

The averaging bias – eine Kurzerklärung oder fragen Sie Ihren Steuerberater ...

Die Präsentation ist online verfügbar: www.ifkm.kit.edu

Thomas Koch

Karlsruhe, November 2021

Received: 28 May 2021 | Revised: 15 June 2021 | Accepted: 21 June 2021

DOI: 10.1002/zamm.202100205

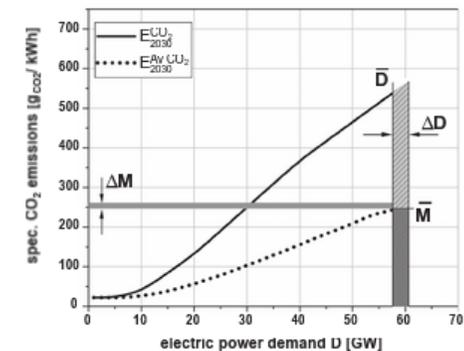
EDITOR'S CHOICE



**The averaging bias - A standard miscalculation, which
extensively underestimates real CO₂ emissions**

Thomas Koch¹ | Thomas Böhlke²

FIGURE 6 Graphical illustration of Equations (50) and (51) Please note that the depicted areas represent $\bar{M}(\bar{D})\Delta D$ and $\bar{D}\Delta M(D, \Delta D)$



Motivation (Beispiel)

Und wie viel CO₂ sparte das ein? Das kommt dann vor allem auf den Strommix an, mit dem man diese E-Autos lädt. Geht man davon aus, dass Elektroautos übers Jahr gesehen ungefähr den Durchschnittstrom laden, ist ihr indirekter Klimafußabdruck leicht zu errechnen: Man benötigt ihren Verbrauch (in kWh pro Kilometer), und die Menge an CO₂, die im Jahresmittel mit dem deutschen Kraftwerkspark pro kWh anfällt.

Im Kraftwerkspark gibt es Wind- und Fotovoltaikanlagen sowie Wasserkraft, Atomkraft und Biogas, also CO₂-arme Erzeuger, ebenso wie Öl-, Gas- und Kohlekraftwerke. 2020 entstanden im Mittel laut vorläufigen Daten des Umweltbundesamts **366 Gramm pro Kilowattstunde deutschen Stroms**, immerhin 400 Gramm oder 52 Prozent weniger als noch 1990. Bei einem durchschnittlichen Verbrauch der E-Autos auf 100 Kilometer von **18 kWh** macht das rund **66 Gramm CO₂ je Kilometer** oder 6,6 Kilogramm auf 100 Kilometer.

Source: typical calculation with simplified approach

$$\text{Anstieg CO}_{2e} [\text{g/h}] = M \cdot \Delta D$$

$$66 [\text{g/km}] = 366 [\text{g/kWh}] \cdot 18 [\text{kWh/100km}]$$

Dieser unzulässig vereinfachte Ansatz $M \cdot \Delta D$ unterschätzt die realen CO_{2e} Mehremissionen deutlich. Er ist falsch.

Received: 28 May 2021 | Revised: 15 June 2021 | Accepted: 21 June 2021
 DOI: 10.1002/zamm.202100205

EDITOR'S CHOICE



The averaging bias - A standard miscalculation, which extensively underestimates real CO₂ emissions

Thomas Koch¹ | Thomas Böhlke²

Vereinfachte Formel (unterschätzt reale CO₂-Mehremissionen)

An example for such a simplified formula to analyze the additional CO₂ emissions per time interval $\Delta F(\bar{D}, \Delta D)$ caused by additional electric power ΔD (unit: Watt) is the direct utilization of the average CO₂ emission footprint $M(\bar{D})$ (unit $\text{g} \cdot \text{h}^{-1} / \text{kWh}$) for a given average electricity demand \bar{D} of the electricity sector by the equation

