Stoffkreisläufe zu schliessen und somit den Verbrauch primärer Ressourcen wie auch die Treibhausgasemissionen zu senken. Weiter werden jene Industriesektoren bestimmt werden, welche vom Kanton als Fokussektoren identifiziert wurden und die ein bedeutendes Kreislaufwirtschafts-Potential aufweisen.

2 Ziel und Untersuchungsrahmen

2.1 Übergreifendes Ziel

Übergreifendes Ziel des Projekts ist die Generierung quantitativer Information über die Stoffflüsse und deren Umweltrelevanz im Kanton Aargau. Die Ergebnisse sollen als Grundlage dienen, um relevante Massnahmen zur Schliessung von Stoffkreisläufen im Kanton zu identifizieren.

2.1.1 Anpassung des ursprünglichen Vorhabens

Ursprünglich vorgesehen war die Analyse von Stoff- und Energieflüssen im Kanton, um relevante Massnahmen zur Schliessung von Stoffkreisläufen im Kanton zu identifizieren. Nach einer Bestandsaufnahme der Datenverfügbarkeit (Auswertung öffentlich verfügbarer Information und der Rückmeldung von angeschriebenen Industriebetrieben) ist klar geworden, dass für das ursprüngliche Vorhaben, die Modellierung auf Basis von Primärdaten zu erstellen, nicht umgesetzt werden kann. In Absprache mit der Auftraggeberin wurde deshalb das Vorgehen angepasst. Eine Zusammenstellung der Stoffströme in die Aargauer Abfallwirtschaft wurde auf Basis öffentlich verfügbarer Daten erhoben. Für die Potentialanalyse Kreislaufwirtschaft wurden Ergebnisse einer Studie des Kanton Zürichs verwendet und auf den Kanton Aargau übertragen; da jene Studie keine Energieflüsse erhoben hat, sind diese in der vorliegenden Studie ebenfalls nicht enthalten.

2.1.2 Projektziele

- Identifikation der Stoffflüsse im Kanton Aargau, welche zur Abfallwirtschaft gelangen
- Bestimmung der Kreislaufpotentiale im Kanton Aargau und Identifikation von Umsetzungsmassnahmen
- Identifikation der Unternehmen im Kanton Aargau, welche in den Sektoren mit den grössten Potentialen tätig sind

3 Methodik

3.1 Stoffflüsse in der Aargauer Abfallwirtschaft

Die Stoffflüsse in der Aargauer Abfallwirtschaft basieren auf öffentlich verfügbaren Publikationen, wobei vorwiegend auf Daten der Aargauer Abfallstatistik (Kanton Aargau 2021) zurückgegriffen wird; allfällige andere Quellen sind separat angegeben. Die Systemgrenze umfasst grundsätzlich den Kanton Aargau. Es werden jedoch im Aargau anfallende Abfälle teils auch ausserkantonale verwertet, ebenso behandeln die Aargauer Abfallverwertungsanlagen auch ausserkantonale anfallende Abfälle, worauf jeweils entsprechend hingewiesen wird.

3.2 Massnahmen und Potentiale auf Kantonebene

3.2.1 Datengrundlage

Die Identifikation von Potentialen und Massnahmen auf Kantonebene basiert auf einer Grundlagenarbeit des Kantons Zürich (Baier et al. 2020), welche auf den Kanton Aargau übertragen wurden. Die Massnahmen und deren Potentiale der Grundlagenarbeit wurden anhand einer ausführlichen Materialflussanalyse und einer darauf basierten Schätzung der korrespondierten CO₂-Äquivalente (CO₂e) erarbeitet und berechnet. Die Datenbasis stammt grösstenteils aus Statistiken zu Schweizer Massenflüssen, wobei die Umrechnung der Potentiale auf den Kanton Aargau, analog zur Grundlagenstudie (Baier et al. 2020), auf Basis der Bevölkerungszahl erfolgt. Einzelne andere Umrechnungsweisen wie z.B. beim Potential von Carbon Capture und Storage, das auf der effektiven Anzahl und Emissionsmenge der Grossfeuerungsanlagen (Zementwerke, KVA) beruht, sind entsprechend angegeben. Für die Berechnung der Potentiale im Kanton Aargau im vorliegenden Bericht wird der Zeithorizont 2032/35 aus der Grundlagenstudie (Baier et al. 2020) verwendet.

Die Massnahmen zur Erreichung des CO₂-Reduktionspotentials werden für verschiedene Sektoren in Szenarien gruppiert. Die berücksichtigten Sektoren und korrespondierenden Szenarien sind in Tabelle 1 ersichtlich. Die Ersparnisse werden berechnet als Differenz zwischen dem Szenario, in welchem keine Massnahmen ergriffen werden («Business as usual» Szenario) und die Summe von der Umweltwirkungen jedes Sektors beim Szenario mit dem kleinsten Fussabdruck (die einzelnen Massnahmen, welche in diesen Szenarien enthalten sind, sind einem separaten Excel-Dokument zu entnehmen.)

Tabelle 1: Sektoren, modellierte Szenarien in jedem Sektor und Bezeichnung der Szenarien.

Sektor	Szenario	Szenariobeschrieb
Food Waste	Szenario 1	Reduzierter Food Waste
Kunststoffe	Szenario 1	Konsum unverändert - maximale Sammlung
	Szenario 2	Konsum unverändert - maximales Recycling
	Szenario 3	Verringerter Konsum - Entsorgung unverändert
	Szenario 4	Verringerter Konsum - maximales Recycling
Bauwirtschaft - Holz	Szenario 1	Erhöhte Mobilisierung der Holzressourcen aus den Wäldern
	Szenario 2	Vermehrte Substitution von energieintensiven Materialien und Energien
	Szenario 3	Lokale energetische Nutzung des Altholzes
	Szenario 4	Erhöhung des energetischen Nutzungsgrads der Altholzverwertung
Thermische Behandlung – Energierückgewinnung KVAs	Szenario 1	Optimierte Wärmerückgewinnung
Thermische Behandlung – Metallrückgewinnung aus Schlacke	Szenario 1	Optimierte Metallrückgewinnung
Thermische Behandlung – Phosphorrückgewinnung aus Klärschlamm	Szenario 1	Optimierte Phosphorrückgewinnung
Textilien	Szenario 1	Refuse
	Szenario 2	Reuse (local and abroad)
	Szenario 3	Share
	Szenario 4	Repair
Bauwirtschaft - mineralische Baumaterialien	Szenario 1	Gebäudekerne für späteren Wohnbauersatz planen/entwickeln
	Szenario 2	Einführung von flexibleren Konzepten beim Rückbau von Wohnsiedlungen
	Szenario 3	Erhöhung des erneuerbaren Anteils im Gebäudepark
	Szenario 4	Einsatz von leicht rückbaubaren und verwertbaren Materialien
	Szenario 5	Förderung der Nutzung von gebrauchten Bauteilen
	Szenario 6	Erhöhung der Mischabbruchverwertung
	Szenario 7	Erhöhung der Gipsabbruchverwertung
	Szenario 8	Förderung der Verwertung von Ausbauasphalt
	Szenario 9	Vermehrte Verwertung von Aushubmaterial
Haushaltsabfälle bzw. haushaltsähnliche Abfälle	Szenario 1	Erhöhung der Recyclingrate um 5%
	Szenario 2	Optimiertes Recycling
Möbel	Szenario 1	Verlängerung der Lebensdauer durch erhöhte Wiederverwendung
	Szenario 2	Verlängerung der Lebensdauer durch Rücknahme, Aufbereitung und Wiederverkauf durch den Möbelvertreiber/Detailhändler
	Szenario 3	Verlängerung der Lebensdauer durch Produkt Service System (Möbel werden vermietet und nach Rückgabe an neuen Kunden vermietet)
Bauwirtschaft - Isolationsmaterialien (Wohngebäude)	Szenario 1	Erhöhtes Recycling
	Szenario 2	Verstärkte Nutzung erneuerbarer Materialien
	Szenario 3	Kombiszenario aus Szenarien 1 und 2
Grünabfälle	Szenario 1	100% Grüngutsammlung bis 2070
	Szenario 2	alle vermeidbaren Nahrungsmittelabfälle werden vermieden bis 2070
	Szenario 3	100% stoffliche und energetische Nutzung bis 2070
	Szenario 4	technischer Fortschritt bis 2070

3.2.2 Systemgrenzen

Die Systemgrenzen definieren den Bereich, für welchen die Ergebnisse der Studie gelten. Die zu erforschenden Massnahmen und Potentiale werden für die Situation im Kanton Aargau optimiert und für dem Kanton möglichst realitätsnahe Erkenntnisse liefern. Die Werte sind teilweise auf

Schweizer und teilweise auf kantonaler Ebene (Zürich) verfügbar. Der Skalierungsfaktor für den Kanton Aargau ist die Bevölkerung. Die Systemgrenzen umfassen somit den Kanton Aargau.

3.3 Identifikation von Unternehmen mit Kreislaufwirtschafts-Potentialen

Als Bestandteil der Studie sollen im Kanton Aargau ansässige Unternehmen identifiziert werden, welche aufgrund ihrer Tätigkeit Kreislaufwirtschaftspotentiale aufweisen und Interesse haben, mit dem Kanton diese Potentiale zu adressieren. Hierzu wurde ein Bottom-up Ansatz (direkte Unternehmenskontakte) sowie ein Top-down Ansatz (Sektorenanalyse) durchgeführt. Beim Aufruf zur Interessensbekundung über verschiedene Medienkanäle lanciert und ausgewählte Unternehmen aktiv kontaktiert.

3.3.1 Bottom-Up: Direkte Unternehmenskontakte

3.3.1.1 Aufruf

In einer ersten Phase wurde anhand eines Aufrufes Unternehmen im Aargauischen Raum dazu motiviert, bei Interesse zur Mitwirkung in der Studie sich bei der FHNW zu melden.

3.3.1.2 Aktive Kontaktaufnahme

Parallel zu den Aufrufen wurden Unternehmen direkt kontaktiert. Unternehmen werden in einem ersten Schritt aufgrund ihrer Kreislaufwirtschaftspotentiale priorisiert und dann kontaktiert. Daten zu den Hauptmaterialflüssen werden bei den Unternehmen, welche erreichbar sind und ein Interesse zeigen, mittels eines einfachen Formulars gesammelt. Diese Kontaktaufnahme und Datenerhebung werden in dem vorliegenden Bericht exemplarisch anhand eines Unternehmens als Case Studie dargestellt. Die Erkenntnisse sollen dem Kanton Aargau eine mögliche Herangehensweise mit identifizierten Unternehmen geben. Das Formular zur Datenerhebung wird ebenfalls diesem Bericht beigelegt.

