



INSTITUT FÜR ENERGIE-
UND UMWELTFORSCHUNG
HEIDELBERG

KlimKreisBW - Klimaschutzpotenziale der Kreislaufwirtschaft Baden-Württemberg

BWPLUS – Baden-Württemberg Programm Lebensgrundlage Umwelt und ihre Sicherung

*Förderung mit Mitteln des Landes Baden-Württemberg durch den beim Karlsruher Institut
für Technologie eingerichteten Projektträger*

LUBW-Kolloquium 2026 Kreislaufwirtschaft, 05.03.2026

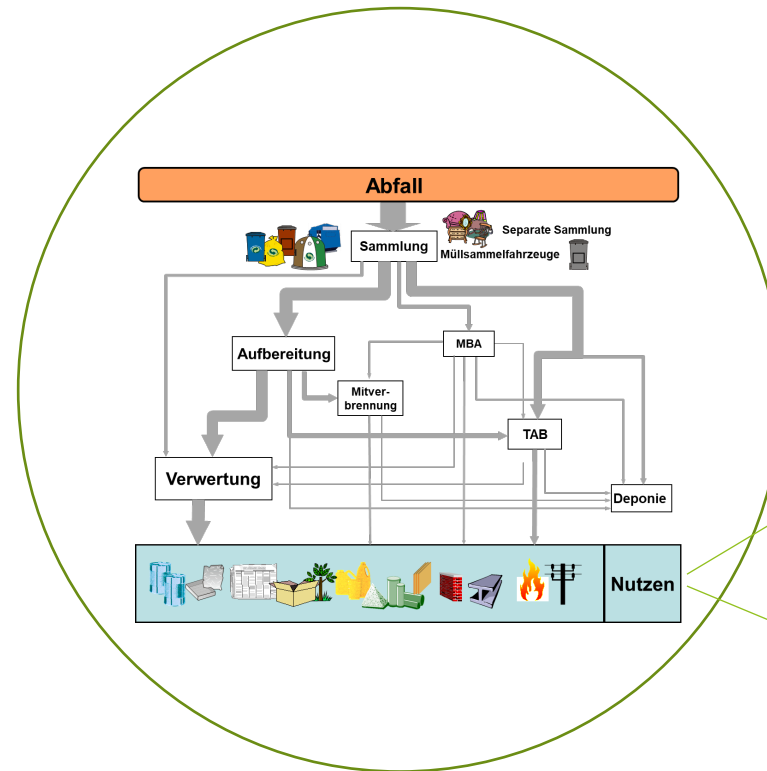
Inhalt

1. Ziel und methodisches Vorgehen
2. Untersuchungsumfang
3. Kommunale Siedlungsabfälle
4. Mineralische Bauabfälle
5. Einordnung zu Klimaschutzzielen BW
6. Ergebnisse gesamt im Überblick

Ziel des Vorhabens

Potenziellen Klimaschutzbeitrag der Abfall- und Kreislaufwirtschaft gegenüber den Sektorzielen nach Klimagesetz BW einordnen

- wird im Sektor Abfall (CRF 5) nicht sichtbar, da auf nicht-energetische Emissionen beschränkt
- ganzheitliche Darstellung mit Ökobilanzmethode der Abfallwirtschaft auf Potenzialebene möglich
- für eine Einordnung neuer Ansatz entwickelt mit Auswertung nach stofflicher und energetischer Verwertung



Sektoren:

Landwirtschaft
Verkehr
Gebäude
...

