



## CO<sub>2</sub>- und Material-Fußabdruck von Wien

Eine Analyse der nachhaltigen Ressourcennutzung in Wien  
vor dem Hintergrund der Reduktionsziele in der Smart Klima City Strategie

Projekt „MOCAM – Monitoring der CO<sub>2</sub> Emissionen und  
des Materialfußabdrucks Wiens“

### Key Messages



**SEC**  
Institut für  
Soziale Ökologie

Nina Eisenmenger, Lisa Kaufmann, Gerald Kalt,  
Christian Dorninger, Mareo Perkovic

BOKU Wien, Institut für Soziale Ökologie (SEC)



**TECHNISCHE  
UNIVERSITÄT  
WIEN**

Jakob Lederer, Johann Fellner

TU Wien, Institut für Verfahrenstechnik, Umwelttechnik  
und Technische Biowissenschaften



Stephan Lutter

WU Wien, Institute for Ecological Economics

## Präambel

Dieser 10-Seiter stellt die Zusammenfassung des **Projekts „MOCAM – Monitoring der CO<sub>2</sub>-Emissionen und des Materialfußabdrucks Wiens“** dar, beauftragt durch die Stadt Wien Abteilung Wirtschaft, Arbeit und Statistik, 2021-2022. Eine detailliertere Beschreibung der Methoden, Daten und Ergebnisse finden sich im Endbericht.

Das Projekt MOCAM war ein Pilotprojekt, in dem die Daten zu den produktions- und konsumbasierten Materialflüssen und CO<sub>2</sub>-Emissionen für Wien für die Jahre 2010 und 2019 zusammengestellt bzw. berechnet wurden. Die Daten für die produktions-basierten CO<sub>2</sub>-Emissionen Wiens sind Teil der regelmäßigen Berichterstattung <sup>1</sup>. Die Daten wurden für das MOCAM Projekt zusammengefasst. Die Berechnung der Materialflüsse dagegen wurde erstmalig durchgeführt; in einzelnen Bereichen/Sektoren konnte auf bestehenden Projektergebnissen aufgebaut werden, für andere Bereiche/Sektoren jedoch wurden Methoden erst entwickelt und getestet.

## Methoden

Im vorliegenden Projekt wurden verschiedene Methoden angewandt und kombiniert. Aufgrund der schwierigen Datenlage wurden oftmals zwei Rechnungen parallel für denselben Indikatoren durchgeführt (top-down und bottom-up Rechnung, siehe nächster Absatz), um die Daten gegeneinander zu Vergleichen. **Die empirischen Arbeiten resultierten (noch) nicht in einer einzigen robusten Zahl** für die produktionsbasierte und konsumbasierte Betrachtungsweise, **sondern spannen einen Bereich auf, in dem die tatsächlichen Ergebnisse zu erwarten sind.**

### Top-Down Ansatz

Beim top-down Ansatz wurden Methoden der **wirtschaftsraumbezogenen Materialflussrechnung**<sup>2-4</sup> angewandt, die ausgehend von einem systemischen Blick auf ganz Wien und seine Einwohner\*innen die Materialflüsse entlang der vier Hauptmaterialgruppen (Biomasse, Metalle, nicht-metallische Mineralstoffe, fossile Energieträger) und Emissionen berechnen. **Diese systemische Betrachtung ermöglicht ein Erfassen aller Materialflüsse ohne Doppelzählungen und in Konsistenz mit volkswirtschaftlichen Gesamtrechnungen.** Die hier präsentierten Ergebnisse der top-down Berechnung sind eine erste Pilot-Rechnung und stellen eine mögliche Obergrenze für den tatsächlichen Materialverbrauch Wiens dar. Eine Weiterentwicklung und Konsolidierung der Methode ist jedoch unbedingt nötig.

Auch die CO<sub>2</sub>-Emissionen sind nach einer wirtschaftsraumbezogenen Betrachtungsweise erhoben. Im Falle der produktionsbasierten CO<sub>2</sub>-Emissionen sind die hier präsentierten Daten eine Zusammenstellung der Daten aus der Bundesländer Luftschadstoffinventur<sup>1</sup>. Die konsumbasierten Daten zum CO<sub>2</sub>-Fußabdruck wurden mit der gleichen Methode wie der Materialfußabdruck in dieser Pilotstudie berechnet.

### Bottom-up Ansatz

Beim bottom-up Ansatz wurden die **Materialflüsse im Sinne der Lebenszyklusanalyse** ausgehend von bestimmten gesellschaftlichen Aktivitäten oder Sektoren, die einen hohen Materialverbrauch und viele CO<sub>2</sub>-Emissionen verursachen, erfasst. Basierend auf einer Analyse für Österreich<sup>5,6</sup> wurden für Wien folgende Sektoren als Hotspots ausgewählt: Landwirtschaft und Nahrungsmittelproduktion, Energiewirtschaft, Bauwirtschaft (Gebäude, Infrastruktur), Gesundheits- und Sozialwesen, Abfall- und Abwassersektor, Verkehr/Fahrzeuge, und Tourismus. In der Datenarbeit konnte auf Vorarbeiten an den Instituten der BOKU Wien und TU Wien zurückgegriffen werden.

Für den Vergleich mit den top-down Ergebnissen wurden die Ergebnisse aus der bottom-up Berechnung zusammengefasst. Gesundheits- und Tourismussektor wurden dabei nicht inkludiert, um Doppelzählungen zu vermeiden (fossile Energieträger z.B. sind schon in den Daten des Energiesektors erfasst, Nahrungsmittel sind im Sektor Landwirtschaft/Ernährung erfasst). Das bottom-up Ergebnis umfasst daher nicht alle

Wirtschaftssektoren und auch nicht alle Konsumgüter, die von der Endnachfrage verbraucht werden. Der wahrscheinlich größte Bereich, der nicht erfasst sind, sind die vielen Konsumgüter, die von v.a. privaten Haushalten über Handel und v.a. Online-Handel bezogen werden. Die im Sektor „Abfallwirtschaft“ berechneten Mengen geben hier eine erste Abschätzung durch die Mengen des Verpackungsmüll. Doch es wird davon ausgegangen, dass die Menge der fehlenden Materialien im Vergleich zu den im bottom-up Ansatz erfassten Massen gering ist. **Die Summe der bottom-up Berechnungen wurde daher als robuste Mindestabschätzung für den Materialverbrauch in Wien betrachtet.**

#### *Ausblick*

Für das Monitoring der Headline Indikatoren im Rahmen der Smart Klima City Strategie ist eine Berechnung des Materialverbrauchs der Stadt Wien über eine konsistente top-down Methode zu empfehlen, da so etwaige Doppelzählungen oder Inkonsistenzen durch die Kombination verschiedener Berechnungsmethoden (darunterliegende Konventionen wie z.B. Definition der Systemgrenzen) vermieden werden können.

