

Tom Stieler

# Ausgewählte Begriffe in der Teilchenphysik

Eine qualitative Inhaltsanalyse unter Verwendung von Ansätzen der Kognitiven Linguistik

Karlsruhe // 6. März 2024

# Worum es heute geht...

Weiterführung der Diskussion des Wuppertaler Symposiums 2018

Oliver Passon  
Thomas Zügge  
Johannes Grebe-Ellis *Hrsg.*

## Kohärenz im Unterricht der Elementarteilchenphysik

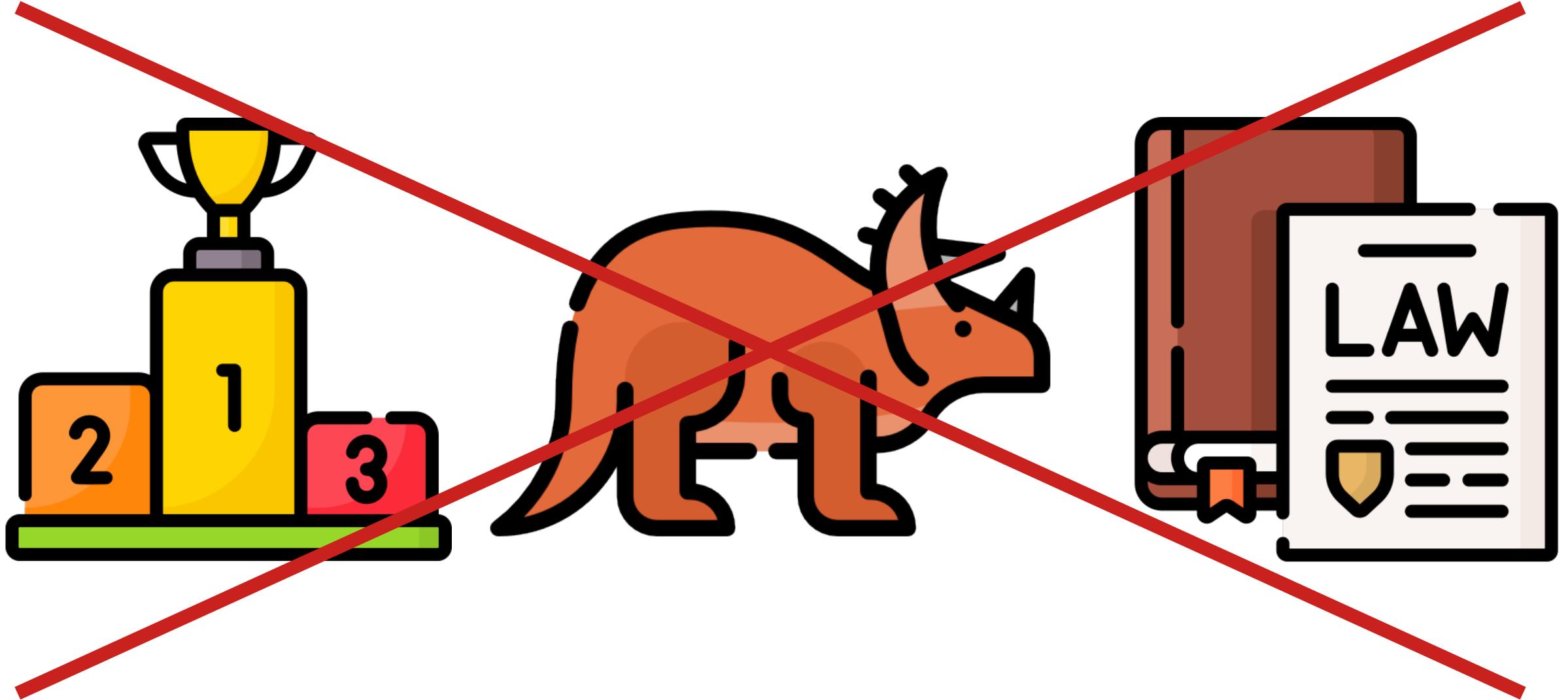
Tagungsband des Symposiums zur Didaktik  
der Teilchenphysik, Wuppertal 2018