3.3.2 Top-Down: Sektorenanalyse

Der Kanton verfügt über ein Unternehmensregister aller sich auf aargauischem Boden befindenden Unternehmen. Die Liste enthält die Hauptinformationen wie die Kontaktdaten, die Adresse, die Anzahl Mitarbeitende und den Aktivitätsbereich jedes Unternehmens. Der Aktivitätsbereich wird anhand der allgemeinen Systematik der Wirtschaftszeige (NOGA vom Französischen «Nomenclature générale des activités économiques») beschrieben (Nagy and Maor-Matthey 2008). Das Register wurde als Basis genommen, um die Unternehmen in relevanten Sektoren zu identifizieren. Die Identifikation erfolgte in zwei Schritten:

- 1) Selektion: Abgleich der NOGA-Nummern und der Themenbereiche des Kantons Aargau und der Stadt (Relevante Sektoren)
- 2) Potential: Priorisierung der Liste aufgrund der Potentialbereiche der Studie der ETH Zürich, welche den Beitrag der Kreislaufwirtschaft zur Klimaneutralität der Schweiz untersucht (Wiprächtiger and Haupt 2022)

4 Ergebnisse und Auswertung

4.1 Stoffflüsse in der Aargauer Abfallwirtschaft

Im Jahr 2021 wurden im Kanton Aargau 238'000 Tonnen Siedlungsabfälle durch die Gemeinden gesammelt, was rund 344 Kilogramm pro Person entspricht. Die Siedlungsabfälle bestehen aus 110'280 Tonnen Kehricht und Sperrgut sowie 128'000 Tonnen separat gesammelter Abfälle. Bei den separat gesammelten Abfällen dominiert das Grüngut (83'040 t), während von Papier/Karton (24'580 t), Glas (17'220 t) und Metall (3'440 t) deutlich geringere Mengen gesammelt wurden. Abfälle aus Haushalten, welche nicht in den kommunalen Einrichtungen, sondern in einer steigenden Anzahl von privaten Recyclinghöfen entsorgt werden, werden bei der vorliegenden Datenerhebung nicht erfasst. Der Kehricht wird vorwiegend in den drei Kehrichtverbrennungsanlagen (KVA) in Buchs, Oftringen und Turgi entsorgt, während die separat gesammelten Abfälle stofflich verwertet werden.

	Total	Kehricht und Sperrgut		Separatsammlungen					
				Total		Grüngut	Papier/ Karton	Glas	Metall
1995	196'993	94'433	48 %	102'560	52 %	45'440	35'040	14'780	7'300
2000	216'343	96'053	44 %	120'290	56 %	54'980	42'600	16'360	6'350
2010	246'942	108'722	44 %	138'220	56 %	68'650	44'730	20'160	4'680
2015	240'729	110'519	46 %	130'210	54 %	72'000	35'880	18'160	4'170
2020	237'070	110'390	47 %	126'680	53 %	81'130	23'820	18'160	3'570
2021	238'560	110'280	46 %	128'280	54 %	83'040	24'580	17'220	3'440
Δ 2021 – 2020	1'490	-110		1'600		1'910	760	-940	-130
	0,6 %	-0,1 %		1,3 %		2,4 %	3,2 %	-5,2 %	-3,6 %

Abbildung 1. Siedlungsabfallmengen aus Haushalten und Betrieben, welche über Sammelstrukturen der Gemeinden entsorgt wurden (Kanton Aargau 2021).

Es fielen rund 276'560 Tonnen Sonderabfälle im Kanton Aargau an, wovon 66'960 Tonnen aus Haushaltungen stammen (96 Gramm pro Kopf). Produkte, welche vom Handel selber zurückgenommen werden, sind dabei nicht enthalten. Die Sonderabfälle werden sowohl im Kanton wie auch ausserkantonale im In- und Ausland entsorgt. Rund 167'000 Tonnen Sonderabfälle wurden im Kanton selbst entsorgt. 70% innerkantonalen Verwertung fand in Zementwerken, Industriefeuerungen, KVA und Sonderabfallverbrennungsanlagen statt, rund 14% wurden mit biologischen, chemischen oder physikalischen Prozessen behandelt, 7% wurden mechanisch und manuell sortiert und 8% in Deponien abgelagert.

Die Menge an im Kanton Aargau gesammeltem Elektroschrott betrug 29'000 Tonnen. Mit 1'140 wurde nur ein geringer Teil davon grob zerlegt, während 27'900 Tonnen mechanisch zerkleinert und in verwertbare und zu entsorgende Bestandteile getrennt wurde. Es fielen 16'780 Tonnen Klärschlamm an in den Aargauer Abwasserreinigungsanlagen. Der Klärschlamm wird entwässert

und je nach Verwertung zusätzlich getrocknet, und danach in Schlammverbrennungsanlagen, Zementwerken, KVA sowohl inner- wie auch ausserkantonale verbrannt. Die Phosphorrückgewinnung aus Klärschlamm wird ab 2016 gesetzlich vorgeschrieben, wobei die dafür geeigneten Technologien sich noch in unterschiedlichen Technologiereifegraden befinden. Die Menge an gesammeltem Grüngut im Kanton Aargau betrug 234'000 Tonnen, wobei das meiste (212'600 Tonnen) auch innerkantonale verwertet wurde. Es wurden rund 690'900 Tonnen mineralische Bauabfälle von Bauschuttzubereitungsanlagen entgegengenommen, während die Bausperrgutsortieranlagen 246'000 Tonnen Abfälle behandelten. Mineralische Bauabfälle (sog. Bauschutt wie Strassenaufbruch, Betonabbruch, Mischabbruch und Ausbauasphalt) werden fast ausschliesslich zu Recyclingbaustoffen zubereitet, während Bausperrgut den entsprechenden Entsorgungspfaden zugeführt wird. Nicht verwertbare Bauabfälle werden deponiert.

4.2 Abfallverwertungsanlagen

Im Kanton Aargau sind insgesamt 229 Entsorgungsbetriebe tätig, welche kantonale Abfälle wie solche aus den umliegenden Regionen behandeln.

Die drei aargauischen KVA (KVA Buchs, KVA Turgi, KVA Oftringen) verbrannten rund 322'272 Tonnen Abfälle, wobei als Rückstände 67'088 Tonnen Schlacke und rund 5300 Tonnen Filtersche anfielen, welche vor der Deponierung zur Metallrückgewinnung behandelt wurden. Die verbrannten Abfälle stammten zu rund 53% aus Gewerbe und Industrie, 30% aus den Gemeinden und 17% aus dem Ausland.

Die zwei im Kanton Aargau betriebenen Zementwerke in Wildegg (Jura-Cement) und Würenlingen (Holcim) verwerteten rund 358'600 Tonnen Abfälle, welche als Alternativbrennstoffe (125'850 t), Rohstoffersatz (229'700 t) und Betriebshilfsstoffe (3098 t) eingesetzt wurden. Durch die Abfallmitverwertung in den Zementwerken wurden Primärrohstoff-Substitutionsraten von 59% bei Brennstoffen und 11% bei Rohstoffen erreicht.

Die 34 Kompostier- und Vergärungsanlagen verarbeiteten 212'600 Tonnen Grüngut, wobei mit 57% etwas mehr als die Hälfte vergärt und 43% kompostiert wurde. Der dabei entstehende Dünger wird vorwiegend in der Landwirtschaft eingesetzt, während ein geringer Teil im gewerblichen und privaten Gartenbau eingesetzt werden. Naturbelassenes Holz wird der energetischen Nutzung zugeführt. Das Methan aus der Vergärung wird grösstenteils in Blockheizkraftwerken für die Strom- und Wärmeerzeugung genutzt wird oder zubereitet und ins Gasnetz eingespeist wird.

Die 27 Aargauer Bauschuttzubereitungsanlagen verarbeiteten 690'000 Tonnen mineralische Bauabfälle, welche danach als Rohstoffe im Baubereich eingesetzt werden. Die 21 Bausperrgutsortieranlagen sortierten 246'000 Tonnen Abfälle. Die verwertbaren Fraktionen wie brennbare Abfälle,

mineralische Bauabfälle, Papier/Karton, Metalle, etc., werden aussortiert und die nichtverwertbaren Anteile der Deponierung zugeführt.

Die fünf im Kanton Aargau betriebenen Deponien (Reaktordeponie Seckenberg, Inerstoffdeponie Emmet, Aushubdeponien Weid-Banacker, Sisslerfeld und Babilon) nahmen rund 600'000 Tonnen Abfälle an. Die Aushubdeponien deponieren mit 449'300 Tonnen die meisten Abfälle, gefolgt von der Inerstoffdeponie (118'186 t) und der Reaktordeponie (34'771 t).

4.3 Massnahmen und Potentiale auf Kantonsebene

Das Potential zur Treibhausgasemissionsverminderung durch die Schliessung von Stoffkreisläufen beträgt für den Kanton Aargau über 600'000 t CO₂e. pro Jahr für den Zeitraum 2023/3035, ohne Berücksichtigung von Kohlenstoffabscheidung (Carbon Capture and Storage, CCS) bei Grossfeuerungen. Die drei Bereiche Food Waste (Reduktionspotential: 180'000 Tonnen CO₂e), Kunststoffe (108'000 t CO₂e) und das Baumaterial Holz (94'500 t CO₂e) weisen zusammen rund 50% des gesamten Reduktionspotentials auf. Die anderen untersuchten Bereiche (thermische Behandlung, Textilien, mineralische Baustoffe, Haushaltsabfälle, Möbel, Isolations-Baumaterial und Grünabfälle) haben ein deutlich geringeres Reduktionspotential (Abbildung 2). Im Folgenden werden die einzelnen Bereiche beschrieben, wobei Food Waste (Kapitel 4.3.1) und Kunststoffen (4.3.2) aufgrund des hohen Potentials je ein eigenes Kapitel zugewiesen wird, und die restlichen Bereiche in einem Kapitel (4.3.3) zusammengefasst sind.