$$\Delta F(\bar{D}, \Delta D) \approx M(\bar{D}) \Delta D, \quad (49)$$

$$\Delta F \text{ Anstieg von CO}_{2e} [\text{g/h}] = M \cdot \Delta D$$

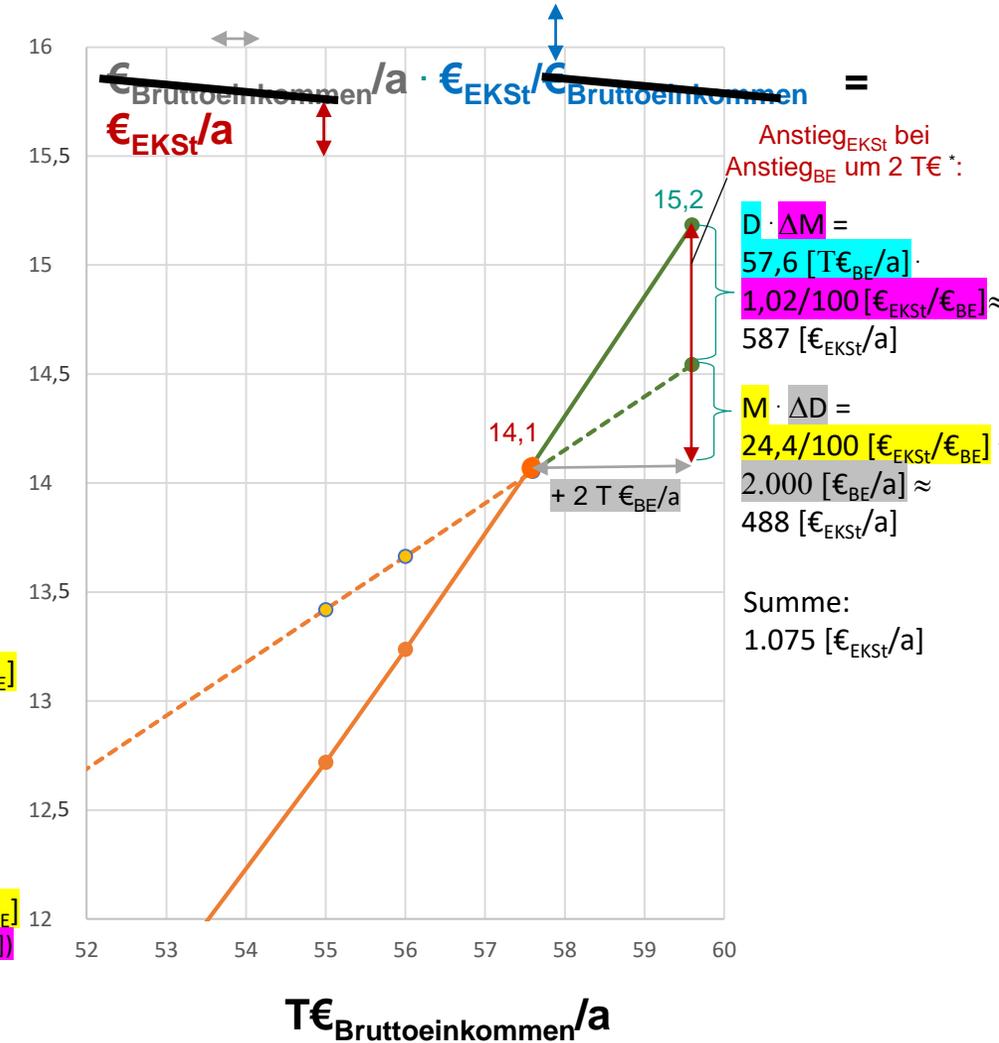
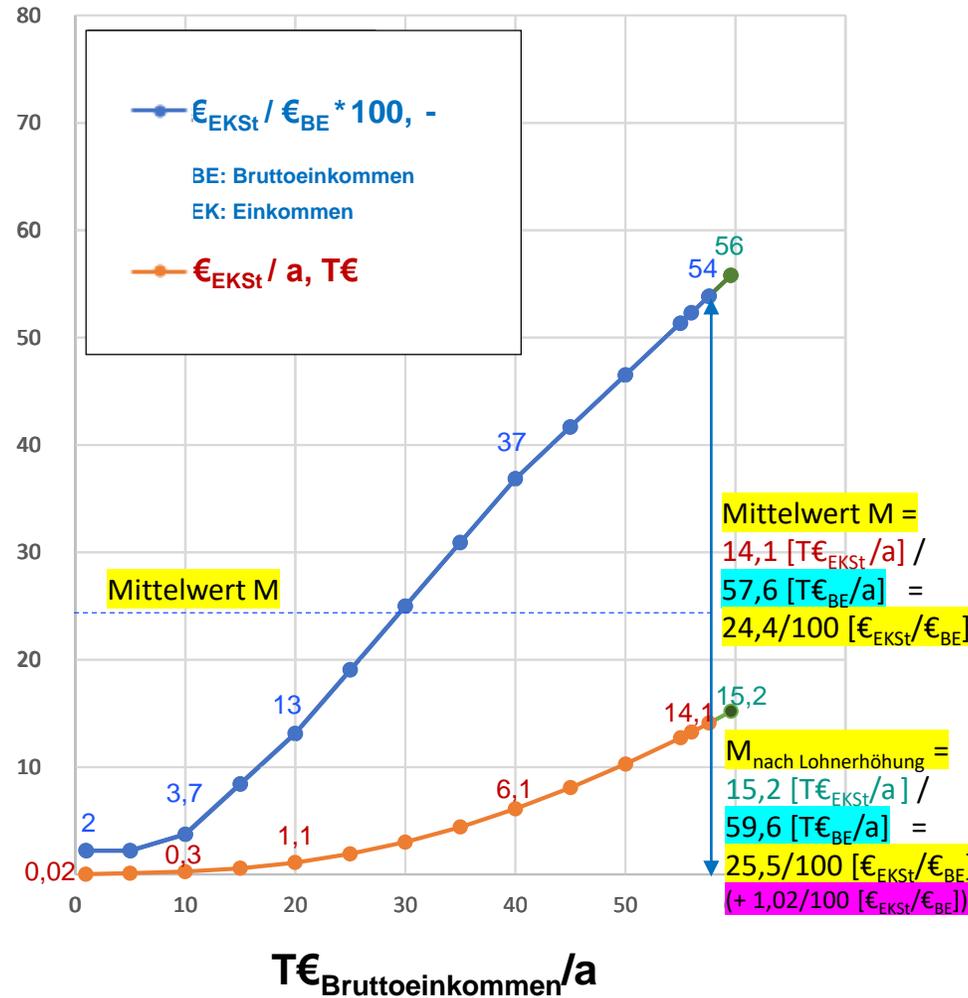
Exakte Formel