**Im nächsten Schritt ist nun eine Konsolidierung der Methoden in der top-down Berechnung notwendig, damit robuste und umfassende Ergebnisse zu Materialverbrauch und Material-Fußabdruck bereitgestellt werden können, die ein Monitoring der Indikatoren der Smart Klima City Strategie Wien ermöglichen.**

## *Inhaltsverzeichnis*

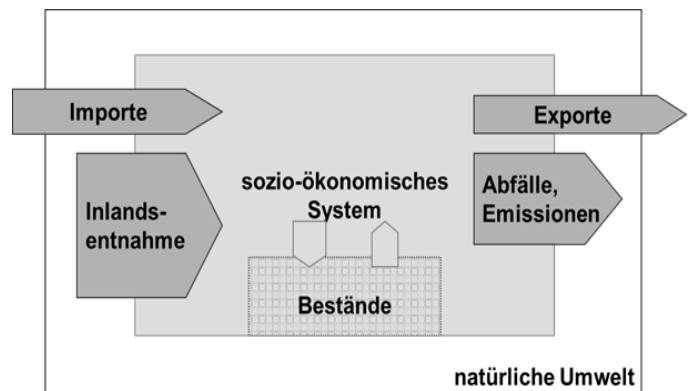
Präambel.....	2
Inhaltsverzeichnis .....	4
1. Ein systemischer Blick auf die Materialflüsse und Emissionen der Stadt Wien macht Synergien und Zielkonflikte zwischen Ressourceneffizienz, Klimaschutz, Kreislaufwirtschaft und Bioökonomie sichtbar. So können Maßnahmen bestmöglich gewählt und gebündelt werden.....	5
2. Produktions- und konsumbasierte Analysen bieten verschiedene und gleichermaßen wichtige Perspektiven und sollten ergänzend verwendet werden. ....	6
3. Der produktions- und konsumbasierte Materialverbrauch und die konsumbasierten CO <sub>2</sub> -Emissionen steigen zwischen 2010 und 2019. ....	7
4. Es konnte keine Entkoppelung des Wirtschaftswachstums vom Ressourcenverbrauch erreicht werden; Wien ist auch noch deutlich von einer Kreislaufführung seiner Rohstoffe entfernt .....	8
5. Das Identifizieren von sektoralen Hotspots ermöglicht, Synergien zwischen Materialverbrauch und Treibhausgasemissionen zu nutzen.....	9
6. Eine Transformation des urbanen Ernährungssystems ist unausweichlich. ....	11
7. Gebäude- und Infrastruktur-Bestände sind Triebkraft hinter Rohstoffflüssen und Emissionen. ....	12
8. Für die Erreichung der Ziele in der Smart Klima City Wien Strategie braucht es eine deutliche Wende! .. .....	13
Literaturverzeichnis .....	14

# 1. Ein systemischer Blick auf die Materialflüsse und Emissionen der Stadt Wien macht Synergien und Zielkonflikte zwischen Ressourceneffizienz, Klimaschutz, Kreislaufwirtschaft und Bioökonomie sichtbar. So können Maßnahmen bestmöglich gewählt und gebündelt werden.

*Aktuelle Umweltprobleme sind eine direkte Folge der Art und Menge der Ressourcen, die wir in Produktion und Konsum nutzen.*

Die Umweltprobleme der heutigen Zeit sind vielfältig. Wir kämpfen gegen den Klimawandel, das Artensterben, leiden unter Verschmutzungen durch (Plastik)Müll, etc. **All diese**

**Umweltprobleme stehen in direktem Zusammenhang mit der Art und Menge der Rohstoffe, die wir nutzen.**



Wir nutzen natürliche Ressourcen (Materialien, Energie, Wasser), um uns einerseits zu ernähren und unsere vielfältigen ökonomischen, sozialen und kulturellen Aktivitäten zu ermöglichen. Andererseits setzen wir sie ein, um unsere materiellen Bestände (Gebäude, Infrastrukturen, Gebrauchsgüter) aufzubauen, zu erhalten und zu betreiben<sup>4</sup>. Als Konsequenz unseres Ressourcenverbrauchs sehen wir versorgungsseitig zunehmend Probleme durch Knappheiten und Preissteigerungen, und entsorgungsseitig entstehen wachsende Müllberge und daraus folgende Verschmutzungen von Land und Wasser, sowie gesundheitliche Probleme und den Klimawandel als Folge von Luftemissionen.

*Eine systemische Betrachtung (auch „Nexus-Betrachtung“), bei der mehrere Dimensionen zusammen analysiert werden, erlaubt es, Synergien und Zielkonflikte sichtbar zu machen und so politische Maßnahmen besser auf einander abzustimmen und zu bündeln.*

Die gesellschaftlichen und ökonomischen Strukturen, die den Ressourcenverbrauch entlang unserer Produktions- und Konsummuster organisieren, sind komplex und eingebettet in die Weltökonomie. Die politische Gestaltung von Maßnahmen zur Eindämmung der vielfältigen Probleme ist daher mindestens so komplex und muss gleichzeitig schneller denn je passieren. **Damit die Maßnahmen bestmöglich greifen und breite Wirkung erzielen, braucht es eine integrierte Perspektive auf Gesellschaft, Ökonomie, und Ressourcennutzung.** Wir müssen also Wechselwirkungen zwischen diesen verschiedenen Sphären sowie zwischen verschiedenen Ressourcen bedenken. Eine quantitative Analyse des gesellschaftlichen Stoffwechsels (gesellschaftlicher Metabolismus<sup>7</sup>) stellt den ökonomischen Gesamtrechnungen eine biophysische Perspektive gegenüber; so lassen sich ökonomische Indikatoren direkt mit biophysischen Entwicklungen vergleichen und mit einander in Beziehung setzen.

In den letzten Jahren hat sich die Forschung daher auf Nexus-Betrachtungen<sup>8,9</sup> fokussiert, in denen Zusammenhänge zwischen verschiedenen Ressourcen oder zwischen verschiedenen Aktivitäten diskutiert werden. Grundlage dafür ist die Beobachtung, dass manche Umweltprobleme aus singulärer Betrachtung heraus reduziert werden konnten, dabei aber andere Probleme verursacht wurden. In der Forschung zu Nexus-Ansätzen geht es zum Beispiel um Zusammenhänge wie Ernährung-Energie-Wasser, Ernährung-Land-Wasser, Ernährung-Futter-Faser-Treibstoff, Bestände-Flüsse-Dienstleistungen, etc. **Nexus-Betrachtungen ermöglicht es, politische Programme nicht unabhängig voneinander sondern integrativ zu entwickeln. So können Synergien und Zielkonflikte sichtbar und politische Maßnahmen besser gebündelt werden.**

Eine solche Herangehensweise hat einen wichtigen Vorteil: den physikalischen Grundgesetzen folgend, müssen die Inputs an Ressourcen mengenmäßig den stofflichen Outputs gleichen (korrigiert um Veränderung der Bestände). **Jeder Ressourceninput verursacht einen Output am Ende der Nutzung; Rohstoffeinsatz und Abfälle/Emissionen stehen in direktem Zusammenhang.** Wenn also Emissionen reduziert werden sollen, muss auch an der Input-Seite eine Reduktion erfolgen. Gleichzeitig ermöglicht eine solche systemische und massenbilanzierte Perspektive, dass konkurrierende Nutzungen, z.B. Biomasse für die Energiebereitstellung, die Nahrungsmittelproduktion, und die stoffliche Nutzung (beispielsweise für Gebäude oder Bioplastik), sichtbar werden.

## 2. Produktions- und konsumbasierte Analysen bieten verschiedene und gleichermaßen wichtige Perspektiven und sollten ergänzend verwendet werden.