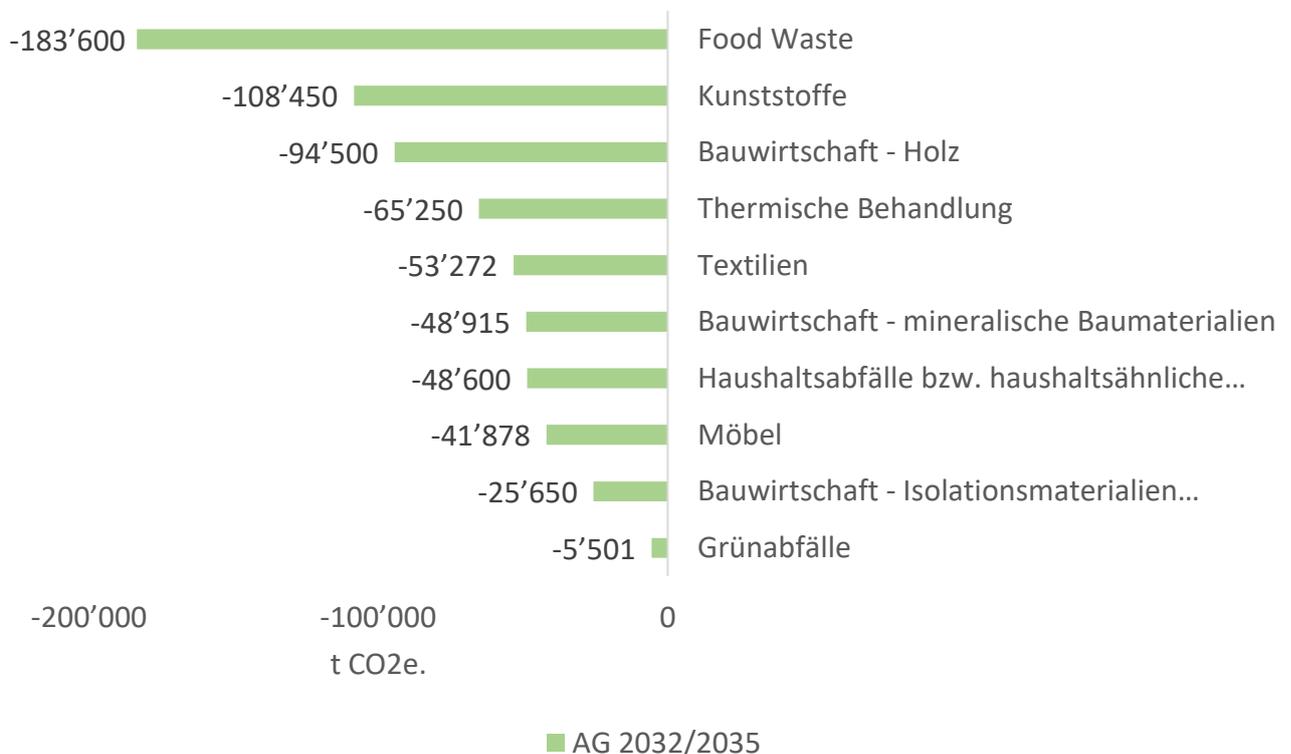


Abbildung 2: Reduktionspotential in t CO₂e./Jahr für den Zeithorizont 2032/2035 im Kanton Aargau.

4.3.1 Food Waste

4.3.1.1 Mengen

Die Verschwendung von Lebensmitteln in der Schweiz ist ein sehr aktuelles Thema. Jedes Jahr werden laut dem Bundesamt für Umwelt (BAFU) 2.8 Mio. Tonnen Lebensmittel nicht als Nahrung konsumiert, was einer durchschnittlichen Menge von 330 kg pro Person entspricht. Für den Kanton Aargau entspricht dies einer Menge von ca. 240'880 Tonnen Lebensmittel. Dieser Wert beinhaltet alle Verluste entlang der Produktions- und Versorgungskette im Kanton Aargau sowie im In- und Ausland für Nahrungsmittel, die für den Konsum im Kanton Aargau produziert werden.

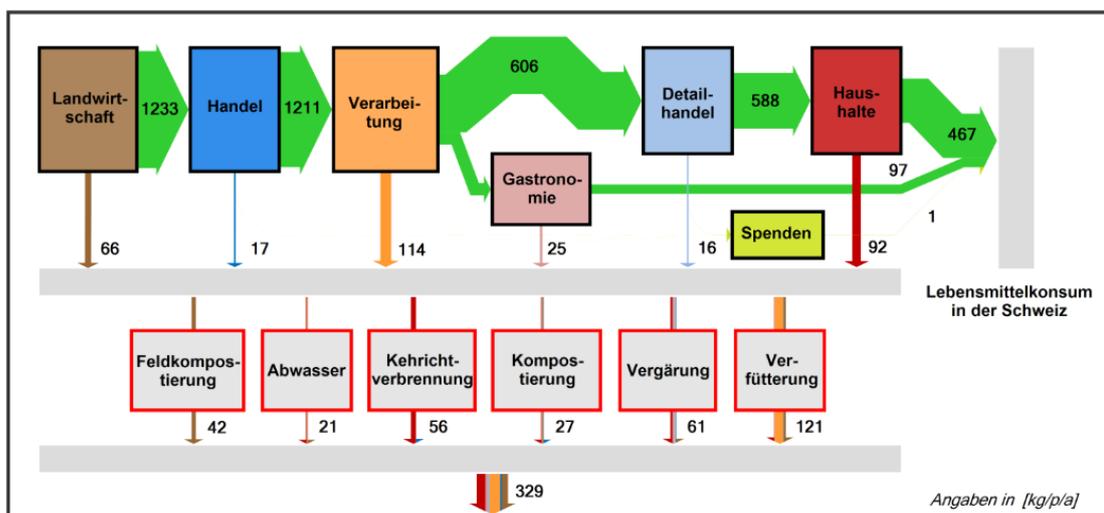


Abbildung 3: Verluste entlang der Produktionskette von Lebensmitteln in kg/p/a (Beretta and Hellweg 2019) für die Schweiz

In der Landwirtschaft fallen rund 20% der Verluste an, davon ca. 2/3 im Ausland. In der Verarbeitung betragen die Verluste rund 35%. Haushalte sind für 28% der Verlustmasse verantwortlich, während in der Gastronomie rund 10% der Verluste anfallen.

4.3.1.2 Umweltwirkungen

Die durch Lebensmittelverluste verursachten Treibhausgasemissionen in der Schweiz betragen 4 Mio. t CO₂e pro Jahr. Für den Kanton Aargau ergibt dies einen Wert von ca. 325'000 t CO₂e pro Jahr mit der Annahme, dass der Konsum im Kanton Aargau dem Schweizer Durchschnitt entspricht. Die Umweltauswirkung der Lebensmittel sind am Ende der Verarbeitungskette grösser als zu Beginn, da zusätzliche Energie- und Ressourcenverbräuche anfallen für die Verarbeitung, Lagerung, Transport, Verpackung und Zubereitung. Eine Reduktion der Abfälle beim Verbraucher oder der Verbraucherin (Haushalte, Gastronomie) hat somit eine deutlich grössere Auswirkung als eine in den ersten Verarbeitungsstufen. Somit könnten Vermeidungsmassnahmen am Ende der Lebensmittelkette (Haushalte und Gastronomie) zu einer Reduktion von mehr als 50% der gesamten Lebensmittelverlust-bedingten CO₂e-Emissionen führen. Diese Situation ist eine Bestandsaufnahme der heutigen Situation (Bevölkerungszahl für das Jahr 2024) und wird sich mit der Zeit und der Bevölkerungsänderung verändern. Aufgrund der geschätzten Zunahme der Bevölkerung (25% mehr Aargauer und Aargauerinnen im Jahr 2050 im Vergleich zu 2024 laut dem Bundesamt für Statistik) werden Massnahmen zur Reduktion der Verluste, insbesondere in Haushalten und in der Gastronomie, in der Zukunft an Bedeutung gewinnen.

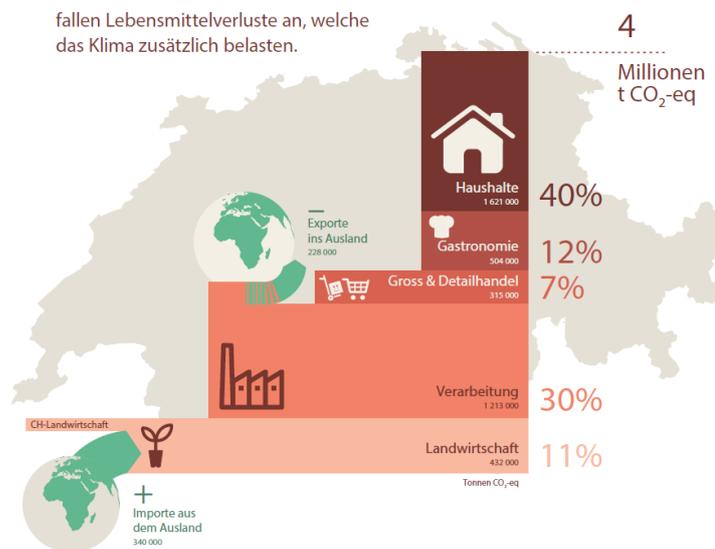


Abbildung 4: Anteile der einzelnen Lebensmittelsektoren an dem CO₂-Fussabdruck von Food Waste (Beretta and Hellweg 2019)

4.3.1.3 *Massnahmen und Potentiale*

Der Bundesrat hat im Jahr 2022 einen Aktionsplan zur Bekämpfung vom Food Waste verabschiedet, welcher eine Halbierung der bis 2030 verschwendeten Menge gegenüber 2017 anstrebt. Massnahmen im Bereich Food Waste, welche mit einem Reduktionspotential von rund 183'000 t CO₂e pro Jahr das grösste Potential für den Kanton Aargau aufweisen, umfassen Veränderungen in der Bildung, in den Haushalten, in der Gastronomie und in der Versorgungskette von Lebensmitteln mittels angepasster Angebots- und Nachfragenmodelle. 45% der Ersparnisse sind auf Massnahmen in Haushalten zurückzuführen, 14% auf Massnahmen in der Gastronomie und 40% im Rest der Versorgungskette. Massnahmen in Haushalten setzen den Fokus auf die Bildung, um möglichst gut informierte Konsumenten zu erzeugen, wobei die Informationen z. B. mit Hilfe von Veranstaltungen in den Grund- und Mittelstufen, Informationskampagnen und geeignete Produktbeschreibungen übermittelt werden. Die Massnahmen in der Gastronomie sollen den Fokus auf die Beschaffung von saisonalen Lebensmitteln und einen ganzheitlichen Verbrauch von Produkten legen. Nonkonforme Lebensmittel und Produkte mit mangelnder Nachfrage sollen anhand Massnahmen ein Nutzen finden. In der Versorgungskette besteht ein Potential in der Reduktion der Verluste durch das Spenden und die Verteilung von Überschüssen.

Die folgende Tabelle gibt eine Übersicht möglicher Massnahmen in der Versorgungskette von Lebensmitteln, um die Verluste zu reduzieren.