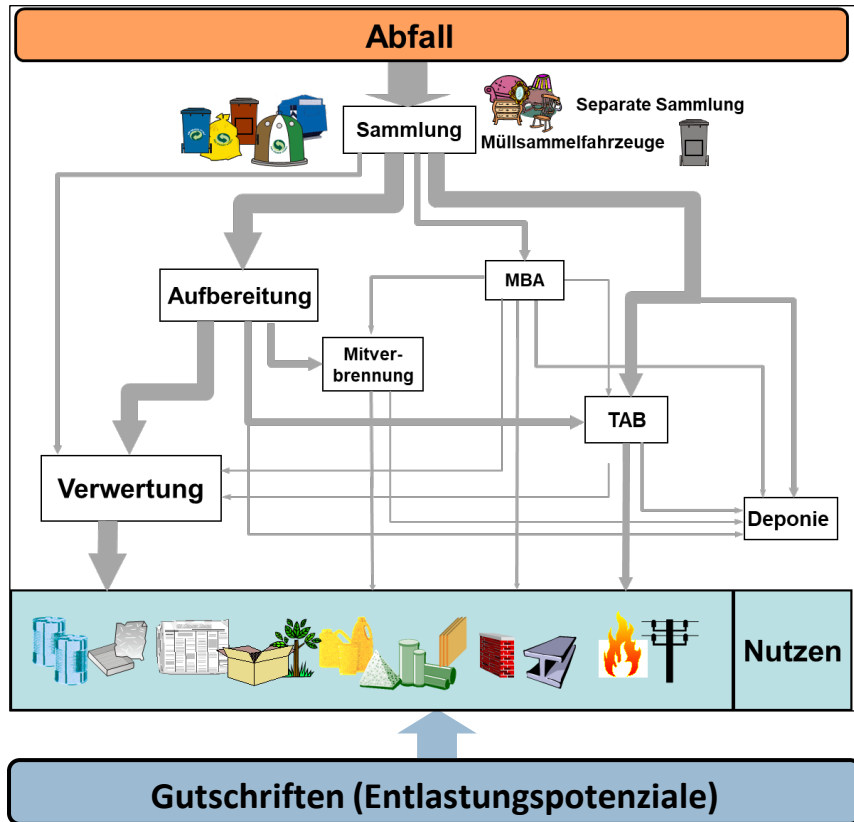
Sekundärrohstoffe → Industrie

Energie aus Abfall → Energie

Zu beachten gilt: THG-Bilanzen müssen 0 werden, wenn Klimaschutzziele erreicht werden

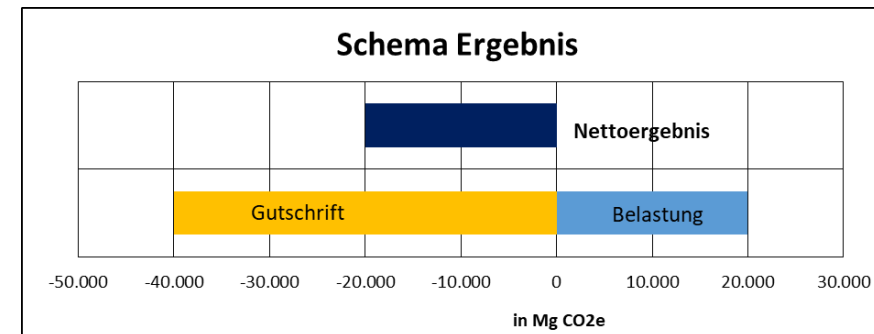
Methode

Ökobilanzmethode der Abfallwirtschaft nach ISO 14040/44



Systemraum:

- beginnt mit dem Abfall ohne Vorlasten
- erzeugte Sekundärrohstoffe und Energie für andere Sektoren werden als **Gutschriften** angerechnet (negative Werte) = **potenziell vermiedene Emissionen** Primärherstellung, Energieerzeugung



Untersuchungsumfang



Kommunale Siedlungsabfälle¹



Mineralische Bauabfälle

genauer

- Abfall-/kreislaufwirtschaftliche Situation für 2023
- Potenzieller Klimaschutzbeitrag für die Zielhorizonte 2030 und 2040 basierend auf rechtlichen und politischen Rahmenbedingungen

Klärschlamm

Spezifische Abfallarten²

Teerhaltiger Straßenaufbruch, Alttextilien
Altfahrzeuge, Elektronik- und Elektroaltgeräte,
PV-Module, Stromspeicher/stationäre Batterien,
biobasierte Kunststoffe

orientierend

Zudem betrachtet:

- ReUse durch Sozial- und Gebrauchtkaufhäuser in BW – Austausch mit Betreibenden
- Circular Economy (CE) Indikatoren mit Blick auf Eignung, Aussagekraft, mögliche Weiterentwicklung für die Landesebene

Kommunale Siedlungsabfälle – Szenarien

Datenbasis und Mengenentwicklung

2023 Basisjahr	Aufkommen, Verbleib nach Abfallbilanz 2023, Fragenkatalog, Datenangaben StaLa BW Zusammensetzung Abfallgemische (Hausmüll, kommunaler Gewerbeabfall, Sperrmüll) aus VERAS-Studie (Dornbusch et al. 2020) ¹ ; daraus auch nutzbare Potenziale (rd. 80% der Reinfractionen)
2030 Basisszenario	Mengenentwicklung nach AWP-Vorgaben und KrWG RC-Quote 60% <ul style="list-style-type: none"> - Reduktion Hausmüll auf 85 kg/E*a - Steigerung getrennte Erfassung Bioabfall auf 80 kg/E*a (Entnahme 86% des nutzbaren Potenzials; zusätzlich getrennt erfasster Bioabfall vollständig Vergärung zugeordnet) - Zielerreichung durch zusätzliche Annahme Steigerung getrennte Erfassung Alttextilien (Entnahme 17% des nutzbaren Potenzials)
2030 Variante (2030Var)	Mengenentwicklung: KrWG RC-Quote 60% <ul style="list-style-type: none"> - Annahme einer gleichverteilten Steigerung der getrennten Erfassung von Wertstoffen - 40% Entnahme nutzbarer Potenziale aus Haus- und Sperrmüll, 20% aus kommunalem Gewerbeabfall
2030plus sowie 2040*	Mengenentwicklung: KrWG RC-Quote 65% (ab 2035, hier für 2040) <ul style="list-style-type: none"> - Annahme einer gegenüber 2030 Basisszenario weiteren gleichverteilten Steigerung der getrennten Erfassung von trockenen Wertstoffen (aus kommunalem Gewerbeabfall auch Bioabfall -> als Speisereste einer Vergärung zugeordnet („LMA gewerblich“)) - 70% Entnahme nutzbarer Potenziale aus Haus-, Sperrmüll und kommunalem Gewerbeabfall