In der Betrachtung des gesellschaftlichen Metabolismus können zwei Perspektiven unterschieden werden:

*Die produktionsbasierte Sichtweise zeigt, wie viele Materialien in Produktion und Konsum in Wien verwendet werden.*

Die **produktionsbasierte Sichtweise** berechnet den **Materialverbrauch**

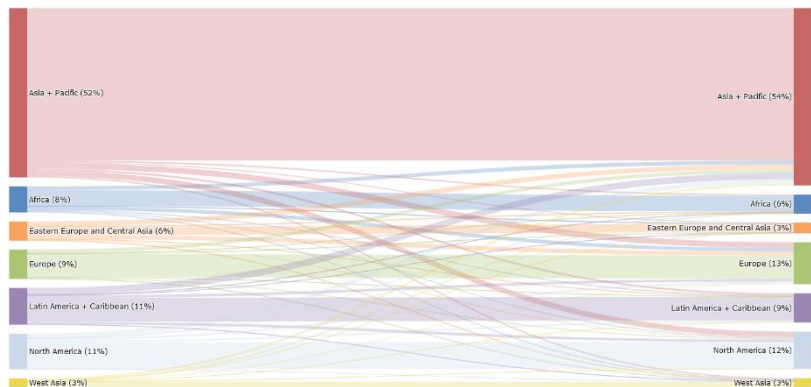
**innerhalb der Wiener Stadtgrenzen**, egal ob diese durch Produktions- oder Konsumaktivitäten verursacht werden. In der produktionsbasierten Rechnung werden Ressourcenentnahmen sowie direkte Importe und Exporte (das heißt mit dem Gewicht zum Zeitpunkt des Grenzübertritts) und alle Flüsse innerhalb der Systemgrenze (Stadtgrenze) berücksichtigt.

*Die konsumbasierte Sichtweise fokussiert auf den globalen Materialverbrauch und die Emissionen, die durch den innerstädtischen Konsum entstehen.*

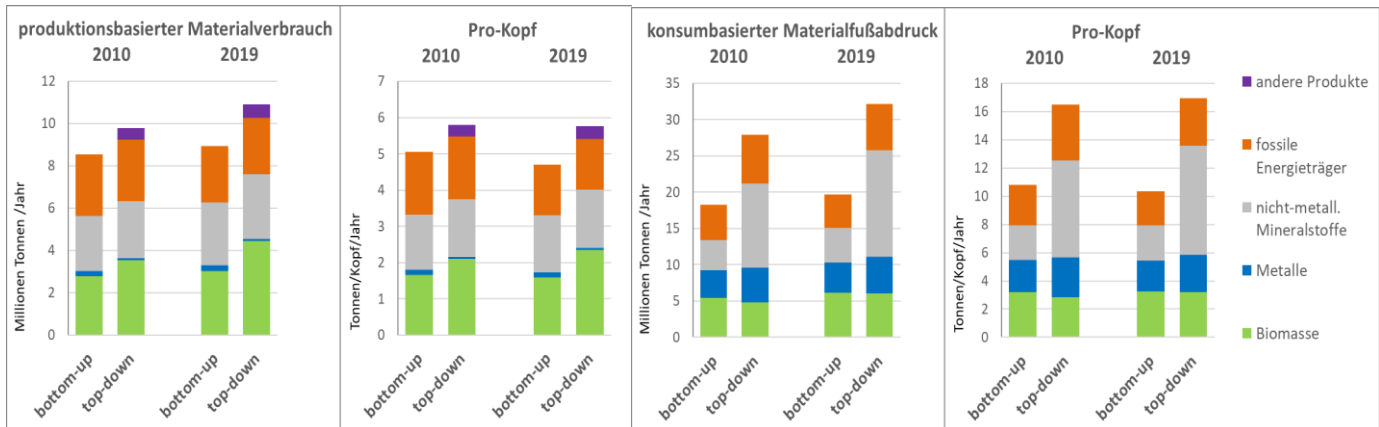
Die konsumbasierte Perspektive richtet den Fokus auf den Endkonsum des betrachteten Systems. Hier werden die Rohstoffe und Emissionen, die irgendwo auf der Welt in der Produktion der nach Österreich importierten Konsumgüter verbraucht und emittiert wurden, dem österreichischen Endkonsum zugerechnet. In anderen Worten, es wird der **Materialverbrauch und die Emissionen entlang der globalen Lieferketten** jener Produkte berücksichtigt, die in Wien konsumiert werden. Die konsumbasierten Indikatoren werden als **Material- oder CO<sub>2</sub>-Fußabdruck** bezeichnet<sup>10–16</sup>.

*Städte sind sowohl für ihre Produktions- und Konsumstruktur innerhalb der eigenen Grenzen als auch für die damit einhergehenden Umweltbelastungen außerhalb der Stadt, verantwortlich.*

Der Ressourcenverbrauch einer Stadt hat eine typische Struktur: Innerhalb der Stadt werden wenige Rohstoffe entnommen, weil im dicht bebauten Gebiet wenig Flächen für landwirtschaftliche oder bergbauliche Aktivitäten zur Verfügung stehen bzw. gestellt werden. Um den Ressourcenbedarf der Endnachfrage zu decken, sind Städte daher von Importen aus dem näheren oder weiteren Umland oder aus anderen Ländern abhängig. **In der Nachhaltigkeitsbewertung einer Stadt sollte die produktionsbasierte Perspektive daher einer konsumbasierten „Fußabdruck“-Perspektive gegenübergestellt werden**<sup>16–23</sup>. Nur so können die innerstädtischen Auswirkungen und die Auswirkungen außerhalb der Stadtgrenze gleichermaßen berücksichtigt und adressiert werden.



### 3. Der produktions- und konsumbasierte Materialverbrauch und die konsumbasierten CO<sub>2</sub>-Emissionen steigen zwischen 2010 und 2019.



*Der produktionsbasierte Materialverbrauch Wiens stieg zw. 2010 und 2019 in absoluten Mengen um 5-11%.*

**Der produktionsbasierte Materialverbrauch Wiens betrug 2019 zwischen 9 (bottom-up) und 11 Millionen Tonnen (top-down), das sind rund 5-6 Tonnen/Kopf/Jahr.** Zum Vergleich: 2010 betrug der produktionsbasierte Materialverbrauch zw. 9 (bottom-up) und 10 (top-down) Millionen Tonnen/Jahr, das sind pro-Kopf ebenfalls 5-6 Tonnen/Kopf/Jahr. Der produktionsbasierte Materialverbrauch stieg also in den 10 Jahren um 5% (bottom-up) bzw. 11% (top-down).

Aufgrund des Bevölkerungswachstums sank der Pro-Kopf-Verbrauch hingegen um 1% (bottom-up) bzw. 6% (top-down). Grund für diese Entwicklungen war einerseits die wachsende Bevölkerung in Wien zwischen 2010 und 2019, andererseits aber die Reduktion im Verbrauch an fossilen Energieträgern im betrachteten Zeitraum (-20%).

*Der konsumbasierte Materialfußabdruck Wiens stieg zw. 2010 und 2019 in absoluten Mengen um 8-15%.*

**Der konsumbasierte Materialfußabdruck Wiens lag 2019 zwischen 20 (bottom-up) und 32 (top-down) Millionen Tonnen.** Zum Vergleich: Im Jahr 2010 lag der Materialfußabdruck bei 18 Millionen Tonnen/Jahr (bottom-up) bzw. 28 Millionen Tonnen/Jahr (top-down). Der Anstieg des konsumbasierten Materialfußabdrucks in den 10 Jahren lag zwischen 8 bzw. 15%.