Tabelle 2: Zusammenfassung möglicher Massnahmen zur Bekämpfung von Food Waste und Förderung der Kreislaufwirtschaft im Kanton Aargau (Tabelle angepasst übernommen und angepasst von (Baier et al. 2020))

Massnahmen	Gesamtes Reduktionspotential (t CO₂e) Zeithorizont 2030/32
Haushalte	82'620
Bildung, Grund- und Mittelschule (Fokus Konsumentenverhalten, Hauswirtschaft)	
Sensibilisierungsaktionen (Kampagnen, ...)	
Produktinformationen (digitale Lösungen auch kurzfristig umsetzbar)	
Gastronomie	25'704
Beschaffung mehr Angebots-orientiert (saisonal) und Verwertung von nicht-normkonformen Gemüse sowie Fleischprodukten mit mangelhafter Nachfrage (Innereien, Suppenhühner...)	
Buffet- und Speisereste beim Gast vermeiden (z.B. kleinere Portionen, kleinere Teller, Ausgabe auf Bestellung gegen Buffetende, Resten-Box...)	
Vermeiden von Zubereitungsverlusten und Überschüssen in der Küche	
Rahmenbedingungen für kantonale und kommunale geführte Grossküchen	
Aus- und Weiterbildungsangebote für Personal	
Landwirtschaft, Handel und Verarbeitung	75'276
Landwirtschaft/Handel/Verarbeitung/Gastronomie: Verwertung von Überschüssen und von Produkten, die wegen Normen als Frischware im Detailhandel nicht verkaufbar sind	
Handel: Angebots-orientierte Beschaffung	
Handel: Kunden nicht incentivieren mehr zu kaufen als sie brauchen (Ausgestaltung des Sortiments, Sensibilisierung am Point of Sales, Packungsgrößen, Aktionen...)	
Verteilung und Spenden überschüssiger Lebensmittel an hilfsbedürftige Organisationen	
Reduzierter Verkauf (z.B. Too Good To Go, Ässbar, eigene Regale mit Brot vom Vortag und Produkten über dem MHD) und Verteilung von Überschüssen (z.B. an Mitarbeitende, Foodsharing...)	

Nachfolgend stehen Erläuterungen zu den einzelnen Food Waste Bereichen gemacht. Anhand des Unternehmensregisters des Kantons Aargau und Statistiken zu Vollzeitäquivalenten werden Spezifitäten des Kantons Aargau veranschaulicht.

Landwirtschaft Ein Vergleich mit dem Unternehmensregister des Kantons zeigt, dass es 3119 Einträge von Betrieben gibt, welche Hauptsitz im Kanton Aargau besitzen und in der Land- und Forstwirtschaft und in der Fischerei tätig sind. Angenommen, dass der Anteil der Verluste im Vergleich zum Rest der Produktionskette im Kanton Aargau der gleiche ist als im Schweizer Durchschnitt, fallen in der Aargauer Landwirtschaft pro Jahr rund 48'000 Tonnen Lebensmittel als Abfälle an. Eine Analyse der Schweizer Statistik der Unternehmensstruktur (STATENT, 2020) deutet darauf hin, dass mehr als 40% der Vollzeitäquivalente in der Landwirtschaft im Bereich der Tierhaltung und des Anbaus von Gemüse und Melonen sowie Wurzeln und Knollen stattfindet. Allgemein sind in der Landwirtschaft vor allem Verluste in der Gemüse- und Früchtebranche und Verluste wegen kurzer Haltbarkeit und Normen zu erwarten (Crevoisier 2023). Die kurze Haltbarkeit ist durch saisonale Schwankungen verstärkt, da diese zu einem Überangebot führen, um die Deckung der Nachfrage zu gewährleisten. Normen werden aufgrund ästhetischer und qualitativer Kriterien erstellt und verursachen, dass essbare Lebensmittel weggeworfen werden, wenn sie die Kriterien nicht erfüllen.

Im Kanton Aargau stellen somit Massnahmen im Bereich der Tierhaltung und des Anbaus von Gemüse und Melonen sowie Wurzeln und Knollen ein grosses Potential zur Reduktion der Verluste.

Laut dem Schweizer Bauernverein sollten nicht handelsfähige Produkte direkt vor Ort verkauft werden (z. B. Hofladen) oder mit Hilfe von Betrieben, welche nichthandelsfähige Lebensmittel abnehmen. Eine nicht ausführliche Liste solcher Abnehmer ist auf der Website des Schweizer Bauernverein zu finden (<https://www.sbv-usb.ch/de/schlagworte/foodwaste>).

Gross- und Detailhandel Gross- und Detailhandel sind für 7% des CO₂-Fussabdruckes verantwortlich. Die Verluste sind mengenmässig in beiden Bereichen ähnlich, mit ca. 12'000 t Verlusten pro Jahr im Kanton Aargau. Auch wenn der Anteil des CO₂-Fussabdruckes im Vergleich zu den anderen Bereichen relativ gering ist, spielt der Handel eine grosse Rolle, da viele Anforderungen von diesem kommen und dadurch Verluste in anderen Bereichen wie der Landwirtschaft verursachen. Somit werden z. B. essbare Gemüse und Früchte aus der Landwirtschaft aufgrund von mangelnder optischer Qualität weggeworfen. Dazu kann der Detailhandel ebenfalls das Verhalten von KonsumentInnen durch Informationskampagnen und Gestaltung des Angebotes positiv beeinflussen und die Verluste in Haushalten reduzieren (Baier et al. 2020).

Grosshandel-Betriebe sind im Kanton Aargau vertreten und 249 Einträge sind im Unternehmensregister des Kantons zu finden. Die Vollzeitäquivalente deuten darauf hin, dass u. a. der Grosshandel von sonstigen Getränken (32%) und von Obst, Gemüse und Kartoffeln (12%) im Kanton Aargau vertreten sind.

Im Unternehmensregister konnten 900 Einträge von Detailhandelbetrieben gefunden werden. Der Anteil des Detailhandels von Fleisch und Fleischwaren macht besitzt 18% der Vollzeitäquivalente

dieses Bereiches. Geeignete Massnahmen könnten somit Verluste von Fleischprodukten und den entsprechenden hohen spezifischen Fussabdruck reduzieren.

Verarbeitung Im Schweizer Durchschnitt ist die Verarbeitung für 30% der Verlust-bedingten CO₂e-Emissionen verantwortlich. Auf kantonsebene ergibt dies eine Menge von rund 97'500 t CO₂e pro Jahr. Laut STATENT machen die Erstellung von Kakao- und Schokoladeerzeugnissen (18%), die Herstellung von Bier (18%), die Fleischverarbeitung (10%), die Herstellung von Erfrischungsgetränken (8%) und die Herstellung von Käse (7%) die Mehrheit der Vollzeitäquivalente der Lebensmittelverarbeitungsbranche im Kanton Aargau aus. D

Massnahmen in diesen Bereichen besitzen somit ein grosses Potential, weil sie einen grossen Anteil der Vollzeitäquivalente in der Verarbeitung ausmachen und die Verarbeitung selbst für einen wichtigen Anteil des Fussabdruckes der Lebensmittelindustrie verantwortlich ist. Die Produkte sind oft ressourcenintensiv (z. B. Fleischherstellung) und kommen z. T. aus Regionen mit hoher Biodiversität und Kohlenstoffspeichervermögen, welche durch den Anbau verdrängt werden (z. B. Kakao, Kaffee) (Baier et al. 2020). Massnahmen im Bereich der Bierherstellung können ebenfalls einen grossen Beitrag zur Fussabdruckreduktion, da viele Nebenprodukte zur Verfügung stehen und heute nur z. T. sinnvoll eingesetzt werden (z. B. Tierfutter).

Gastronomie Der Gastronomiebereich ist für 12% der mit Food Waste-verbundenen CO₂e-Emissionen verantwortlich. Produkte in der Gastronomie haben einen hohen spezifischen Fussabdruck (8% der Verluste verursachen 12% des Fussabdruckes) und Massnahmen sind somit mit einem grossen Reduktionspotential pro Lebensmittelmenge verbunden.

Eine Analyse der Vollzeitäquivalente des Gastronomiesektor liefert keine Auskünfte über die Verteilung der FTE auf verschiedene Gastronomiebereiche.

Haushalte Haushalte spielen eine grosse Rolle in der Bekämpfung von Food Waste, einerseits aufgrund der grossen Menge an Verluste (ca. 67'154 Tonnen pro Jahr), andererseits weil diese Verluste sich am Ende der Produktions- und Lieferkette der Lebensmittel befinden und somit wie in der Gastronomie hohe spezifische Umweltwirkungen haben.

Da in der vorliegenden Studie der Schwerpunkt auf Unternehmensmassnahmen liegt, wurde der Haushaltbereich nicht genauer untersucht. Eine Liste möglicher Massnahmen in Haushalten ist in der Tabelle 2 ersichtlich. Projekte wie das Projekt «Aufgaben!» sind sehr wichtig, da sie einerseits ermöglichen, aktuelle Daten zu erheben und gleichzeitig die Gesellschaft sensibilisieren.

4.3.2 Kunststoffe

4.3.2.1 Szenarien und Massnahmen

Zur Bestimmung der Potentiale im Kunststoffbereich werden Szenarien gebildet und miteinander verglichen. Die modellierten Szenarien schildern Zustände erhöhter Materialfluss-Zirkularität, wobei der Konsum entweder als unverändert (BAU, vom Englischen «Business as usual») oder als verringert modelliert wird. Die Szenarien und die entsprechenden Zeithorizonte, für welche sie modelliert wurden, sind in der unterstehenden Tabelle zu finden. Diese Szenarien enthalten gezielt Massnahmen, welche von kantonalen Ämtern beeinflussbar sind.

Tabelle 3: Szenarien im Kunststoffbereich und entsprechende Zeithorizonte

		2024	2032	2045	2070
Konsum unverändert	Entsorgung unverändert (BAU)	x	x	x	x
	maximale Sammlung	x	x		
	maximales Recycling			x	x
Verringerter Konsum	Entsorgung unverändert	x	x	x	x
	maximale Sammlung	x	x		
	maximales Recycling			x	x

Entsorgung unverändert (Business As Usual, BAU)

Im BAU-Szenario wurde die Konsummenge proportional zur Entwicklung der Bevölkerung modelliert. Bei Personenwagen basiert die Konsummenge auf der geschätzten Fahrzeugkilometerentwicklung des Bundesamtes für Raumentwicklung (2020, 2030, 2040). Die Anteile in der Fraktion, welche thermisch verwertet wird, sind in allen Szenarien dieselben (98 % KVA + 2% Zementwerk, ausser Polyvinylchlorid, welches zu 100% in KVA verwertet wird).

Maximale Sammlung

Erhöhte Sammelquote für die Plastiksarten in Segmenten, welche heute schon gesammelt werden. Die gesamte heutige Sammelquote von 23% wird linear bis zum Jahr 2032 erhöht, in welchem sie 90% beträgt, analog zur mittleren Sammelquote bereits separat gesammelter Abfälle (PET, Glas, Papier, etc.). Falls eine Plastiksorte (z. B. PET-Flaschen, Elektronikgeräte) heute schon eine höhere Sammelquote besitzt, wird die höhere Sammelquote beibehalten. Die Sortier- und Recyclingeffizienzen bleiben unverändert. Diese Massnahmen betreffen nur Fraktionen, welche heute schon gesammelt werden und deren Sammelquote, welche mit der Zeit erhöht werden. Weil die Sortiereffizienz als konstant angenommen wird, kann eine Überschätzung der Rezyklatmenge in gewissen Segmenten verursacht werden, da die gesammelte Menge möglicherweise einen Einfluss auf die Effizienz haben kann.