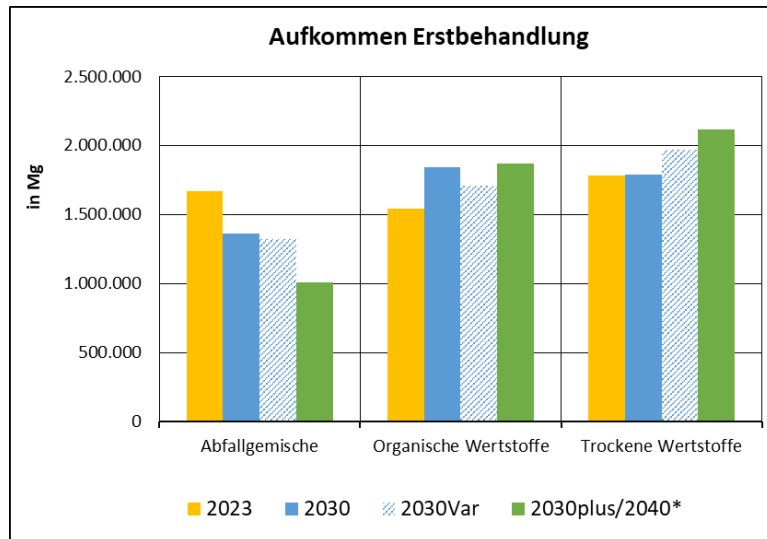
2030plus steht in der THG-Bilanz für einen Zeitraum auf dem Weg nach 2040

2040* berücksichtigt eine klimaneutrale Strom- und Wärmeerzeugung (in Anlehnung an Klimaschutzziele BW)