Bezogen auf die Bevölkerung zeigt der konsumbasierte Materialfußabdruck im Jahr 2019 eine große Bandbreite von 10 Tonnen/Kopf/Jahr (bottom-up) bzw. 17 Tonnen/Kopf/Jahr (top-down) je nach Berechnungsmethode. 2010 lag der Pro-Kopf-Materialfußabdruck (konsumbasiert; MF) in Wien bei 11 Tonnen/Kopf/Jahr (bottom-up) bzw. 17 Tonnen/Kopf/Jahr (top-down). Der konsumbasierte Materialfußabdruck blieb daher in den 10 Jahren und innerhalb der Berechnungsmethode relativ konstant; nach der bottom-up Berechnung sank er leicht (-4%), nach der top-down Berechnung kam es zu einem leichten Anstieg (+3%).

*Die CO<sub>2</sub>-Emissionen sanken zwischen 2010 und 2019, der CO<sub>2</sub>-Fußabdruck nahm jedoch zu.*

Während die produktionsbasierten CO<sub>2</sub>-Emissionen innerhalb Wiens zwischen 2010 und 2019 von 9,4 auf 8,7 Millionen Tonnen CO<sub>2</sub>-Äqu. sanken (-7%), nahm der konsumbasierte CO<sub>2</sub>-Fußabdruck von 17 auf 18 Millionen Tonnen CO<sub>2</sub>-Äqu. also um 6% zu. Wien externalisiert also zunehmend Umweltbelastung, in diesem Fall die Emission von Treibhausgasen. Bezogen auf die wachsende Bevölkerung Wiens konnten die CO<sub>2</sub>-Emissionen zwischen 2010 und 2019 sowohl aus produktionsbasierter als auch aus konsumbasierter Sicht gesenkt werden (CO<sub>2</sub>-Emissionen pro-Kopf -17%, CO<sub>2</sub>-Fußabdruck pro-Kopf -5%).

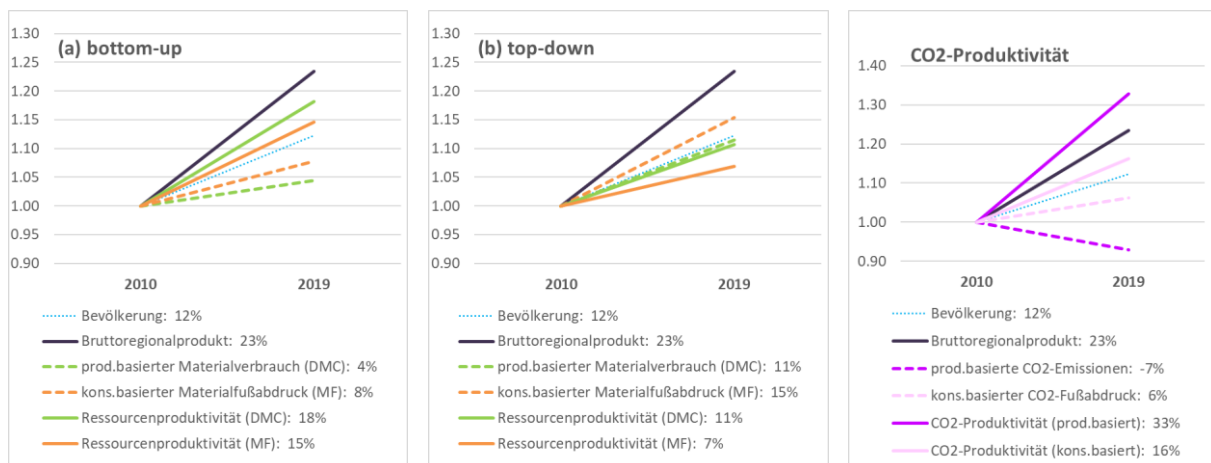
#### 4. Es konnte keine Entkoppelung des Wirtschaftswachstums vom Ressourcenverbrauch erreicht werden; Wien ist auch noch deutlich von einer Kreislaufführung seiner Rohstoffe entfernt

*Die vielfältigen Umweltkrisen unserer Zeit erfordern eine deutliche Reduktion der Umweltbelastungen und das möglichst rasch. Das kann nur durch eine absolute Entkoppelung erreicht werden.*

Ein Ziel in der Umweltpolitik ist es, das Wirtschaftswachstum vom Ressourcenverbrauch und von damit einhergehenden Umweltbelastungen zu entkoppeln<sup>24,25</sup>. In der Analyse wird dazu meist der Indikator Ressourcenproduktivität verwendet. Der Begriff der Ressourcenproduktivität wird dabei ganz analog zu Arbeitsproduktivität verstanden und beschreibt das Verhältnis zwischen Wirtschaftsoutput (Bruttoregionalprodukt, BRP) und Ressourcenverbrauch, berechnet als BRP dividiert durch produktionsbasierten Materialverbrauch bzw. durch konsumbasierten Materialfußabdruck.

Eine Entkoppelung oder Steigerung der Ressourcenproduktivität kann auf zwei Wegen erreicht werden:

- **Absolute Entkoppelung beschreibt eine wachsende Wirtschaft bei sinkendem Ressourcenverbrauch.** Die Ressourcenproduktivität steigt in höheren Raten als das Wirtschaftswachstum.
- **Relative Entkoppelung wird erreicht, wenn die Wirtschaft schneller wächst als der Ressourcenverbrauch. Der Ressourcenverbrauch wird hier aber nicht reduziert.** Die Ressourcenproduktivität steigt in diesem Fall langsamer als das Wirtschaftswachstum.



*Wien erreicht keine absolute Entkoppelung in Bezug auf seinen Materialverbrauch oder Materialfußabdruck.*

Der absolute Materialverbrauch in Wien stieg zwischen 2010 und 2019, gemessen als produktionsbasierter Materialverbrauch (+4% bzw. +11%) ebenso wie als konsumbasierter Materialfußabdruck (+8% bzw. +15%). Die Ressourcenproduktivität stieg folglich, allerdings handelte es sich nur um eine relative Entkoppelung. Der Materialverbrauch und der Materialfußabdruck konnten nicht absolut gesenkt werden, eine absolute Entkoppelung wurde daher nicht erreicht.

*Wien konnte sein Wirtschaftswachstum von den produktionsbasierten Treibhausgas-Emissionen absolut entkoppeln, nicht aber vom CO<sub>2</sub>-Fußabdruck.*

Bei den CO<sub>2</sub>-Emissionen konnte aus produktionsbasierter Sicht eine absolute Entkoppelung erreicht werden, die CO<sub>2</sub>-Produktivität stieg um 33%. Aus konsumbasierter Perspektive jedoch ist der CO<sub>2</sub>-Fußabdruck weiter gestiegen, es konnte folglich nur eine relative Entkoppelung erreicht werden.