Maximales Recycling

Die Recyclingquote wird linear von 10% bis 90% in 2070. Diese Erhöhung voraussetzt eine veränderte Abfallzusammensetzung gegenüber heute, sowie entsprechende Sammel-, Sortier- und Recyclingsysteme. Solche Massnahmen erfordern Entwicklungen in den Bereichen Produktdesign und Sortier- und Recyclingprozesse, welche nur in den Zeithorizonten 25-50 Jahre realistisch sind.

Verringerter Konsum

Es wird eine Konsumreduktion angenommen, welche linear verläuft und bis 2070 einen 50% Reduktion erreicht. Es wird angenommen, dass der reduzierte Kunststoffverbrauch durch kein anderes Material ersetzt wird.

4.3.2.2 Massnahmen und Potentiale

Die grösste Reduktion der CO₂-Emissionen wird mittels einer Kombination von maximalem Recycling (Erhöhung der Recyclingquote) und minimalem Konsum (reduzierte Produktion).

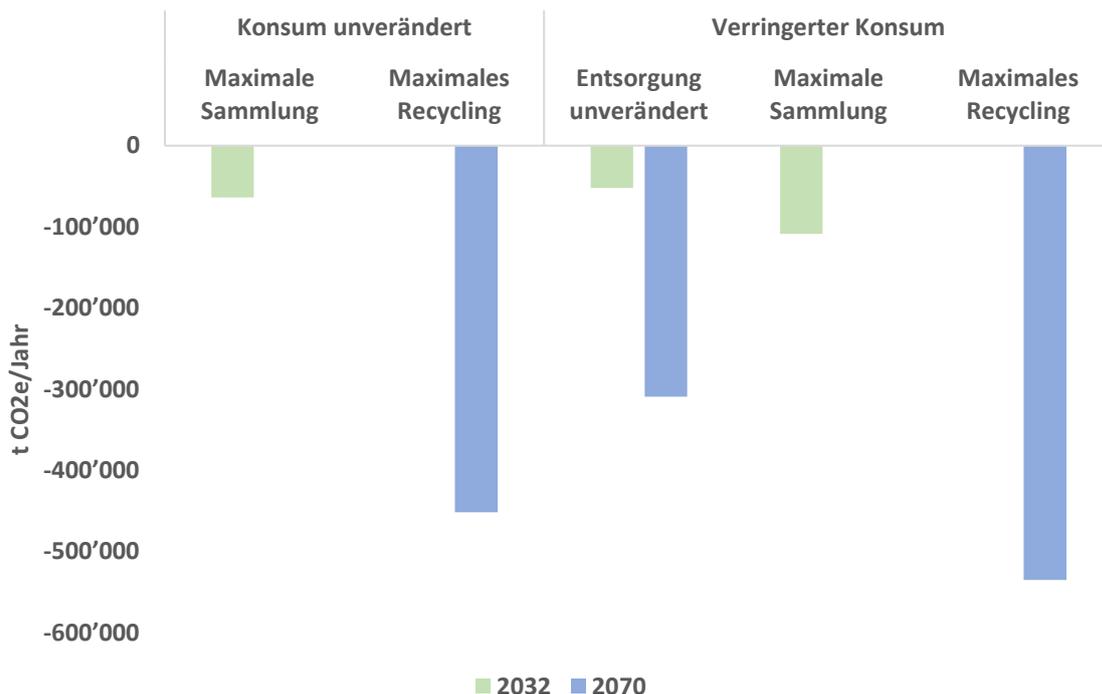


Abbildung 5: Reduktionspotentiale in t CO₂e./Jahr für die Szenarien im Kunststoffbereich und die Zeithorizonte 2032 und 2070 im Kanton Aargau

Die Reduktion des Fussabdruckes ist grösser, wenn eine Erhöhung des Recyclings durch Massnahmen angestrebt wird und nicht nur eine Reduktion der Konsummenge. Ein maximales Recycling ist nur durch drastische Veränderungen möglich, wie geeignetes Produktdesign, ausgebaute

Sammelstellen und effizientes Recycling. Bei Massnahmen, welche die Verringerung der Konsummenge anstreben, soll darauf geachtet werden, dass es keine Problemverlegung gibt aufgrund vom Einsatz von Materialien ohne Kunststoffe aber mit grösseren Umweltwirkungen.

Die Erhöhung der Sammelquote allein verursacht ebenfalls eine Reduktion der CO₂e-Emissionen, welche aber kleiner ist als bei erhöhtem Recycling und verringertem Konsum. Bei einer Erhöhung der Sammelquote wird vor allem der Fussabdruck von Verpackungen verbessert, deren Produktuntergruppe heute schon gesammelt und recycelt werden. Informationstransparenz ist dabei sehr wichtig und kann dazu beitragen, eine hohe Rezyklatqualität zu erreichen, was einen Ersatz von Primärmaterialien (z. B. bei Verpackungen) ermöglicht.

Die Zunahme der CO₂e-Emissionen wenn keine Massnahmen ergriffen werden (BAU) ist auf die grösseren Abfallmengen aus dem Baubereich und die erwartete Konsumzunahmen zurückzuführen. Da die Menge von Kunststoffabfällen im Baubereich zunehmen wird, können Massnahmen in diesem Bereich einen substanziellen Beitrag zur Schliessung von Kreisläufen liefern.

4.3.3 Weitere Bereiche

Neben Food Waste und Kunststoff bieten weitere Bereiche deutliche Reduktionspotentiale; diese sind im Folgenden beschrieben.

Bauwirtschaft - Holz

Durch das Ergreifen von Massnahmen im Einsatz von Holz als Baumaterial können über 90'000 t CO₂e pro Jahr vermieden werden. Die wichtigsten Massnahmen sind die effiziente Beschaffung von Holz aus Wäldern, den Ersatz von energieintensiven Materialien durch Holz, die lokale thermische Verwertung von Altholz und die Steigerung der Effizienz bei der Energierückgewinnung der thermischen Verwertung.

Thermische Behandlung

Massnahmen in der thermischen Behandlung, welche ein Potential von rund 65'000 t CO₂ pro Jahr aufweisen, werden in drei Kategorien unterteilt: Energierückgewinnung, Rückgewinnung von Metallen, und Rückgewinnung von Phosphor

Massnahmen zur erhöhten Energierückgewinnung sind technische Massnahmen, welche die Effizienz der KVA steigern können. Die KVAs Buchs und Oftringen wurden als «Anlagen mit Nachholbedarf» und die KVA Turgi als Anlage «mit wenig Fokus auf Strom» eingestuft (Fasko and Bachmann 2014). Aufgrund der untersuchten Anlagen in der Studie (Fasko and Bachmann 2014) sollen Massnahmen folgende Wärmequellen betreffen: Rauchgase vor dem Wäscher, latente Wärme der Rauchgase im Wäscher oder vor dem Kamin, Rauchgase vor dem Kamin. Diese und

weitere Wärmequellen sollten bei den KVAs im Kanton Aargau genauer untersucht werden, da die Situation bei jeder KVA unterschiedlich ist.

Die Rückgewinnung von Metallen aus der Schlacke kann durch eine Kapazitätserhöhung der zu bearbeitenden Schlacke und Massnahmen zur Reduktion der Restmetalle in der aufbereiteten Schlacke optimiert werden. Die technischen Massnahmen sind Anlagen-spezifisch und hängen vom aktuellen Entwicklungsgrad der Prozesse ab.

Zusätzlich zur Energie- und Metallrückgewinnung soll Phosphor aus dem Klärschlamm stofflich verwertet werden, um das analysierte Potential zu verwirklichen. Eine erste Massnahme soll eine ausreichende Kapazität zur zentralen Lagerung und Verbrennung des Klärschlammes zu gewährleisten. Mit weiteren Massnahmen sollen die Verfahrensentwicklung zur Phosphorrückgewinnung unterstützt und die Produktion von sekundärem Dünger gefördert werden.

Textilien

Massnahmen im Textilsektor können einen Beitrag von über 50'000 t CO₂e. pro Jahr liefern. Dies wird erreicht, wenn durch Bildung zu Kreislaufwirtschaft und den Umweltwirkungen der Textilproduktion eine substantielle Reduktion des Textilkonsums erreicht wird

Bauwirtschaft – mineralische Baumaterialien

Im Bereich der mineralischen Baumaterialien kann eine Reduktion von über 48'000 t CO₂e pro Jahr erreicht werden. Die wichtigsten Massnahmen sind die Verbrauchsreduktion von Baustahl und Beton. Konkrete Massnahmen sind eine flexible Auslegung der Grundrisse und Statik, die Verlängerung der Lebensdauer der Gebäude, sowie die Förderung des Gebäudeumbaus anstatt Rückbau.

Haushaltsabfälle, bzw. haushaltsähnliche Abfälle

Massnahmen zur Reduktion der Haushaltsabfälle beinhalten ein Reduktionspotential von über 48'000 t CO₂e pro Jahr. Die vorgeschlagenen Massnahmen die Erstellung von Vorgaben zur Verwertung, die Anwendung von Zielindikatoren sowie Schaffung von Anreizen zur Umsetzung.

Möbel

Massnahmen zur Reduktion der Möbelproduktion umfassen ein Reduktionspotential von über 40'000 t CO₂e pro Jahr. Die wichtigsten Massnahmen sind die Erschaffung von finanziellen Anreizen zur Möbelerückgabe, die Implementierung einer Logistik, welche die Möbelerückgabe einfacher macht und die Entwicklung gesetzlicher Vorschriften, welche Möbelgeschäfte dazu verpflichten, die Möbel zurückzunehmen und wiederzuverkaufen.

Bauwirtschaft – Isolationsmaterialien

Das Reduktionspotential bei Isolationsmaterialien beträgt rund 25'000 t CO₂e pro Jahr und besteht auf einem erhöhten Recycling der genutzten Produkte sowie auf dem Einsatz erneuerbarer Materialien anstelle von fossilbasierten Produkten. Die wichtigsten Massnahmen, welche dazu beitragen können, sind die Untersagung von Verklebung von Isolationsmaterialien, Vorschrift zur Verwendung von Klemmvorrichtungen, die Einführung einer vorgezogenen Recyclinggebühr, die finanzielle Unterstützung beim Einsatz von biobasierten Materialien und die Einführung eines Steuerers beim Einsatz von fossilbasierten Dämmstoffen.