By applying the fundamental theorem of differential and integral calculation of Leibniz of the 17th century, the general and exact formula can be written as follows (see Equations (36) and (38))

$$\Delta F(\bar{D}, \Delta D) = \bar{D} \Delta M(\bar{D}, \Delta D) + \Delta D M(\bar{D} + \Delta D). \quad (51)$$

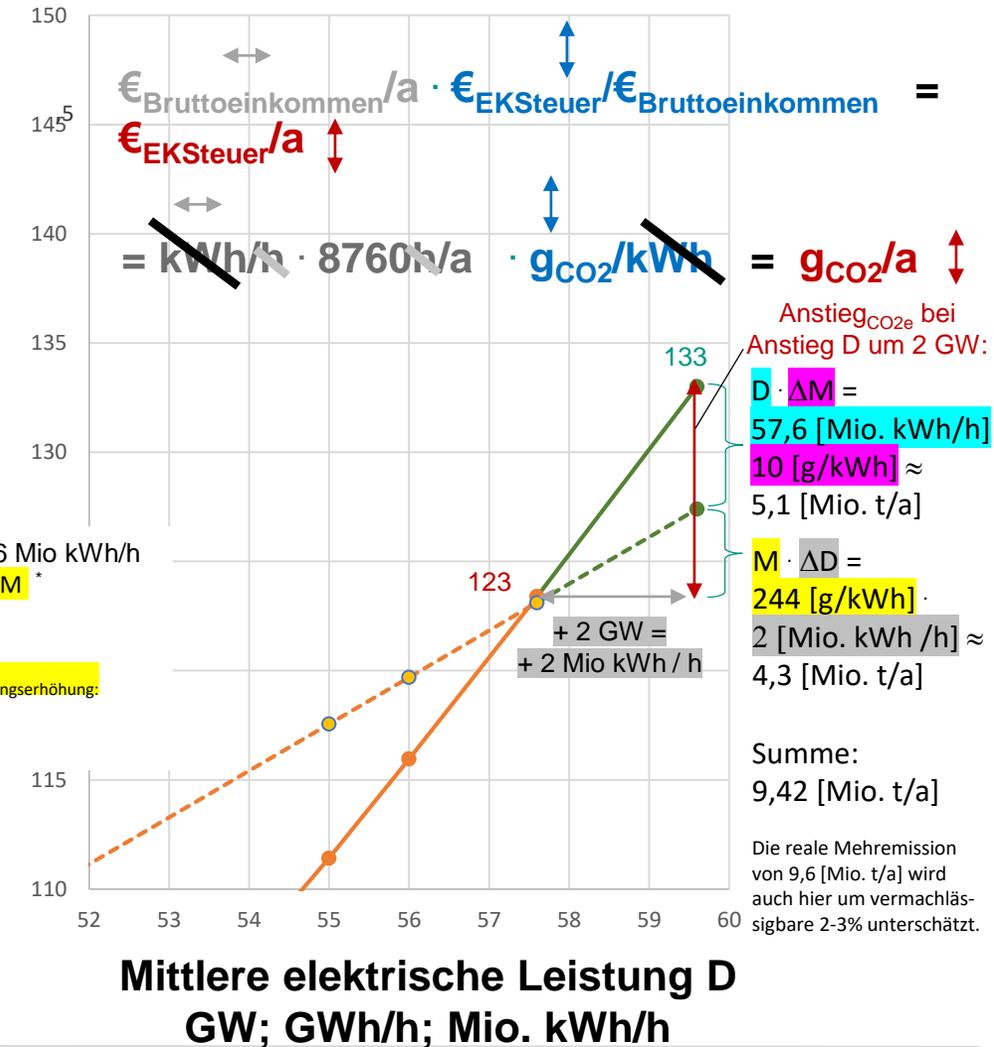
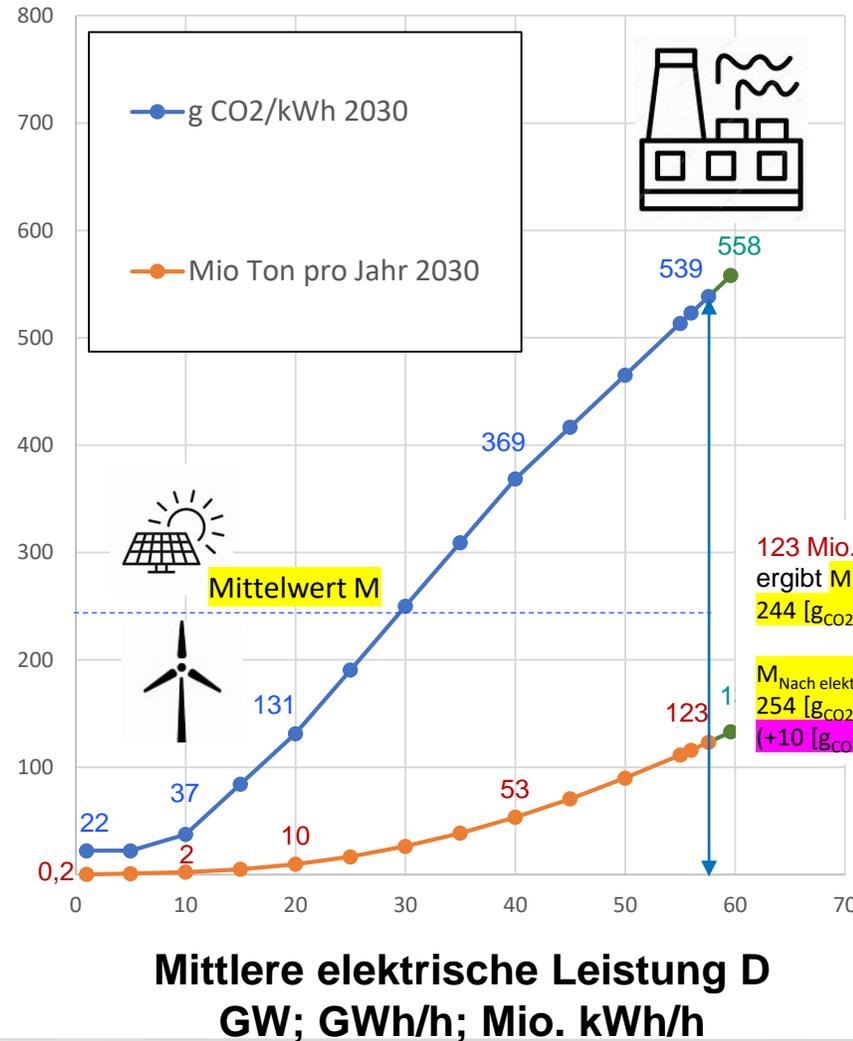
$$\Delta F \text{ Anstieg von CO}_{2e} [\text{g/h}] = \bar{D} \cdot \Delta M + M \cdot \Delta D$$