Passon et al. 2020

<https://doi.org/10.1007/978-3-662-61607-9>

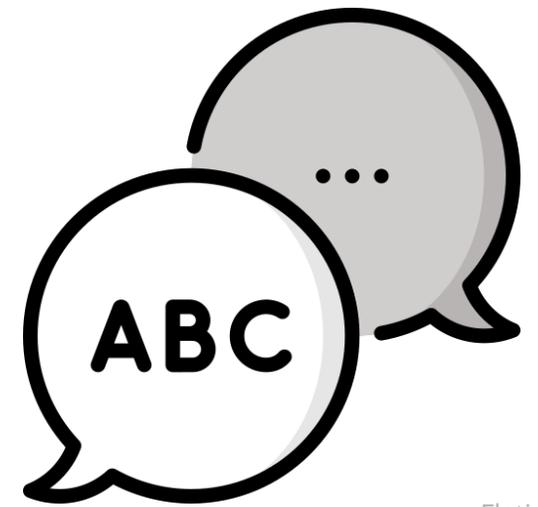
 Springer Spektrum

# Worum es heute NICHT geht...



# Ziel & Motivation

Wie werden ausgewählte Begriffe verwendet und deren Nutzung begründet?

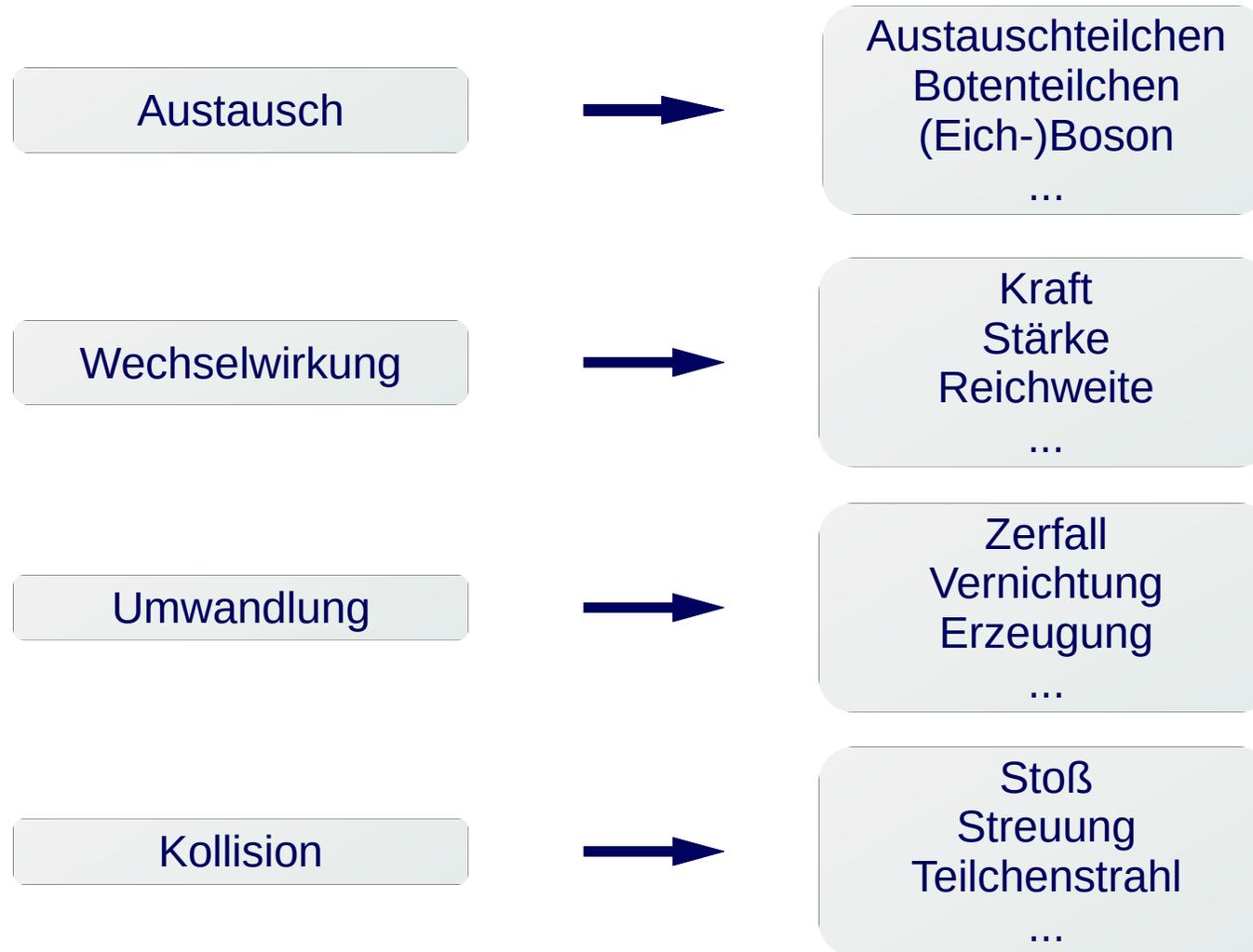


Wie wird die Verwendung unterschiedlicher Begriffe innerhalb der Community wahrgenommen?

Erhebung des Ausmaßes der Reflexionsfähigkeit und deren Folgen.