Grünabfälle

Massnahmen zur Reduktion des Fussabdruckes der Grüngutabfälle, welche ein Reduktionspotential von rund 5'000 t CO₂ pro Jahr aufweisen, umfassen die Erhöhung der Sammlungsquote von Grünabfällen auf 100%, den Ersatz der direkten Kompostierung durch stoffliche oder energetische Verwertung und die Maximierung des Biogasertrags durch technische und organisatorische Optimierungen

4.3.4 Carbon Capture and Storage (CCS)

Ein im weiteren Sinne zur Kreislaufwirtschaft zugehöriger Ansatz ist die Schliessung des Kohlenstoffkreislaufs durch die Abscheidung und langfristige Speicherung von CO₂-Emissionen bei Grossfeuerungen. Der Bund hat als Bestandteil der langfristigen Klimastrategie eine CCS/NET¹-Roadmap entwickelt, welche Eckpunkte des geplanten Hochlaufs der CO₂-Abscheidung, des Transportes und der langfristigen Speicherung vorgibt. Die Anwendung von CCS ist u.a. bei Zementwerken und Kehrichtverbrennungsanlagen (KVA) vorgesehen (Bundesrat 2022) Bis 2050 sollen alle Schweizer KVA und Zementwerke mit CCS-Technologien ausgestattet sein, was auch die im Kanton Aargau betriebenen zwei Zementwerke und drei KVAs umfasst, die zusammen rund 1.2 Mio Tonnen CO₂ ausstossen (siehe Tabelle 5 im Anhang). Die CCS/NET-Roadmap definiert eine Pionierphase bis 2030 sowie eine Skalierungsphase bis 2050. In der Pionierphase bis 2030 sollen schweizweit rund 500'000 Tonnen CO₂ abgeschieden werden. Der Verband der Betreiber der Schweizerischen Abfallverwertungsanlagen (VBSA) hat mit dem Bund vereinbart, bis 2030 eine KVA mit CCS auszustatten und mindestens 100'000 Tonnen CO₂ jährlich abzuscheiden. Die Zementindustrie ist ebenfalls bereit, bei geeigneten Rahmenbedingungen ab 2030 erste CO₂-Abscheidungsanlagen in Betrieb zu nehmen. Zu welchem Zeitpunkt welche Anlagen mit CCS ausgestattet werden, ist jedoch noch bestimmt oder resp. nicht kommuniziert. In der Skalierungsphase bis 2050 ist die Ausstattung aller Schweizer Zementwerke und KVAs mit CCS vorgesehen, womit

¹ CCS: Carbon Capture and Storage. NET: Negativemissionstechnologie. Wird biogenes statt fossiles CO₂ abgeschieden und langfristig gespeichert, so wird nicht nur als klimaneutral, sondern als negative Emission bewertet, da die Kohlenstoffbilanz reduziert wird.

rund 7 Mio. Tonnen CO₂ abgeschieden werden (davon 5 Mio. Tonnen fossiles CO₂ und 2 Mio. Tonnen biogenes CO₂). Die Anwendung von CCS bedingt das Zusammenspiel der gesamten Wertungskette von Abscheidung, Transport und der Speicherung. Technologien zur CO₂-Abscheidung stehen zur Verfügung und werden in der Ölförderindustrie bereits seit Jahrzehnten eingesetzt, wobei jedoch eine rege Forschungs- und Entwicklungstätigkeit zur Effizienzsteigerung und Kostensenkung eingesetzt hat. Um die grossen Mengen an CO₂ von den Emittenten zu den Speicherstätten zu bringen, muss eine CO₂-Transportinfrastruktur aufgebaut werden. Nach heutigem Kenntnisstand ist für solch grosse Volumina ein CO₂-Pipelinennetzwerk nötig. Dieses müsste an ausländische Transportnetzwerke angeschlossen werden, um den Zugang zu ausländischen Speicherstätten zu gewährleisten. Die Diskussionen dazu sind aber international, namentlich in der EU, noch ganz am Anfang. Während eine CO₂-Speicherung im Inland bevorzugt ist, ist das Speicherpotential beschränkt und wird voraussichtlich nicht ausreichen. Im europäischen Ausland sind die Kapazitäten deutlich grösser, jedoch besteht auch grosse Konkurrenz aufgrund der hohen europäischen Nachfrage nach Speicherlösungen.

Die Anwendung von CCS hat im Kanton AG mit seinen zwei Zementwerken und drei KVAs grosses Reduktionspotential, welches nach den Verlautbarungen der Abfallwirtschaft und Zementindustrie bis spätestens 2050 umgesetzt wird. Das effektive CCS-Reduktionspotential in den Jahren 2030 und 2050 ist jedoch voraussichtlich geringer als heute, da weitere Emissionsreduktionsmassnahmen umgesetzt werden. Es ist auch grundsätzlich sinnvoller und effizienter, wenn Abfall konsequent vermieden und der Energie- und Ressourcenverbrauch reduziert wird, und somit die Emissionen gar nicht entstehen würden.

Die berechnete Reduktion des Fussabdruckes der Grossfeuerungen anhand CCS im Vergleich einer Situation ohne Emissionsabscheidung beruht auf einer Technologie mit hohem Abscheidegrad (99.5%) und der Deckung des Zusatzenergieverbrauch durch Abwärme und Elektrizität aus erneuerbarer Quelle. Dazu wird angenommen, dass Speichermöglichkeiten im Adriatischen Meer zur Verfügung stehen und das CO₂ kann per Zug und Schiff transportiert werden.

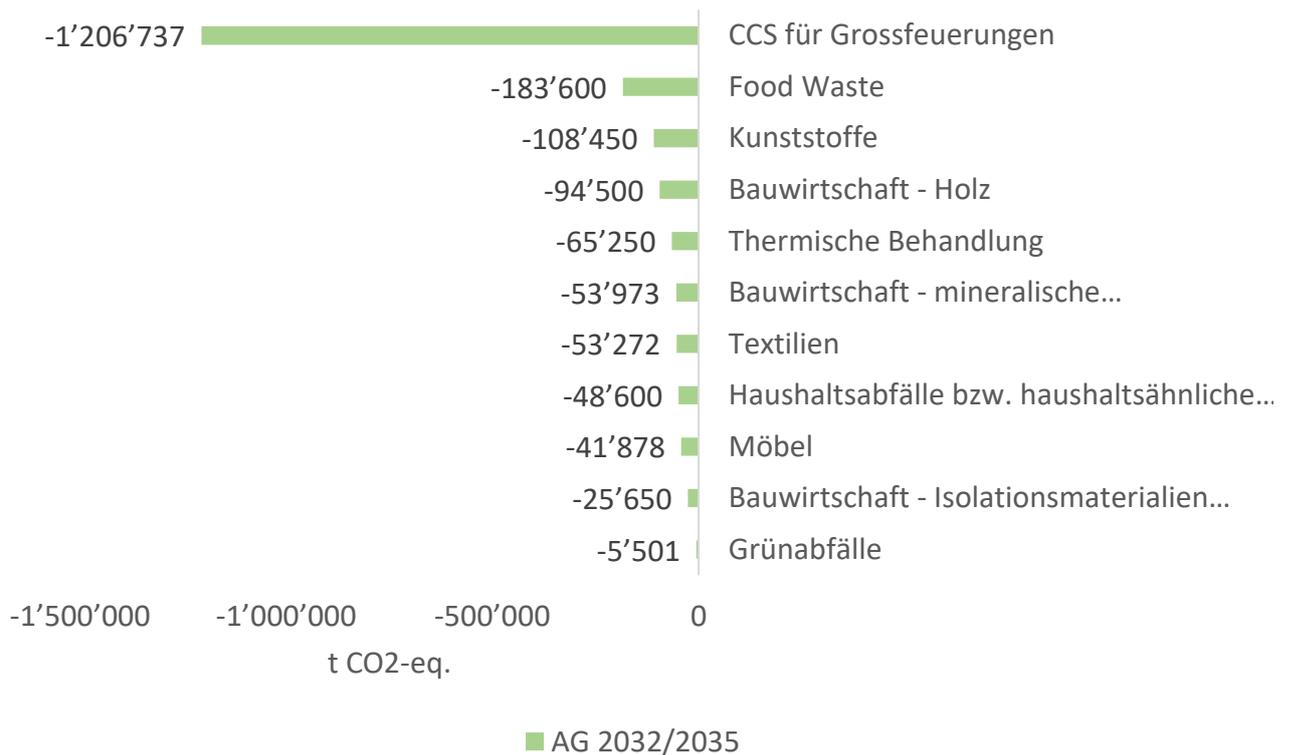


Abbildung 6: Reduktionspotential in t CO₂e./Jahr für den Zeithorizont 2032/2035 im Kanton Aargau, mit CCS.

4.3.5 Identifikation von Unternehmen mit Kreislaufwirtschafts-Potentialen

4.3.6 Mitwirkung von Unternehmen

4.3.6.1 Aufrufe (passive Kontaktaufnahme)

In einer ersten Phase wurde Unternehmen im Aargauischen Raum mittels Anzeigen in verschiedenen Medienkanälen dazu aufgerufen, bei Interesse zur Mitwirkung in einer Studie zur Analyse ihrer Kreislaufpotentiale zu melden. Die Aufrufe wurden mittels folgender Medienkanäle verbreitet:

- LinkedIn (Stadt Aarau, Kanton Aargau, FHNW)
- Newsletter der Aargauische Industrie- und Handelskammer (AIHK)

Insgesamt drei Firmen haben nach Erhalt des Aufrufes Kontakt aufgenommen und Interesse gezeigt. Die tiefe Rücklaufquote deutet darauf hin, dass allgemeine Aufrufe nicht geeignet und wenig effizient sind, um Symbiosen zwischen Unternehmen zu finden und die Kreislaufwirtschaft im Kanton zu fördern. Die Stichprobe ist zu klein, um weitere Schlussfolgerungen daraus zu ziehen und es könnte durchaus sein, dass weitere und spezifischere Aufrufe zu besseren Ergebnissen führen würden.

4.3.6.2 Aktive Kontaktaufnahme

Neben der Kontaktaufnahme via Aufruf, wurde eine aktive Kontaktaufnahme bei gewählten Firmen durchgeführt. Die Firmen welche aktiv kontaktiert wurden, wurden aus einer Liste, welche vom Leiter der «Wissens- und Technologietransferstelle *fitt.ch*» stamm, ausgewählt.

Die Auswahl der zu kontaktierenden Firmen erfolgte aufgrund einer Priorisierung mittels Themenschwerpunkte der Stadt Aarau und des Kantons Aargau (s. Abbildung 9). Mehr als die Hälfte der ausgewählten Firmen (7 von 11) konnten erreicht werden und von diesen, 90% haben ein Interesse gezeigt. Das Datenformular wurde an 6 Firmen gesendet und von 4 zurückerhalten. Im vorliegenden Bericht wird die Firma KAPAG Karton + Papier AG als Beispiel hingestellt. Der Grund, wieso zwei Firmen keine Daten zurückgesendet haben, ist nicht bekannt. Eine Vermutung ist, dass die Datenerhebung zu viel Zeit in Anspruch genommen hätte und die Firmen einen ungenügenden intrinsischen Anreiz dafür haben.

4.3.6.3 Beispielauswertung Unternehmen (KAPAG Karton + Papier AG)

Stoffflussdaten wurden anhand eines Formulars nach einem ersten telefonischen Kontakt erhoben. Diese Daten sind im Anhang zu finden (Tabelle 7). Durch diesen ersten Informationsaustausch konnte schon ein Stoff identifiziert werden: Antirutsch. Dieser wird heute als Verbrauchsmaterial in der Logistik eingesetzt und in einer KVA mit dem Kehrriech entsorgt.