**Der Materialverbrauch und die CO<sub>2</sub>-Emissionen, die mit dem Konsum in Wien verursacht werden, liegt auf einem hohen Niveau, und es ist weder eine deutliche noch eine schnelle absolute Entkoppelung zu beobachten.**



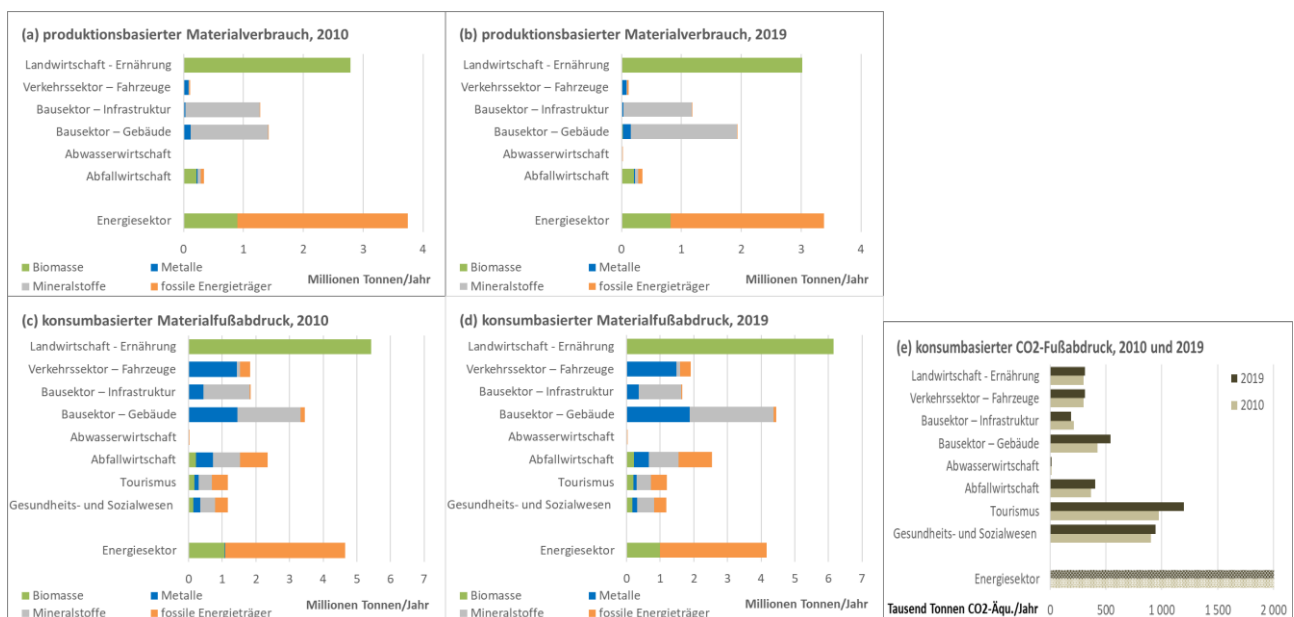
## 5. Das Identifizieren von sektoralen Hotspots ermöglicht, Synergien zwischen Materialverbrauch und Treibhausgasemissionen zu nutzen.

*Integrierte Sichtweisen helfen, Zielkonflikte sichtbar zu machen und zu vermeiden.*

Globale Herausforderungen sind vielschichtig miteinander verbunden, es braucht daher integrierte Sichtweisen, um Zielkonflikte zu vermeiden und Synergien zu nutzen (siehe Abschnitt 1). Berechnungen für Deutschland<sup>26</sup> und für die G7 Länder, China und Indien<sup>27</sup> zeigen zum Beispiel, dass 23% der globalen Emissionen in der Materialverarbeitung (Eisen, Stahl, Zement, Kalk, Gips, Plastik, Holz) verursacht werden. Studien zeigen auch, dass durch Maßnahmen zur Steigerung der Materialeffizienz bei Gebäuden und Fahrzeugen nicht nur der Materialverbrauch gesenkt, sondern auch ein zusätzlicher Beitrag zur Reduktion der CO<sub>2</sub>-Emissionen geleistet werden kann<sup>27</sup>.

*Hotspots für Ressourcenschonung und Klimaschutz in Wien: Bauen, Mobilität, Ernährung, Gesundheit*

Im Kampf gegen die Klimakrise wird sichtbar, dass bisherige Maßnahmen, die auf die Reduktion von Emissionen v.a. in technischen Prozessen abzielen, nicht die gewünschten Erfolge bringen. Daher liegt der Fokus in der Forschung auf der Analyse von Synergien, allen voran zwischen Dematerialisierung (Reduktion des Materialverbrauchs) und Dekarbonisierung (Reduktion der CO<sub>2</sub>-Emissionen). Durch diese Analysen ließen sich **sektorale Hotspots identifizieren, die sowohl hohe CO<sub>2</sub>-Emissionen als auch einen hohen Rohstoffverbrauch verursachen**. Zu diesen Hotspots gehören: Energieversorgung und Mineralölverarbeitung, Bergbau und Bauwirtschaft, Landwirtschaft und Nahrungsmittelproduktion, Gesundheits- und Sozialwesen, Öffentliche Verwaltung. Maßnahmen sollten so gewählt werden, dass neben der Reduktion des Materialverbrauchs auch eine Reduktion der CO<sub>2</sub>-Emissionen erreicht wird<sup>26,27</sup>.



In absoluten Mengen verursachten **Bauaktivitäten 2019 den größten produktionsbasierten Materialverbrauch** (3,1 Millionen Tonnen/Jahr; +37% seit 2010) als auch konsumbasierten Materialfußabdruck (3 Millionen Tonnen/Jahr; +8% seit 2010) **gefolgt von Biomasse/Ernährung** (seit 2010 +14%). Die beiden Aktivitäten lösten auch mehr konsumbasierten Materialverbrauch entlang der Produktionsketten aus, als die Energiewirtschaft.