**Heute: Anregung für weitere physikdidaktische Forschung mittels Ansätzen der Kognitiven Linguistik.**

# Ziel & Motivation



# Kognitive Linguistik & Framesemantik

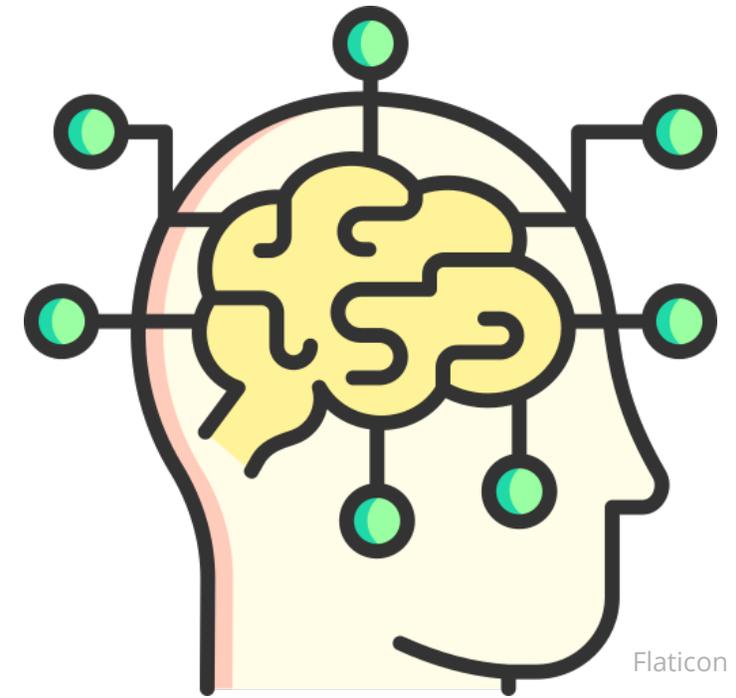
## Ein gebrauchsbasiertes Sprachmodell

### Kognitive Linguistik (Zima 2021)

- Sprache = Epiphänomen der menschlichen Kognition
- Bedeutung wird konstruiert
- Gebrauchsbasiertes Modell