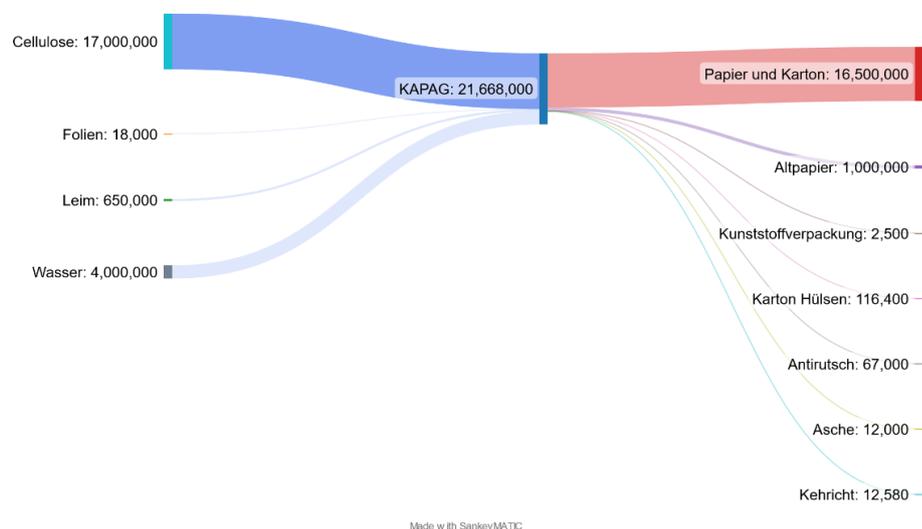


Abbildung 7: Relevante Stoffflüsse der Firma KAPAG AG in kg pro Jahr

4.3.7 Identifikation von Unternehmen in relevanten Sektoren

Der Kanton verfügt über ein Unternehmensregister aller sich auf aargauischem Boden befindenden Unternehmen. Dieses Register wurde als Basis genommen, um die Unternehmen in relevanten Sektoren zu identifizieren. Die Identifikation erfolgte in zwei Schritten:

- 1) Auswahl der NOGA-Nummern aufgrund der Themenbereiche des Kantons Aargau und der Stadt (Relevante Sektoren)
- 2) Priorisierung der Liste aufgrund der Potentialbereiche der Studie der ETH Zürich

Die Liste mit den identifizierten Unternehmen ist dem beigelegten Excel-File zu entnehmen.

4.3.7.1 NOGA-Nummer und Themenbereiche

Die allgemeine Systematik der Wirtschaftszweige (NOGA) basiert auf der europäischen Systematik der Wirtschaftszweige «NACE» und wurde vom Bundesamt für Statistik mit ExpertInnen und Verbänden entwickelt. Eine Aktualisierung der NOGA wird in 2024 stattfinden.

Die Kodierung der NOGA erfolgt mittels fünf Stufen, welche die Unternehmen in Abschnitten, Abteilungen, Gruppen, Klassen und Arten zusammenfasst. Die Nomenklatur wird vom Bund verwaltet und kann hier abgerufen werden: <https://www.kubb-tool.bfs.admin.ch/de>.

Die Themenbereiche der Stadt Aarau und des Kantons Aargau wurden mit den korrespondierenden NOGA-Nummern verbunden, um das Register zu filtern. Die Paarung erfolgte je nach Bereich auf verschiedenen NOGA-Stufen und enthält eine gewisse Subjektivität in der Interpretation der verschiedenen Sektoren.

4.3.7.2 Priorisierung der Liste aufgrund der Potentialbereiche der ETH Studie

Der Beitrag der Kreislaufwirtschaft zur Klimaneutralität der Schweiz wurde in 2022 von Forschenden der ETH Zürich untersucht (Wiprächtiger and Haupt 2022). Die Massnahmen und deren Potentiale zur schweizweiten Reduktion von Treibhausgasemissionen wurden ökologisch bewertet und sind für die berücksichtigten Bereiche in der Abbildung 8 zu sehen. Die Ergebnisse sind in Mio. t CO₂e. Pro Jahr angegeben und deuten darauf hin, dass die grösste Reduktion des Fussabdruckes mittels Massnahmen zur Beseitigung von Food Waste zu erreichen ist. Nach dem Food Waste können Bemühungen in der Stahl- und Betonindustrie und Kunststoffabfallbeseitigung zu den grössten Ersparnissen führen.

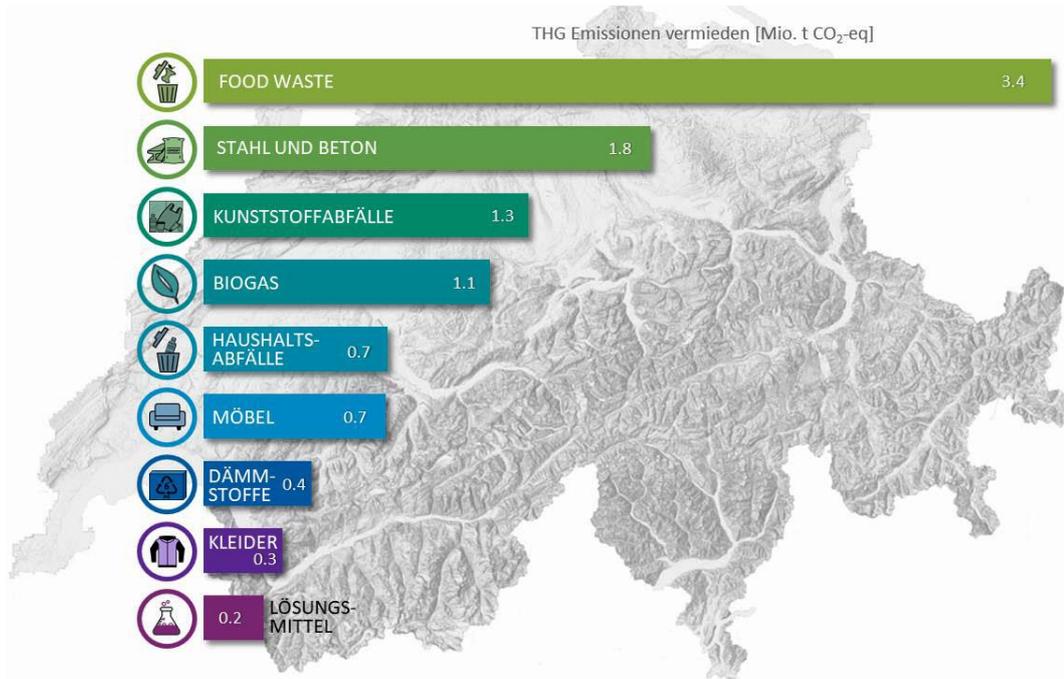


Abbildung 8: Schweizweite Reduktionspotentiale in Mio. t CO₂e/Jahr (Wiprächtiger and Haupt 2022)

Eine Priorisierung der Unternehmen im Register, welches in einem ersten Schritt durch die Paarung von NOGA-Nummern und Themenbereichen der Stadt Aarau und des Kantons Aargau gefiltert wurde, kann mit Hilfe der Ergebnisse aus der oben referenzierten ETH-Studie erfolgen.

Die Sektoren der ETH-Studie wurden mit den Themenbereichen verknüpft und daraus Kategorien von Unternehmen mit verschiedenen Prioritäten gruppiert. Die Prioritäten berücksichtigen gleichzeitig die Eignung zur Kreislaufwirtschaft der jeweiligen Sektoren und die mögliche Reduktion von Treibhausgasemissionen, welche durch zweckvolle Massnahmen erreicht werden könnten.

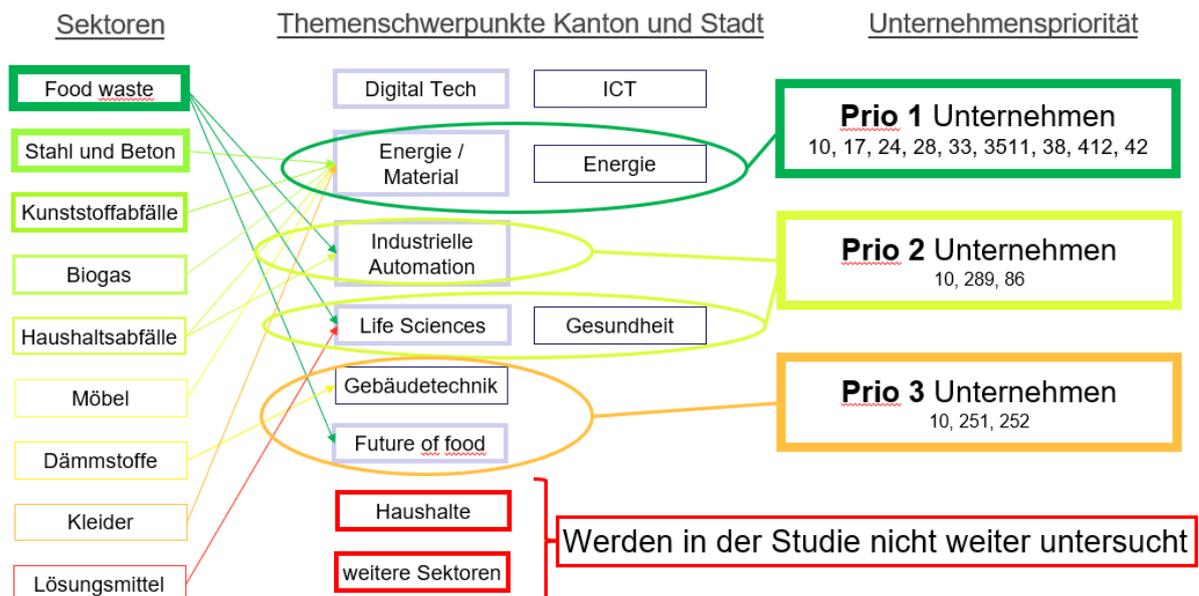


Abbildung 9: Verbindungen zwischen den Themenbereichen der ETH Studie (links), der Stadt Aarau und Kanton Aargau (Mitte) und der Priorisierung der Unternehmen (rechts)

Die Priorisierung ist kompatibel mit den Ergebnissen der Top-Down-Analyse. Die Sektoren, für welche Massnahmen auf kantonsebene entwickelt wurden, befinden sich in der Top-Down-Analyse auf einer tieferen Stufe als in der Bottom-up-Analyse (z. B. mineralische Baumaterialien und Stahl- und Beton). Die Rangliste der Sektoren bezüglich Kreislaufwirtschaftspotentialen und möglichen Beitrages zur Reduktion des Fussabdruckes besitzt mit beiden Ansätzen die gleiche Reihenfolge, nur die Bezeichnungen weisen Unterschiede auf. Baumaterialien werden zum Beispiel auf kantonaler Ebene in drei Sektoren unterteilt: Holz, mineralische Baumaterialien und Isolationsmaterialien und für die Unternehmen in der Kategorie «Stahl- und Beton» zusammengefasst.