Erläuterung des Durchschnittsfehlers



• Selbst der hier gezeigte Ansatz $M \cdot \Delta D + D \cdot \Delta M$ unterschätzt noch die Steuer von 1097 € geringfügig. Dies wird noch genauer in der erweiterten Präsentation (<https://www.ifkm.kit.edu/152.php#block1961>, S.15 negligible error) gezeigt und hängt damit zusammen, dass Steuersatz und Einkommen weiter steigen, was bei M und D berücksichtigt werden muss. Dieses mathematische Detail ist jedoch für das generelle Verständnis des „averaging bias“ von absolut untergeordneter Bedeutung.

Erläuterung des Durchschnittsfehlers



* Bei der Umrechnung von 123 Mio t CO₂/a auf den Mittelwert von 244 g_{CO2}/kWh sind 8.760 h/a zu berücksichtigen.

Zusammenfassung

Vereinfachte Formel (unterschätzt reale CO₂-Mehremissions)

An example for such a simplified formula to analyze the additional CO₂ emissions per time interval $\Delta F(\bar{D}, \Delta D)$ caused by additional electric power ΔD (unit: Watt) is the direct utilization of the average CO₂ emission footprint $M(D)$ (unit: gCO₂/kWh) for a given average electricity demand \bar{D} of the electricity sector by the equation

$$\Delta F(D, \Delta D) \approx M(D)\Delta D, \quad (49)$$

$$\Delta F \text{ Anstieg von CO}_{2e} \text{ [g/h]} = M \cdot \Delta D$$

Exakte Formel

By applying the fundamental theorem of differential and integral calculation of Leibniz of the 17th century, the general and exact formula can be written as follows (see Equations (36) and (38))

$$\Delta F(D, \Delta D) = \bar{D}\Delta M(\bar{D}, \Delta D) + \Delta DM(\bar{D} + \Delta D). \quad (51)$$

$$\Delta F \text{ Anstieg von CO}_{2e} \text{ [g/h]} = \bar{D} \cdot \Delta M + M \cdot \Delta D$$

Mit der vereinfachten, häufig angewendeten Kurzbestimmung $M \cdot \Delta D$ zur Analyse der CO_{2e} Mehremissionen durch zusätzliche elektrische Verbraucher werden die realen CO_{2e} Mehremissionen deutlich und fehlerhaft unterschätzt! Diese CO_{2e} Mehremissionen sind in Deutschland circa 2,1 mal höher als mit ($M \cdot \Delta D$) berechnet! Fragen Sie Ihren Steuerberater!

Vielen Dank für Ihre Aufmerksamkeit!

Weitere Informationen unter
<https://www.ifkm.kit.edu/152.php#block1961>

Overview

- 1 Introduction and motivation
- 2 Averaging bias
- 3 Criticism 1: „M:ΔD is standard“
- 4 Criticism 2: „additional consumer“
- 5 Criticism 3: „modern electric systems“
- 6 Criticism 4: „energy dedicated only to electric vehicles“
- 7 Criticism 5: „energy or power“
- 8 Summary

9 November 2021 Averaging bias – eine Kurzerklärung

