

# Lineare Programmierung für klimafreundlichere Kantinen

Hande Gagali, M. Sc. Ernährungswissenschaften,  
Dr. Cornelia Klug, Prof. Dr. Katja Lotz, PD Dr. Alexandr Parlesak



## Hintergrund und Problemstellung




- Unser Ernährungssystem ist für etwa **30 %** der globalen **Treibhausgasemissionen (THGE)** verantwortlich [1].
- Eine **erhebliche Reduktion der THGE** ist in den kommenden Jahren nötig, um das globale Erwärmungsziel von **1,5 °C** nicht zu überschreiten [2].
- Nicht-übertragbare, **chronische Erkrankungen**, deren Inzidenz maßgeblich **durch die Ernährung beeinflusst** wird, sind für **71 %** der **Todesfälle** verantwortlich [3].
- Eine **Verringerung des Anteils an tierischen Lebensmitteln** zur Verringerung der THGE schränkt die Verfügbarkeit von **kritischen Nährstoffen**, wie z.B. Eisen, Kalzium, Vitamine D oder B12, ein.
- Die **Außer-Haus-Verpflegung (AHV)**, **12,4 Milliarden Besucher\*innen** in Deutschland jährlich [4]) bietet großes Potential für die Implementierung innovativer Ansätze, die eine klimafreundliche Ernährung ohne eine eingeschränkte Nährstoffzufuhr ermöglichen.



## Zielsetzung

- Das Ziel dieser noch laufenden Studie ist die Untersuchung der Anwendbarkeit einer gleichzeitig Klima- und ernährungsphysiologisch optimierten **Außer-Haus-Verpflegung** mittels **linearer Programmierung (LP)**. Die Anwendbarkeit einer 4-wöchigen Menülinie wird in diesem Pilotprojekt hinsichtlich der Harmonisierbarkeit von **Klimaneutralität, Nährstoffadäquanz, Kostenneutralität und Akzeptanz durch den Kantinenbetreiber und die Kantinenbesucher** beurteilt.

**Tabelle:** Beispielhafte Zusammenstellung der THGE und der kritischen Nährstoffe eines üblichen Kantinengerichts, eines mit LP optimierten Gerichts und einer nicht-ernährungsoptimierten, klimafreundlichen Mahlzeit

	Referenzgericht	Optimiert mit linearer Programmierung	„klimafreundliches“ Rezept, nicht nährstoffoptimiert
<b>Rezeptbeispiel</b>	Schweineschnitzel mit Gemüse, Pommes und Bratensoße 	Bandnudeln mit Waldpilz-Sardellen-Soße & Salat 	Afrikanischer Erdnusseintopf 
<b>Liste relevanter Zutaten</b>	TK-Schweineschnitzel, Butterschmalz, Möhren, Broccoli, Blumenkohl, Butter, TK-Pommes, Frittieröl, Kalbfleisch-Bratensoße	Bandnudeln, Waldpilze, Zwiebeln, Tomatenmark, Milch, Sonnenblumenöl, Feldsalat, Sardellen, Essig, Jodsalz	Couscous, Zwiebeln, Paprikaschoten, Möhren, Weißkohl, Rapsöl, Tomaten, Knollensellerie, Erdnussbutter, Kidneybohnen, Zuckermais, Mangosaft
<b>THGE (CO<sub>2</sub>eq, g/kg)</b>	1925	471	355
<b>Kritische Nährstoffe</b>			
Vitamin B12	114 %	128%	0 %
Vitamin D	9 %	100%	1 %
Calcium	30 %	82%	79 %
Jod	117 %	118%	55 %

## Ergebnisse

- Bei einem eng beschränkten Menüprofil mit wenigen Rezepten ist LP nicht praktikabel, um eine ausreichende Ähnlichkeit mit bestehenden Menüplänen zu erarbeiten.
- Die Klima-optimierten Rezepte ( $\leq 471 \text{ g CO}_2\text{eq}$ ) mit vollständiger Nährstoffdeckung wurden von den Kantinenbetreibern wegen mangelnder Kundenakzeptanz als impraktikabel zurückgewiesen.
- Als praktikabler erwiesen sich etablierte Rezepte, die von vornherein die Verwendung von klimabelastenden Lebensmitteln (rotes Fleisch, Käse, Treibhausprodukte) einschränken. Diese weisen jedoch keine adäquate Nährstoffdeckung auf.

## Ausblick

Der deterministische Ansatz der linearen Optimierung bietet zwar ein **großes Potential**, um Menüpläne hinsichtlich diverser Parameter zu optimieren, scheint aber nur im Rahmen umfangreicher Lebensmittellisten und langfristiger Menüpläne wirkungsvoll anwendbar zu sein [5]. **Nicht-deterministische Ansätze** wie neurale Netzwerke, MCMC- und andere Machine Learning-Methoden könnten einen **wichtigen Lösungsansatz** für die oben genannten Problematiken darstellen. Weitere **Forschung und Entwicklung sind nötig**, um auf Grundlage der Vorgaben innovative Tools der künstlichen Intelligenz zu entwickeln, die das Angebot der AHV hinsichtlich Gesundheitsförderung, Klimafreundlichkeit, Verbraucherakzeptanz optimieren können.

## Kooperative Partner



## Quellen

1. Bundesvereinigung der Deutschen Ernährungsindustrie e.V. (BVE) (2020): Jahresbericht 2019/20. Taten statt Worte.
2. Crippa, M.; et al. (2021): Food systems are responsible for a third of global anthropogenic GHG emissions. Nat Food 2 (3), S. 198–209.
3. Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC) (2021): Summary for Policymakers. In: Climate Change 2021: The Physical Science Basis. Sixth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change.
4. World Health Organization (WHO) (2021): Noncommunicable diseases. Online verfügbar unter <https://www.who.int/news-room/fact-sheets/detail/noncommunicable-diseases>, zuletzt geprüft am 19.07.2022.
5. Eustachio Colombo P, Patterson E, Lindroos AK, Parlesak A, Eilinder LS. Sustainable and acceptable school meals through optimization analysis: an intervention study. Nutr J. 2020 Jun 24;19(1):61.



Gefördert durch das Ministerium für Ernährung, Ländlichen Raum und Verbraucherschutz im Rahmen der Landesstrategie Nachhaltige Bioökonomie Baden-Württemberg

## Kontakt

Duale Hochschule Baden-Württemberg

Bildungscampus 4, 74076 Heilbronn  
hande.gagali@heilbronn.dhbw.de  
alexandr.parlesak@heilbronn.dhbw.de