Die Priorisierung in Abbildung 9 kann dafür eingesetzt werden, Unternehmen gezielt zu kontaktieren, welche innerhalb der für die Stadt Aarau und den Kanton Aargau angegebenen Themenbereichen liegen und mit hoher Wahrscheinlichkeit ein Potential zur Kreislaufwirtschaft und zu CO₂e Ersparnissen besitzen.

5 Schlussfolgerungen

Die Studie hat die Abfallmengen im Kanton Aargau untersucht sowie Kreislaufwirtschaftsmassnahmen auf kantons- und unternehmensebene bewertet und deren Potentiale zum Beitrag von Treibhausgasemissionsersparnissen untersucht.

Die Aargauer Abfallwirtschaft sammelt und verwertet jährlich mehrere hunderttausend Tonnen verschiedener Abfälle, im Jahr 2021 rund 238'560 t Siedungsabfälle, 276'560 t Sonderabfälle, 29'000 Tonnen Elektroschrott und 16'700 t Klärschlamm. Die grössten Mengen stammen aus der Bauwirtschaft mit 690'000 mineralischen Abfällen und 236'000 t Bausperrgut, welche recycelt, thermisch verwertet oder deponiert werden. Aus den Mengenangaben alleine lassen sich keine Reduktionspotentiale durch verstärkte Kreislaufwirtschaft ableiten. Hierzu sind Optimierungsmassnahmen über den gesamten Lebenszyklus zu identifizieren und mit einem Umweltindikator zu quantifizieren, wobei sich der CO₂-Fussabdruck anbietet.

Als Materialbereiche mit hohem Treibhausgasreduktionspotential durch Förderung der Kreislaufwirtschaft wurden Lebensmittel/Food Waste, Kunststoffabfälle und Baumaterialien identifiziert. Das Ergreifen von Kreislaufwirtschaftsfördernden Massnahmen in diesen drei Bereichen kann zur Vermeidung von mehr als 300'000 t CO₂e pro Jahr für den Zeithorizont 2032/2035 führen.

Bei Food-Waste bestehen Optimierungsmöglichkeiten entlang der gesamten Produktionskette von der Landwirtschaft bis zu den Endkonsumenten in den Haushalten und der Gastronomie, wobei Lebensmittel in den späteren Phasen aufgrund der Verarbeitungsschritte einen deutlich grösseren CO₂-Fussabdruck aufweisen als bei der Herstellung in der Landwirtschaft.

Massnahmen zur Verwertung von Kunststoffabfällen sollten primär den Konsum, die Sammlung und das Recycling adressieren. Während Massnahmen zur Verringerung des Konsums und zur Erhöhung der Sammelquote schon in der nahen Zukunft einen positiven Einfluss haben können, sind Massnahmen zur Verbesserung der Recyclingquote nur mit Langzeitwirkungen (Zeit Horizonte 2045 – 2070) verbunden. Zur Erreichung der grössten Fussabdruckreduktion sollten Konsummassnahmen mit solchen, welche die Sammel- und die Recyclingquoten erhöhen, verbunden werden.

Untersucht wurde auch die Implementierung von Carbon Capture and Storage (CCS) Technologien bei grossen Punktquellen von Treibhausgasemissionen. Im Kanton Aargau entsprechen diese Kehrichtverwertungsanlagen und Zementwerken. Der Einsatz von CCS-Technologien wird zu einer substantiellen Reduktion von über 1 Mio. t CO₂e. führen.

Der geringe Rücklauf aus der Kontaktaufnahme mit den im Kanton tätigen Unternehmen zur Analyse deren Kreislaufwirtschaftspotentiale kann unterschiedlich interpretiert werden. Es kann sein, dass der Handlungsdruck oder die eigenen Potentiale als gering eingeschätzt werden. Andererseits ist es auch möglich, dass das Thema bereits adressiert wird und zum Umfragezeitpunkt deshalb keine

Unterstützung vom Kanton gesucht wird. Je nach Unternehmenssektor und Unternehmensgrösse kann sich die Situation anders darstellen, und es ist nicht möglich, auf Basis der Umfragerückläufe allgemeine Rückschlüsse zu ziehen. Über die Analyse der Sektorzuordnungen aller Unternehmen konnte jedoch bestimmt werden, dass im Kanton Aargau zahlreiche Unternehmen in den Sektoren tätig sind, bei denen grosse Potentiale vorhanden sind (Lebensmittel, Kunststoffe und Baumaterialien).

Literaturverzeichnis

- Baier, Urs, Claudio Beretta, Andreas Frömelt, Stefanie Hellweg, Torsten Hummen, Magdalena Klotz, Jonas Mehr, et al. 2020. "Potentialanalyse von Verschiedenen Kreislaufwirtschaftsmassnahmen Für Den Kanton Zürich," 245.
- Beretta, Claudio, and Stefanie Hellweg. 2019. "Lebensmittelverluste in Der Schweiz: Mengen Und Umweltbelastung." *Wissenschaftlicher Schlussbericht*.
<https://www.bafu.admin.ch/bafu/de/home/themen/abfall/mitteilungen.msg-id-76808.html>.
- Bundesrat. 2022. "CO₂-Abscheidung Und Speicherung (CCS) Und Negativemissionstechnologien (NET): Wie Sie Schrittweise Zum Langfristigen Klimaziel Beitragen Können - Bericht Des Bundesrates." [https://www.bafu.admin.ch/dam/bafu/de/dokumente/klima/fachinfo-daten/br-bericht-zu-ccs-und-net.pdf.download.pdf/CO₂-Abscheidung und Speicherung CCS und Negativemissionstechnologien NET.pdf](https://www.bafu.admin.ch/dam/bafu/de/dokumente/klima/fachinfo-daten/br-bericht-zu-ccs-und-net.pdf.download.pdf/CO2-Abscheidung%20und%20Speicherung%20CCS%20und%20Negativemissionstechnologien%20NET.pdf).
- Crevoisier, Julien. 2023. "Wie Die Wirtschaft Nachhaltiger Werden Kann." *Die Umwelt*, 33–35.
- Fasko, Raphael, and Simon Bachmann. 2014. "Abklärung Energieeffizienzpotenziale Schweizer Kehrichtverbrennungsanlagen Mit Der Pinch-Methode. Energiegrobcheck von Drei KVA," 14.
- Kanton Aargau. 2021. "Abfallstatistik 2021."
- Nagy, Esther, and Sandrine Maor-Matthey. 2008. *Allgemeine Systematik Der Wirtschaftszweige - NOGA 2008 - Einführung | Publikation | Bundesamt Für Statistik. Bundesamt Für Statistik*.
<https://www.bfs.admin.ch/bfs/de/home/statistiken/industriedienstleistungen/nomenklaturen/noga.assetdetail.344513.html>.
- Wiprächtiger, Maja, and Melanie Haupt. 2022. "Nachhaltige Kreislaufwirtschaft Als Schlüsselement Zu Netto-Null," 1–4.

6 Anhang

6.1 Methodik

6.1.1 Skalierungsfaktoren Kanton Aargau

Tabelle 4: Bevölkerungszahlen und entsprechende Skalierungsfaktoren für den Kanton Aargau

	2020	2024	2032
Schweiz nach BFS 2020	8'688'215	8'983'636	9'570'326
Zürich nach BFS 2020	1'553'584	1'621'573	1'763'921
Zürich nach BFS 2016	1'536'985	1'601'808	1'721'196
Aargau nach BFS (Referenzszenario)	695'331	729'937	797'859
Skalierungsfaktor ZH	0.18	0.18	0.18
Skalierungsfaktor AG	0.45	0.45	0.45

6.2 Ergebnisse

6.2.1 Carbon Capture and Storage (CCS)

Tabelle 5: CO₂-Emissionen der zwei Zementwerke und drei KVAs im Kanton Aargau in t CO₂/Jahr für die Zeithorizonte 2018 und 2030/2035 (SwissPRTR, <https://www.prtr.admin.ch/>, 24.08.2023)

Kanton AG in t CO ₂ /Jahr	2018	2035
Holcim, Siggenthal AG	554'534	554'534
Jura-Cement, Wildegg AG	470'390	470'390
KVA Buchs	99'134	113'752
KVA Turgi	88'145	101'142
KVA Oftringen	50'046	57'425
Summe	1'262'249	1'297'243

6.2.2 Identifikation von Unternehmen in relevanten Sektoren

Tabelle 6: Stufen der NOGA-Nomenklatur

Stufe	Identifizierung	Beschreibung	Anzahl
1	1 Grossbuchstabe	Abschnitt	21
2	2 Ziffern	Abteilung	88
3	3 Ziffern	Gruppe	272
4	4 Ziffern	Klasse	615
5	6 Ziffern	Art	794

Tabelle 7: Ausgefüllte Formular von der Firma KAPAG AG (das Formular wurde ohne Werte der Firma zugesendet)

Firma		Kapag Karton und Papier AG			
Referenzjahr		2022			
		1=tief. 10=hoch			
Inputs: Materialien und Energie	Quantität	Einheit	Abschätzung Kreislaufpotential (1 -10)	Kommentar / Beschreibung Kreislaufpotential	
Primärmaterial	Cellulose (Papier und Karton)	17'000'000	kg		
	...		kg		
Verbrauchsmaterialien	Folien	18'000	kg		
	Leim	650'000	kg		
	...				
Energie und Wasser	Diesel	24'000	L		
	Holz	3'000'000	kWh		
	Gas	300'000	kWh		
	Strom	1'000'000	kWh		
	Wasser	4'000	m3		
...					
Inputs: Produkte / Halbfertigprodukte	Quantität	Einheit	Abschätzung Kreislaufpotential (1 -10)	Kommentar / Beschreibung Kreislaufpotential	
Produkte	Papier und Karton	16'500'000	Stück oder kg		
	...		Stück oder kg		
	...				
Output: Abfälle	Quantität	Einheit	Abschätzung Kreislaufpotential (1 -10)	Kommentar / Beschreibung Kreislaufpotential	
Altpapier	Kunststoffverpackung	1'000'000	kg	10	Wird den Papierfabriken verkauft Dättwiler holt es preisneutral ab werden extern geschreddert und wahrscheinlich dem Altpapier beige-mischt
	ca. 2-3000	kg	8		
Karton Hülsen	116'400	kg	10	Muss recycelbar werden - geht aktuell in Kehricht	
Antirutsch Ausschuss	67'000	kg	9		
Alteisen	??	kg	10	Bräm Altmetalle holt es preisneutral ab Aus Holzfeuerung (Sondermüll)	
Asche	12'000	kg	1		
Kehricht	12'580	kg	1		
Output: Produkte	Quantität	Einheit	Geschäftsmodell	Heutige Entsorgung nach Nutzung (beim Nutzer)	
Produkt 1		Stück oder kg	Verkauf	Bauabfall	
Produkt 2		Stück oder kg	Vermietung	Kehricht	
Produkt 3		Stück oder kg	...	Sonderabfall	
...					