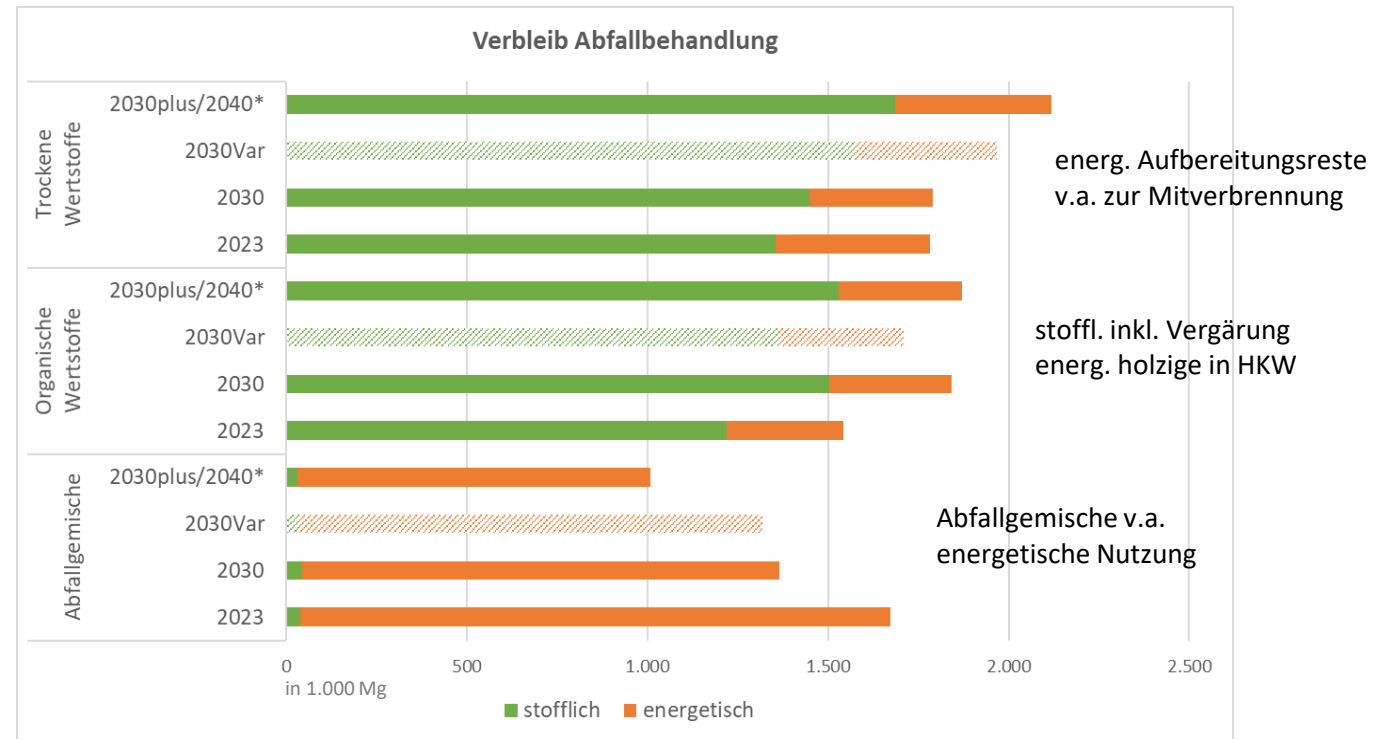
Kommunale Siedlungsabfälle – Szenarien

Mengenentwicklung nach Abfallgruppen

Gesamtaufkommen rd. 5 Mio. Mg



- Abfallgemische: Haus-, Sperrmüll, Gewerbeabfall, Straßenkehrriecht
- Organische Wertstoffe: Abfall Biotonne, Grünabfall, LMA gewerblich
- Trockene Wertstoffe: LVP, PPK, Glas, Kunststoffe, Metalle, Holz, Alttextilien, EAG



Kommunale Siedlungsabfälle – Szenarien

Technische Optimierungen und Veränderungen Hintergrundsystem

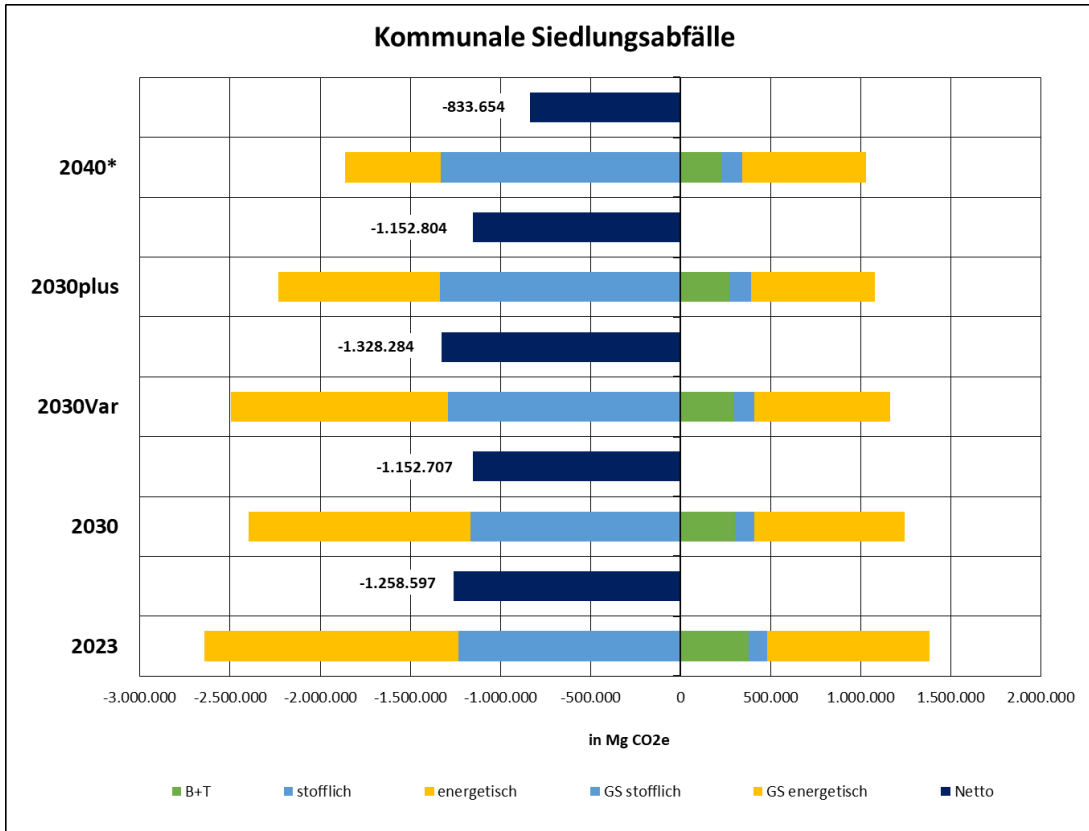
Technische Optimierungen

- Steigerung Ausbeuten stoffliche Verwertung LVP, Kunststoffe, Sperrmüll, Holzabfälle, Metalle
- Steigerung Nutzungsgrade thermische Anlagen (TAB, BMKW, Biogas-BHKW)