*Auch Dienstleistungsaktivitäten sind material- und CO<sub>2</sub>-intensiv*

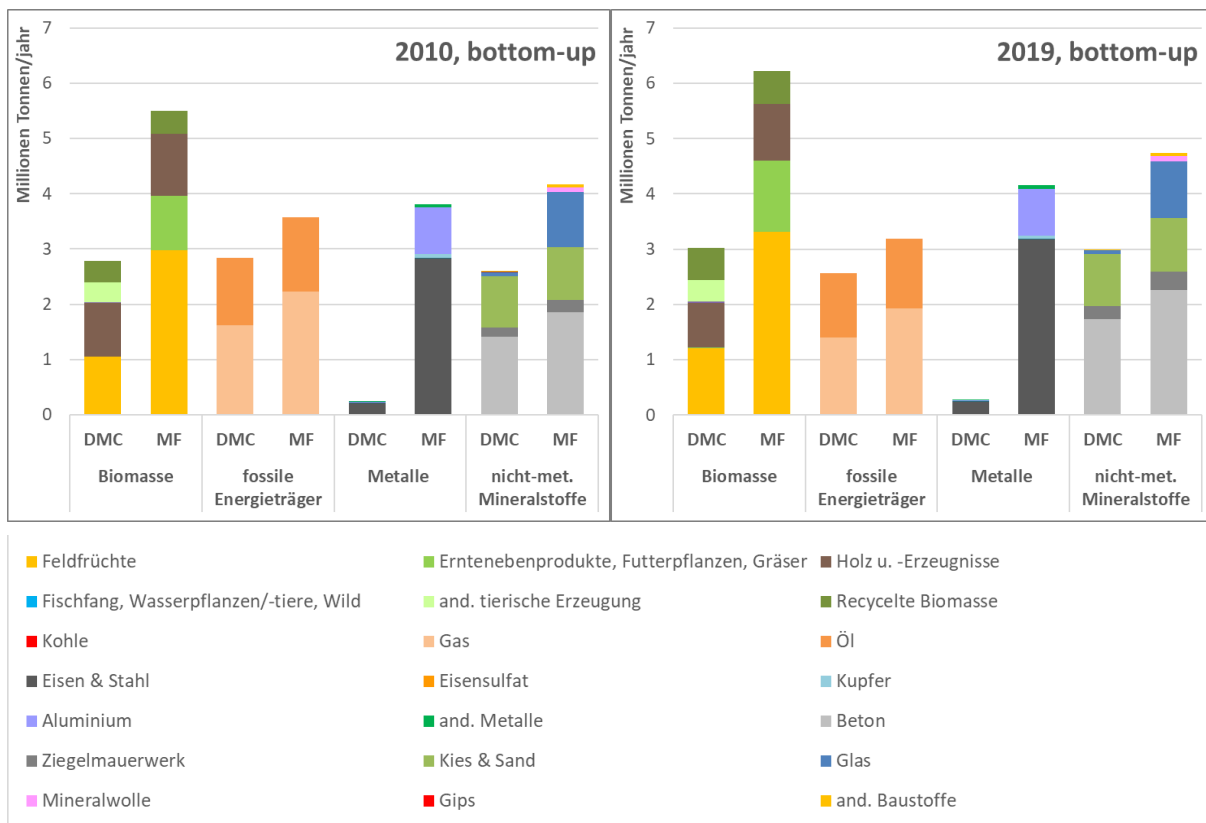
Mit den Sektoren Gesundheit und Tourismus sehen wir, dass auch Dienstleistungssektoren mit erheblichem Materialverbrauch und CO<sub>2</sub>-Emissionen verbunden sind, vor allem aus einer konsumbasierten Perspektive. Eine vielfach geforderte „Tertiärisierung der Wirtschaft“ wird daher nicht die Lösung der Klima- und

Ressourcenkrise bringen<sup>28</sup>, solange nicht verstärkt auf die Struktur und die Umweltbelastungen entlang der Lieferketten geachtet wird.

**Größter Beitrag zum produktionsbasierten Materialverbrauch und konsumbasierten Materialfußabdruck: Feldfrüchte, Holz, Beton, Kies&Sand, Eisen&Stahl, Öl, Gas**

Den größten Beitrag zum gesamten produktionsbasierten Materialverbrauch im Jahr 2019 (bottom-up) verursachten Feldfrüchte (14% des gesamten produktionsbasierten Materialverbrauchs, 2019, bottom-up Berechnung), Holz (9%), Beton (20%), Kies&Sand (11%), Öl (13%) und Gas (16%).

Den größten Beitrag zum gesamten konsumbasierten Materialfußabdruck im Jahr 2019 (bottom-up) verursachten Feldfrüchte (18% des gesamten konsumbasierten Materialfußabdruck, 2019, bottom-up Berechnung), Beton (12%), Eisen&Stahl (17%), und Gas (10%), sowie Erntenebenprodukte (7% verwendet als Futtermittel), Holz (6%), Öl (7%), und Kies&Sand (5%).



## 6. Eine Transformation des urbanen Ernährungssystems ist unausweichlich.

**Landnutzung und Landwirtschaft**, wie sie heute vorwiegend betrieben wird, **gehören zu den größten Triebkräften der Klima- und Biodiversitätskrise**. Die Hälfte der global bewohnbaren Landfläche wird landwirtschaftlich genutzt, und über 70% davon zur Produktion tierischer Lebensmittel. Für die Bereitstellung von Futtermittel werden 60% der globalen Biomasseernte verwendet. Auch ein Drittel aller anthropogenen Treibhausgasemissionen stehen in Zusammenhang mit der Ernährung.

### *Urbane Landnutzung endet nicht an der Stadtgrenze.*

2010 lebten 55% der globalen Bevölkerung auf 1-3% der globalen Landfläche<sup>29</sup>. Wachsende Stadtgebiete wie Wien sind geprägt von Flächenknappheit innerhalb der Stadtgrenzen, die zu Konflikten zwischen den verschiedenen Nutzungsformen führt (beispielsweise die Flächen für Transport, Wohnen, Arbeits- und Einkaufsstätten, aber auch Freiflächen zur Befriedigung von Erholungsbedürfnissen). Die landwirtschaftliche Produktion zur Deckung der Nachfrage in urbanen Zentren hingegen ist in ländliche Gebiete im nationalen und auch vermehrt im globalen Umland ausgelagert. **Somit endet die urbane Landnutzung und das damit einhergehende Ressourcenmanagement nicht an den Stadtgrenzen.**

### *Reduktion der Treibhausgasemissionen und der benötigten Landflächen durch eine Umstellung der Ernährung*

**Den größten Effekt auf die Landfläche und den CO<sub>2</sub>-Fußabdruck hat eine Umstellung der Ernährung** auf die Empfehlungen der EAT-Lancet Kommission<sup>30</sup>. Diese Ernährungsweise reduziert den Konsum aller tierischen Produkte im Vergleich zum Status Quo bei gleichzeitiger Zunahme des Konsums von Gemüse, Hülsenfrüchten und Nüssen. Der CO<sub>2</sub>-Fußabdruck könnte so um 33%, und die dafür benötigten Landflächen um 35% reduziert werden. Die Kombination einer regionalen und gesunden Ernährung mit biologisch produzierten Lebensmitteln und weniger tierischen Produkten kann den Effekt des zusätzlichen Landbedarfs einer Lebensmittelproduktion mit agro-ökologischen/biologischen Methoden entgegenwirken, da weniger land-intensive tierische Produkte nachgefragt werden.

### *Reduktion des Fleischkonsums als zentraler Hebel für die Stadt*

Die **Reduktion des Konsums tierischer Produkte** ist zentral für einen geringeren Materialfußabdruck im Bereich der globalen Landwirtschaft und städtischen Ernährung. Nichtsdestotrotz kann urbane Landwirtschaft in ihren unterschiedlichen Formen (eigenständige Betriebe, „urban gardening“ in Hochbeeten oder Selbsterntefelder, ...) bei vorhandener Verteilungsinfrastruktur auch Treibhausgasemissionen durch **kurze Transportwege** einsparen. Darüber hinaus können Selbstversorgungsprojekte wie „urban gardening“ indirekte Einsparungseffekte haben, wie eine Studie aus Spanien zeigte. Teilnehmer\*innen reduzierten ihren CO<sub>2</sub>-Fußabdruck um bis zu 12% jährlich im Vergleich zur Kontrollgruppe<sup>31</sup> und zwar durch eine Veränderung ihrer Ernährungsweisen insbesondere einer Reduktion des Fleischkonsums. Aus Stadtmanagement-Perspektive können bereits vorhandene Instrumente wie Kriterien für die öffentliche Beschaffung in Zusammenspiel mit neuen Ansätzen (Kampagnen für pflanzen-basierte Ernährungsweisen, Fleisch-Werbeverbot, etc.) einen wichtigen Beitrag leisten, den Ressourcenverbrauch und die Treibhausgas-Emissionen der Wiener Ernährung zu reduzieren.