Veränderungen Hintergrundsystem - Defossilisierung

- THG-Emissionsfaktoren für Strom und Wärme sinken (Null in 2040*), betrifft Belastungen und Gutschriften
- Substitutionspotenziale (Gutschriften) Primärherstellung sinken für Alu, PPK (korrelierend zu Strom-EF) und Kunststoffe (Annahme Optimierung Vorkette)
- Ende der Mitverbrennung in Kohle-KW bis 2030, Umlenkung in TAB

Kommunale Siedlungsabfälle – Klimaschutzpotenziale



B+T, Betrieb, Transport: Betriebsmittel, Energiebedarf Erstbehandlung, Kraftstoff

- Nettoentlastungspotenzial 2023 rd. -1,26 Mio. Mg
- Für 2030, 2030Var, 2030plus leicht unter bzw. leicht über¹ dem Ergebnis für 2023
- Für 2040* deutlichere Abnahme von -34% ggü. 2023
- → Ursache der abnehmenden Nettoentlastungspotenziale (v.a. energetisch) ist die Defossilisierung im Hintergrundsystem
- → in einem BAU-Szenario ohne zusätzliche abfall-/ kreislaufwirtschaftliche Maßnahmen sinken Nettoentlastungspotenziale deutlich schneller (2030 rd. -30%, 2030plus -52%, 2040* -70%)
- Hauptbeiträge zum Nettoentlastungspotenzial resultieren aus der Verwertung der getrennt erfassten trockenen Wertstoffe (rd. -1 Mio. Mg CO₂e in allen Szenarien)
- Organische Wertstoffe erzielen Gutschriften für die stoffliche Verwertung über Inhaltsstoffe (ursprüngliche Primärproduktion kann nicht vermieden werden)
- Für Abfallgemische übersteigen Belastungen die Gutschriften ab dem Szenario 2030plus

Mineralischer Bauabfälle – Aufkommen, Mengenenwicklung

Betrachtete Abfallfraktionen:

- AVV 170101: Beton
- AVV 170102: Ziegel
- AVV 170107: Gemische aus Beton, Ziegeln, Fliesen und Keramik mit Ausnahme derjenigen, die unter 17 01 06 fallen
- AVV 170504: Boden und Steine mit Ausnahme derjenigen, die unter 17 05 03 fallen
- AVV 170302: Bitumengemische mit Ausnahme derjenigen, die unter 17 03 01 fallen

Sie stellen die mengenrelevantesten mineralischen Abfallfraktionen dar.

Datengrundlage:

- Erhebung des Statistischen Landesamtes alle 2 Jahre
- Angaben der Anlagenbetreiber zur Behandlungskapazität

Aufkommen in 1.000 Mg	2023	2030	2030plus/2040*
Beton	4.477,3	4.638,7	4.800,1
Bauschuttzubereitungsanlage	4.469,6	4.631,8	4.793,9
<i>davon zur Karbonatisierung</i>	240,0	720,0	1.200,0
<i>davon in R-Beton</i>	227,0	2.270,0	3.405,0
Bodenbehandlungsanlage	4,6	4,6	4,6
Deponie	3,1	2,3	1,6
Gemischter Bauschutt	2.781,6	2.551,7	2.321,8
Bauschuttzubereitungsanlage	2.318,8	2.157,4	1.996,0
Bodenbehandlungsanlage	22,8	22,8	22,8
Verfüllung übertägiger Abbaustätten	165,9	165,9	165,9
Deponie	274,2	205,6	137,1
Ziegel	226,5	226,5	226,5
Bauschuttzubereitungsanlage	225,7	225,9	226,1
<i>davon in Zementindustrie</i>	0,0	22,6	226,1
Deponie	0,9	0,6	0,4
Bodenaushub	25.522,4	25.522,4	25.522,4
Bauschuttzubereitungsanlage	1.267,7	2.940,3	4.375,0
<i>davon Nassklassierung</i>	400,0	1.950,0	2.600,0
Bodenbehandlungsanlage	320,0	320,0	320,0
Verfüllung übertägiger Abbaustätten	19.175,9	18.217,1	17.258,3
Deponie	4.758,8	4.045,0	3.569,1
Straßenaufbruch	4.122,1	4.122,1	4.122,1
Asphaltnischwerk	2.673,8	2.700,5	2.754,0
Bauschuttzubereitungsanlage	1.367,3	1.353,7	1.313,4
Bodenbehandlungsanlage	28,3	28,3	28,3
Deponie	52,7	39,5	26,4