## 7. Gebäude- und Infrastruktur-Bestände sind Triebkraft hinter Rohstoffflüssen und Emissionen.

*Rund drei Viertel unseres Materialverbrauchs werden in langlebigen Gütern, Gebäuden und Infrastruktur über mehrere Jahre/Jahrzehnte in gesellschaftlicher Nutzung gehalten.*

Der Großteil der verbauten Materialien sind nicht-metallische Mineralstoffe (Baurohstoffe wie Zement, Beton, Ton/Ziegel, Sand/Kies) und in kleineren Mengen auch verschiedene Metalle (v.a. Eisen/Stahl, Aluminium, Kupfer). Doch Bauaktivitäten und gebaute Infrastruktur sind nicht nur im materiellen Sinne gewichtig. Gebaute Infrastruktur braucht auch viel Energie in Aufbau, Erhalt und Betrieb, und spielt als Wirtschaftsmotor v.a. in Krisenzeiten („Multiplikator-Wirkung“) eine wichtige Rolle. **Bauaktivitäten sind daher ein Hotspot bei Maßnahmen zur Dematerialisierung und Dekarbonisierung.** Durch Maßnahmen zur Steigerung der Materialeffizienz können bei Gebäuden zusätzlich 35% an Treibhausgasen und bei Fahrzeugen zusätzlich 30% an Treibhausgasen eingespart werden.

*Kreislaufwirtschaftsmaßnahmen helfen, Baurohstoffe und Metalle länger in der Nutzung zu halten, und können neben Recycling auch durch viele andere Maßnahmen zu Materialersparnis beitragen.*

Nach dem Verständnis der Kreislaufwirtschaft stehen Materialien, die in Gebäuden und Infrastruktur gebunden sind, am Ende der Nutzungsphase für die Wiederverwertung/-verwendung zur Verfügung. Doch **Kreislaufwirtschaftsmaßnahmen können schon viel früher gesetzt werden und zu einer Reduktion von Materialeinsatz und Emissionen beitragen.** Hier ein paar Beispiele:

- „Leichtere“ Gebäude mit weniger Materialeinsatz und Holz statt Beton (Re-Design). Aber: Nebenwirkungen auf andere Bereiche müssen beachtet werden, v.a. die Konkurrenz um Landflächen bei der Nutzung von Holz. Außerdem muss bei der Holznutzung darauf hingewiesen werden, dass Holz nicht per definitionem ein klimaneutraler Werkstoff ist.
- Verlängerung der Nutzungsdauer von Gebäuden (und auch Fahrzeugen, Gebrauchsgütern, Textilien etc.) Aber: gleichzeitig müssen Altbestände modernisiert werden.
- Recycling-Raten erhöhen. Aber: Wenn statt recycling downcycling stattfindet, könnte das Sekundärmaterial nicht den Einsatz von Primärrohstoffen ersetzen.
- Produktdesign anpassen, um die Möglichkeit der Sekundärnutzung von Rohstoffen zu ermöglichen und zu verbessern.
- Raumordnerische Optimierung: Verdichtung, kurze Wege, Gemeinschaftsnutzungen und dadurch Einsparen/Reduzieren von gebauten Beständen.
- Die Zeitdimension: Bestände haben Lebensdauern von mehreren Jahren oder Jahrzehnten. Heutiges Abbruchmaterial entspricht daher den technischen Standards von vor Jahrzehnten (Verbundwerkstoffe) und ist nach heutigen Maßstäben und Notwendigkeiten kaum oder anders zu recyklieren. Langlebige Bestände legen unsere Möglichkeiten auf bestimmte Pfade fest, aus denen in der Zukunft Pfadabhängigkeiten entstehen können.

*Gebaute Bestände verursachen Ressourcenflüsse und Emissionen in der Zukunft. Wir müssen unsere Bestände reduzieren, wenn wir diese Flüsse senken wollen.*

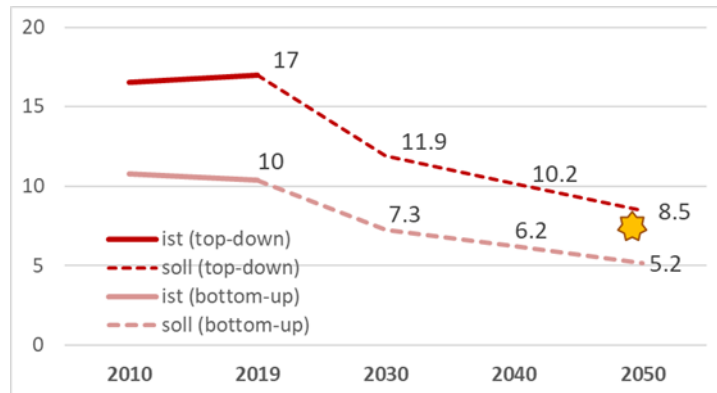
**Jeder Bestand verursacht Energieverbrauch und Treibhausgasemissionen in der Nutzung und bindet Rohstoffflüsse in der Zukunft für den Erhalt und die Sanierung.** Wenn eine deutliche Reduktion von Ressourcenflüssen erreicht werden soll, dann muss eine Stabilisierung über Verdichtung oder eine Reduktion von Beständen angestrebt werden. Zusätzliche positive Effekte solcher Maßnahmen sind das Aufbrechen versiegelter Fläche und die dadurch freiwerdende Fläche für natürliche Vegetation, die Zunahme der Biodiversität, eine Reduktion von Hitzeinseln und der städtischen Temperaturen, sowie positive Auswirkungen auf die Gesundheit der Bewohner\*innen.

## 8. Für die Erreichung der Ziele in der Smart Klima City Wien Strategie braucht es eine deutliche Wende!

*Trotz vieler Bemühungen sehen wir in Wien ein Wachstum des Materialverbrauchs und -fußabdrucks und des CO<sub>2</sub>-Fußabdrucks. Es braucht daher eine gebündelte Anstrengung, damit Wien den Ressourcenverbrauch absolut reduzieren kann!*

Wien muss seine **Emissionen weiter reduzieren, und eine Trendwende im Materialverbrauch herbeiführen**, wenn die Ziele in der Smart Klima City Strategie Wien erreicht werden sollen, und wenn die Stadt eine Transformation in eine nachhaltige Zukunft umsetzen will.

### *Ambition für die Erreichung der Ziele der Smart Klima City Wien Strategie*



- Materialverbrauch und Treibhausgasemissionen müssen auch politisch zusammen gedacht werden. Integrierte (Nexus-) Sichtweisen müssen also Eingang in die städtische Politikgestaltung finden, jede Maßnahme also einem „Nexus-Check“ unterzogen werden. Dies erfordert eine intersektorale Zusammenarbeit der unterschiedlichen Abteilungen.
- Im Bereich der Stadtplanung gilt es aktiv Bestände zu verdichten und zu reduzieren, sowie alle Kreislaufwirtschaftspotentiale zu heben. Dazu müssen Bauordnung, Raumordnung und Normierung adaptiert werden, um zu ermöglichen, dass bereits in der Planungsphase Ressourcenflüsse reduziert bzw. vermieden werden.
- Zur Umsetzung der beschriebenen Maßnahmen braucht es kompetente Fachkräfte in der Verwaltung wie in der Wirtschaft. Mit Hilfe von Informationskampagnen sowie Aus- und Weiterbildungen kann das Know-how zur Material- und Emissionsreduktion sowie zu Kreislaufwirtschaftsthemen vermittelt werden. Curricula müssen entsprechend überarbeitet und aktualisiert werden.
- Im Bereich der Ernährung hat die Stadt Wien insbesondere als Arbeitgeberin einen kraftvollen Hebel, um neue Standards hinsichtlich lokaler und regionaler Produktion sowie eine Reduktion des Fleischkonsums zu erreichen. Beispielsweise kann in Kantinen und Spitalsküchen an einer neuen „Ernährungsmentalität“ mitgewirkt werden.
- Die Stadt Wien ist über das letzte Jahrhundert zur einer fossil-basierten Stadt aufgebaut worden. Alle Bestände, Strukturen, Abläufe sind bestmöglich an die Verfügbarkeit von fossiler Energie angepasst. Ein Umbau fordert ein Umdenken weit über die gewohnten Bahnen und Grenzen hinaus. Wie kann eine Stadt mit effizientem und bio-basiertem Energieverbrauch aussehen?
- Konsument\*innen: Information und Bildung zu Nachhaltigkeitsfragen des Alltags werden gebraucht, damit Konsument\*innen gute und viel öfter Entscheidungen im Sinne einer Nachhaltigkeit treffen können. Und, sie brauchen Strukturen, in denen nachhaltige Verhaltensweisen und Praktiken niederschwellig und ohne höhere Kosten gewählt werden können.

## Literaturverzeichnis

1. Umweltbundesamt GmbH. Bundesländer Luftschadstoff-Inventur 1990–2019. Regionalisierung der nationalen Emissionsdaten auf Grundlage von EU-Berichtspflichten (Datenstand 2021). (2021).
2. UN. System of Environmental Economic Accounting (SEEA). <https://seea.un.org/> (2017).
3. Eurostat. Economy-wide material flow accounts. Handbook 2018 edition. (2018).
4. Krausmann, F., Schandl, H., Eisenmenger, N., Giljum, S. & Jackson, T. Material Flow Accounting: Measuring Global Material Use for Sustainable Development. *Annual Review of Environment and Resources* **42**, 647–675 (2017).
5. BMK & BMLRT. Ressourcennutzung in Österreich 2020. Band 3. AutorInnen: Nina Eisenmenger, Barbara Plank, Eva Milota, Sylvia Gierlinger. (2020).
6. Plank, B., Eisenmenger, N. & Schaffartzik, A. Do material efficiency improvements backfire?: Insights from an index decomposition analysis about the link between CO<sub>2</sub> emissions and material use for Austria. *Journal of Industrial Ecology* *jiec.13076* (2020) doi:10.1111/jiec.13076.
7. Haberl, H. et al. Contributions of sociometabolic research to sustainability science. *Nature Sustainability* **2**, 173–184 (2019).
8. Liu, J. et al. Nexus approaches to global sustainable development. *Nat Sustain* **1**, 466–476 (2018).
9. Haberl, H. Nexus approaches for studying interrelations between resource use and societal wellbeing. (2021).
10. Hoekstra, A. Y. & Chapagain, A. K. Water footprints of nations: Water use by people as a function of their consumption pattern. *Water Resources Management* **21**, 35–48 (2006).
11. Hertwich, E. G. & Peters, G. P. Carbon Footprint of Nations: A Global, Trade-Linked Analysis. *Environmental Science & Technology* **43**, 6414–6420 (2009).
12. Fang, K., Heijungs, R., Duan, Z. & de Snoo, G. The Environmental Sustainability of Nations: Benchmarking the Carbon, Water and Land Footprints against Allocated Planetary Boundaries. *Sustainability* **7**, 11285–11305 (2015).
13. Wiedmann, T. O. et al. The material footprint of nations. *Proceedings of the National Academy of Sciences* **112**, 6271–6276 (2015).
14. Tukker, A. et al. Environmental and resource footprints in a global context: Europe’s structural deficit in resource endowments. *Global Environmental Change* **40**, 171–181 (2016).
15. Moran, D. et al. Carbon footprints of 13 000 cities. *Environ. Res. Lett.* **13**, 064041 (2018).
16. Heinonen, J. et al. Spatial consumption-based carbon footprint assessments - A review of recent developments in the field. *Journal of Cleaner Production* **256**, 120335 (2020).
17. Barles, S. The main characteristics of urban socio-ecological trajectories: Paris (France) from the 18th to the 20th century. *Ecological Economics* **118**, 177–185 (2015).
18. Kalmykova, Y., Rosado, L. & Patrício, J. Resource consumption drivers and pathways to reduction: economy, policy and lifestyle impact on material flows at the national and urban scale. *Journal of Cleaner Production* **132**, 70–80 (2016).
19. Millward-Hopkins, J., Gouldson, A., Scott, K., Barrett, J. & Sudmant, A. Uncovering blind spots in urban carbon management: the role of consumption-based carbon accounting in Bristol, UK. *Regional Environmental Change* **17**, 1467–1478 (2017).
20. Athanassiadis, A. et al. Comparing a territorial-based and a consumption-based approach to assess the local and global environmental performance of cities. *Journal of Cleaner Production* **173**, 112–123 (2018).
21. Fry, J. et al. Assessing carbon footprints of cities under limited information. *Journal of Cleaner Production* **176**, 1254–1270 (2018).
22. Chen, G. et al. Review on City-Level Carbon Accounting. *Environ. Sci. Technol.* **53**, 5545–5558 (2019).
23. Ottelin, J. et al. What can we learn from consumption-based carbon footprints at different spatial scales? Review of policy implications. *Environ. Res. Lett.* **14**, 093001 (2019).
24. UN IRP. Decoupling natural resource use and environmental impacts from economic growth. (United Nations Environment Programme, 2011).
25. Haberl, H. et al. A systematic review of the evidence on decoupling of GDP, resource use and GHG emissions, part II: synthesizing the insights. *Environ. Res. Lett.* (2020) doi:10.1088/1748-9326/ab842a.
26. Pauliuk, S. & Heeren, N. Material efficiency and its contribution to climate change mitigation in Germany: A deep decarbonization scenario analysis until 2060. *Journal of Industrial Ecology* **25**, 479–493 (2021).
27. UN IRP. Resource Efficiency and Climate Change. Material Efficiency Strategies for a Low-Carbon Future. Summary for Policymakers. (United Nations Environment Programme, 2020).
28. Parrique, T. et al. Decoupling Debunked. Evidence and arguments against green growth as a sole strategy for sustainability. [eeb.org/library/decoupling-debunked](http://eeb.org/library/decoupling-debunked) (2019).
29. Liu, Z., He, C., Zhou, Y. & Wu, J. How much of the world’s land has been urbanized, really? A hierarchical framework for avoiding confusion. *Landscape Ecol* **29**, 763–771 (2014).
30. Lauk, C. et al. Demand side options to reduce greenhouse gas emissions and the land footprint of urban food systems: A scenario analysis for the City of Vienna. *Journal of Cleaner Production* **359**, 132064 (2022).
31. Puigdueta, I., Aguilera, E., Cruz, J. L., Iglesias, A. & Sanz-Cobena, A. Urban agriculture may change food consumption towards low carbon diets. *Global Food Security* **28**, 100507 (2021).