Mineralische Bauabfälle – Mengenentwicklung berücksichtigte Trends

Bessere Getrennthaltung durch Umsetzung der Gewerbeabfallverordnung

- Menge gemischter Bauschutt sinkt, zugunsten Menge sortenrein erfasstem Beton

Verringerung der deponierten Mengen durch Umsetzung der Deponieverordnung

- aktuell deponierte Mengen werden künftig einer Bauschuttzubereitungsanlage zugeführt --> Steigerung der in Bauschuttzubereitungsanlagen behandelten Menge bis 2040 von 1,2 auf 4,3 Mio. Mg

Ausbau der Behandlungskapazität von Anlagen zur Nassklassierung

- Behandlungskapazität von 650.000 Mg/a in 2025 wird in den Szenarien etwa verdrei- bzw. verfünffacht (gegenüber 2025) --> 2,6 Mio. Mg Material können im Jahr 2040 in Baden-Württemberg nassklassiert werden

Erhöhte Nachfrage und Akzeptanz von R-Beton

- BW bundesweit Vorreiter; in den Szenarien wird von steigender Nachfrage ausgegangen u.a. aufgrund EU-Taxonomie und Förderprogramm „R-Beton“ --> in 2040 3,4 Mio. Mg rezyklierte Gesteinskörnung in R-Beton (max. Potenzial BW 5 Mio. Mg)

Ausbau Behandlungskapazitäten zur Karbonatisierung von rezyklierter Gesteinskörnung

- Kapazität von ca. 240.000 Mg/a kann verdrei- bzw. verfünffacht werden --> 2040 können 1,2 Mio. Mg Material mit CO₂ beaufschlagt werden (Speicherkapazität 10.000 Mg CO₂/a)

Erschließung von Verwertungswegen in die Zementindustrie (Klinkerersatz)

- für Ziegelbruch aktuell fortgeschrittenes Forschungsstadium, daher erst ab 2030 angenommen; für 2040 Maximalszenario getrennt erfasste Ziegelabfälle fast vollständig als Klinkersubstitut
- Einsatz von Rohton möglich nach thermischer Behandlung (tempnen); geeignet sind die Fraktionen Ton und Schluff aus der Nassklassierung

Ausbau und Optimierung bestehender Verwertungswege (Asphalt)

- Einsatz in Asphaltmischwerken ist etablierter Verwertungsweg --> In den Szenarien moderate Steigerung von 1% bzw. 3%

Mineralischer Bauabfälle – Klimaschutzpotenziale

Potenziale Netto-Einsparung 1.000 Mg CO₂e/a

	2023	2030	2030plus	2040*
Beton	-11,6	-12,7	-17,1	-17,1
Bauschutt/Ziegel	+0,5	-13,0	-140,4	-143,5
Boden	+223,9	+25,2	-49,0	-49,2
Asphalt	-128,9	-129,3	-131,6	-131,3
Summe	+83,9	-129,8	-338,1	-341,1

Netto	2023	2030	2030plus	2040*
Stofflich	-187,6	-425,6	-642,2	-638,9
Energetisch*	+271,5	+295,8	+304,1	+297,9
Summe	+83,9	-129,8	-338,1	- 341,1

*v.a. Boden: Kraftstoff Transport, Strom Aufbereitung

2023 in Summe keine Einsparung von CO₂e durch Kreislaufwirtschaft Bau

- 2040 bis 341.100 Mg CO₂e pro Jahr möglich

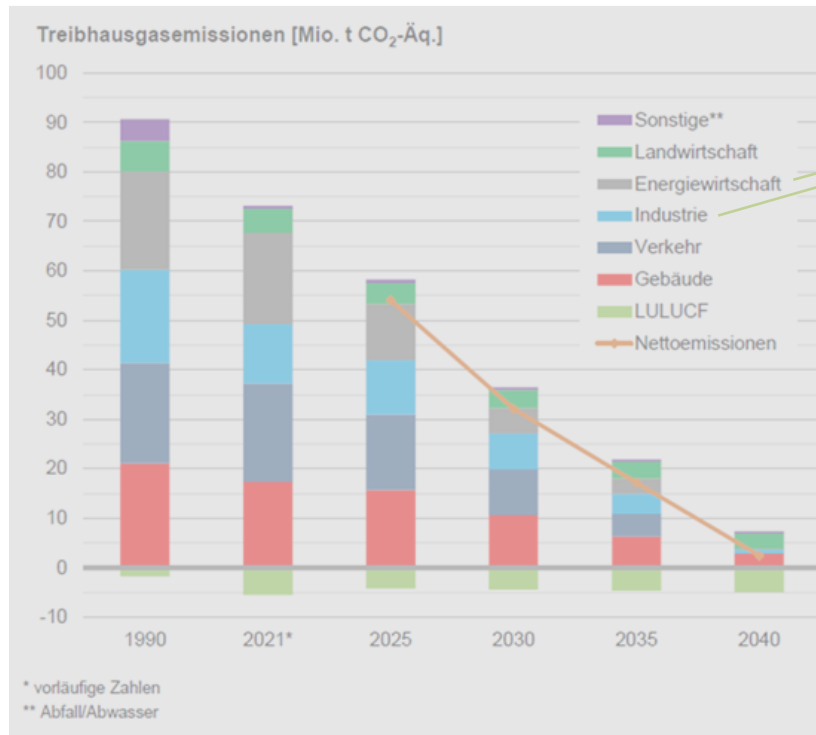
Hauptgründe für Status Quo:

- Mit der Deponierung und Verfüllung der großen Mengen von Böden ist keine Substitution von Primärmaterial verbunden, daher keine Entlastungen in der Bilanz

Einsparung bis 2040 kann nur erreicht werden, wenn die Verwertung in der Zementindustrie als Klinkersubstitut erschlossen wird. Für die Böden ist dafür die Nassklassierung Voraussetzung.

Orientierende Einordnung zu Klimaschutzzielen BW

Sektorziele Klimagesetz BW¹



→ THG-Minderungsanforderungen:

Differenz der Ziele Sektor Industrie und Energie

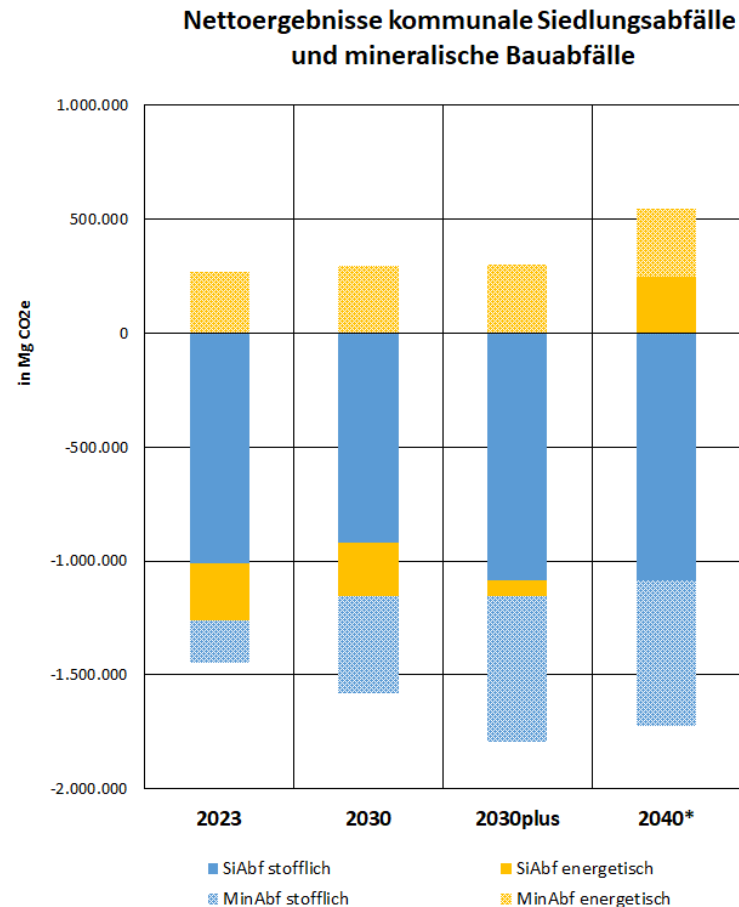
- 2030 zu 2021
- 2040 zu 2030

= Vergleichswerte für Szenarienergebnisse

in Mio. t CO ₂ -Äq	Industrie	Energie
2030 zu 2021	-4,9	-13,3
2040 zu 2030	-7,2	-5,1

Orientierende Einordnung zu Klimaschutzzielen BW

Nettoergebnisse THG-Bilanzen stofflich, energetisch



Stoffliche Verwertung

- Nettoentlastungsbeitrag bei kommunalen Siedlungsabfällen v.a. durch Steigerung getrennte Erfassung Wertstoffe
- Nettoentlastungsbeitrag bei mineralischen Bauabfälle erst ab 2030 durch innovative – in BW teils bereits etablierte – Verfahren

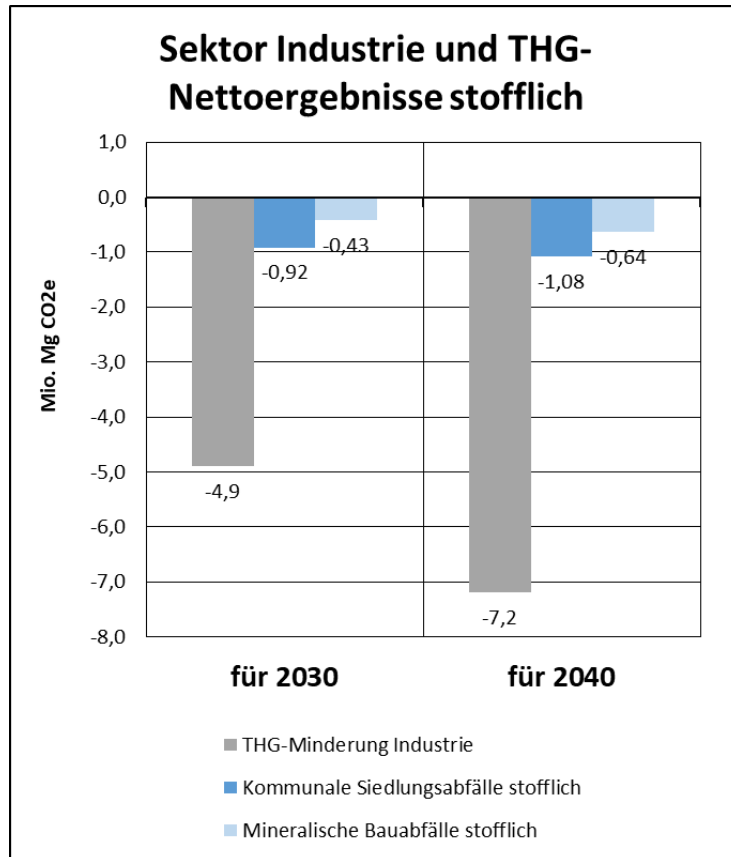
Energetische Verwertung

- bei kommunalen Siedlungsabfällen abnehmende Nettoentlastungspotenziale bis 2030plus, in 2040* Nettobelastung (Energieerzeugung in 2040 klimaneutral = Gutschrift ist 0)
- bei mineralischen Bauabfällen keine Entlastungspotenziale (keine Energieerzeugung aus Abfall)

Nettoergebnisse 2030, 2040* als Vergleichswerte für THG-Minderungsanforderungen Sektorziele Industrie, Energie

Orientierende Einordnung zu Klimaschutzzielen BW

Stoffliche Verwertung - Sektor Industrie



! Nur orientierend

- es ist nicht wahrscheinlich, dass Klimaschutzbeiträge der stofflichen Verwertung vollständig in Baden-Württemberg zum Tragen kommen
- auch bestehen Datenunsicherheiten durch erforderliche Annahmen wegen Datenlücken
- Beiträge in Summe rein rechnerisch ca. ¼ (27% für 2030, 24% für 2040; Anteil mineralische 9%)
- In einem BAU-Szenario für kommunale Siedlungsabfälle wären es für 2040* 5-Prozentpunkte weniger (und energetische THG-Emissionen wären höher)

Ergebnisse insgesamt im Überblick

- Kommunale Siedlungsabfälle und mineralische Bauabfälle bieten **auch künftig Klimaschutzbeiträge durch stoffliche Verwertung** für den Sektor Industrie, insoweit Szenario-Annahmen (Maßnahmen) umgesetzt werden können¹
- Beiträge zum Sektor Energie (energetische Verwertung) sind weniger relevant. Allerdings ist Energie aus Abfall ein Nebenzweck und nach Abfallhierarchie auch untergeordnet („sonstige Verwertung“)
- Für Klärschlamm erfolgte eine Betrachtung künftiger Verwertungspfade mit Phosphor-Rückgewinnung. Die P-Rückgewinnung ist aus Ressourcenschutzsicht geboten und rechtlich vorgegeben. Für einen potenziellen Klimaschutzbeitrag sind die Verwertungspfade nach gegebener Literaturlage nicht zentral
- Klimaschutzpotenziale spezifischer Abfallarten sind für weitergehende Untersuchungen interessant (v.a. Altfahrzeuge, Alttextilien, PV-Module, Batteriespeicher)
- Ebenso Klimaschutzpotenziale der Wiederverwendung durch Sozial- und Gebrauchtkaufhäuser, durch gebraucht kaufen (bisher Umfang eher gering)
- Für CE-Indikatoren ist die Auswertung für die Bundeslandebene möglich, aber es bestehen Datenunsicherheiten (CMUR trotzdem für Monitoring interessant, z.B. Benchmark auf Bundeslandebene)



Vielen Dank!

Regine Vogt, Nadine Muchow, Anja Kathan,
Joachim Reinhardt, Sonja Limberger

Regine.Vogt@ifeu.de



INSTITUT FÜR ENERGIE-
UND UMWELTFORSCHUNG
HEIDELBERG