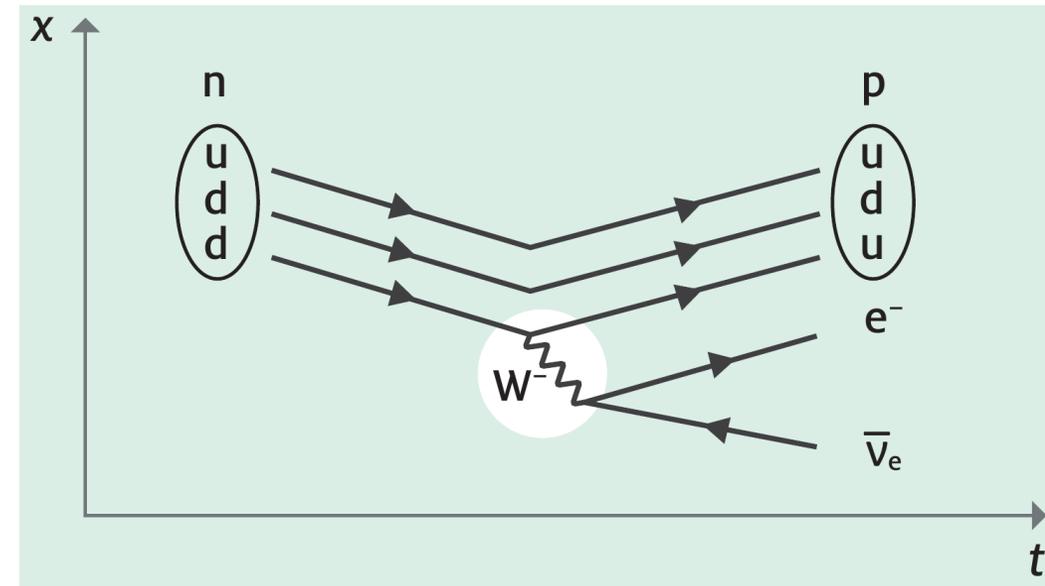
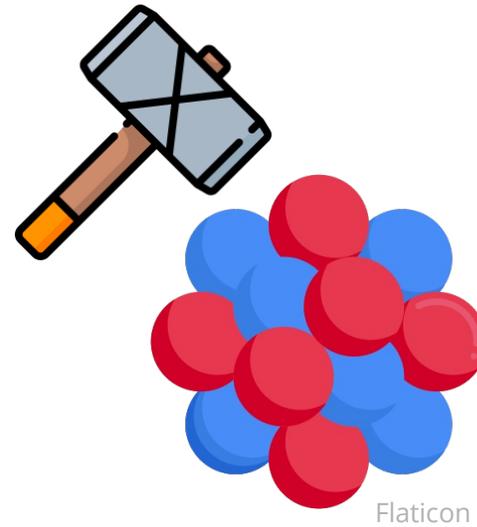
### Framesemantik (Ziem 2008)

- Frame = konzeptuelle Wissensseinheiten
- Frames **evozieren** Bedeutung
- „Was muss ein:e Sprecher:in alles wissen, um ein Wort situationsadäquat zu benutzen?“ (Filmore 1977)



# Kognitive Linguistik & Framesemantik

Beispiel... was evoziert *Zerfall* für Sie?



Kobel et al. 2018, Abb. 46

**Sprachliches Wissen wird kategorisiert → Salopp: Schubladendenken**

# Dokumentenanalyse

## → Sketch Engine

### Ausgewählte Dokumente

- Fachbücher Deutsch = 1.581.371 Wörter
- Fachbücher Englisch = 1.813.825 Wörter
  
- (Bechtle et al. 2023 = 110.135 Wörter)
- (Vergleich: Englische Wikipedia ≈ 1.360.000.000 Wörter)

### Legende

- Nomen → Substantiv
- Lempos → hier: Grundform eines Wortes → [Details hier](#)
- Frequenz → Anzahl der Vorkommen im Korpus
- Gruppe → Zuordnung basiert auf Bedeutungsähnlichkeit

THESAURUS  
Fachbücher Deutsch

Wechselwirkung als Nomen 3.774x

|   | Lempos   | Frequenz <sup>?</sup> | Gruppe      |       |
|---|----------|-----------------------|-------------|-------|
| 1 | Teilchen | 7.017                 | Elektron    | 4.263 |
|   |          |                       | Photon      | 2.172 |
|   |          |                       | Proton      | 2.338 |
|   |          |                       | Neutron     | 2.176 |
| 2 | Energie  | 5.435                 | Masse       | 2.709 |
|   |          |                       | Ladung      | 1.844 |
| 3 | Kern     | 3.807                 | Zustand     | 1.796 |
| 4 | Prozess  | 1.043                 | Zerfall     | 1.588 |
|   |          |                       | Reaktion    | 1.035 |
| 5 | Kraft    | 653                   | ==unknown== |       |



# Deduktiv qualitative Inhaltsanalyse (Mayring 2023; Kuckartz & Rädiker 2022)

## Verwendung der Framesemantik

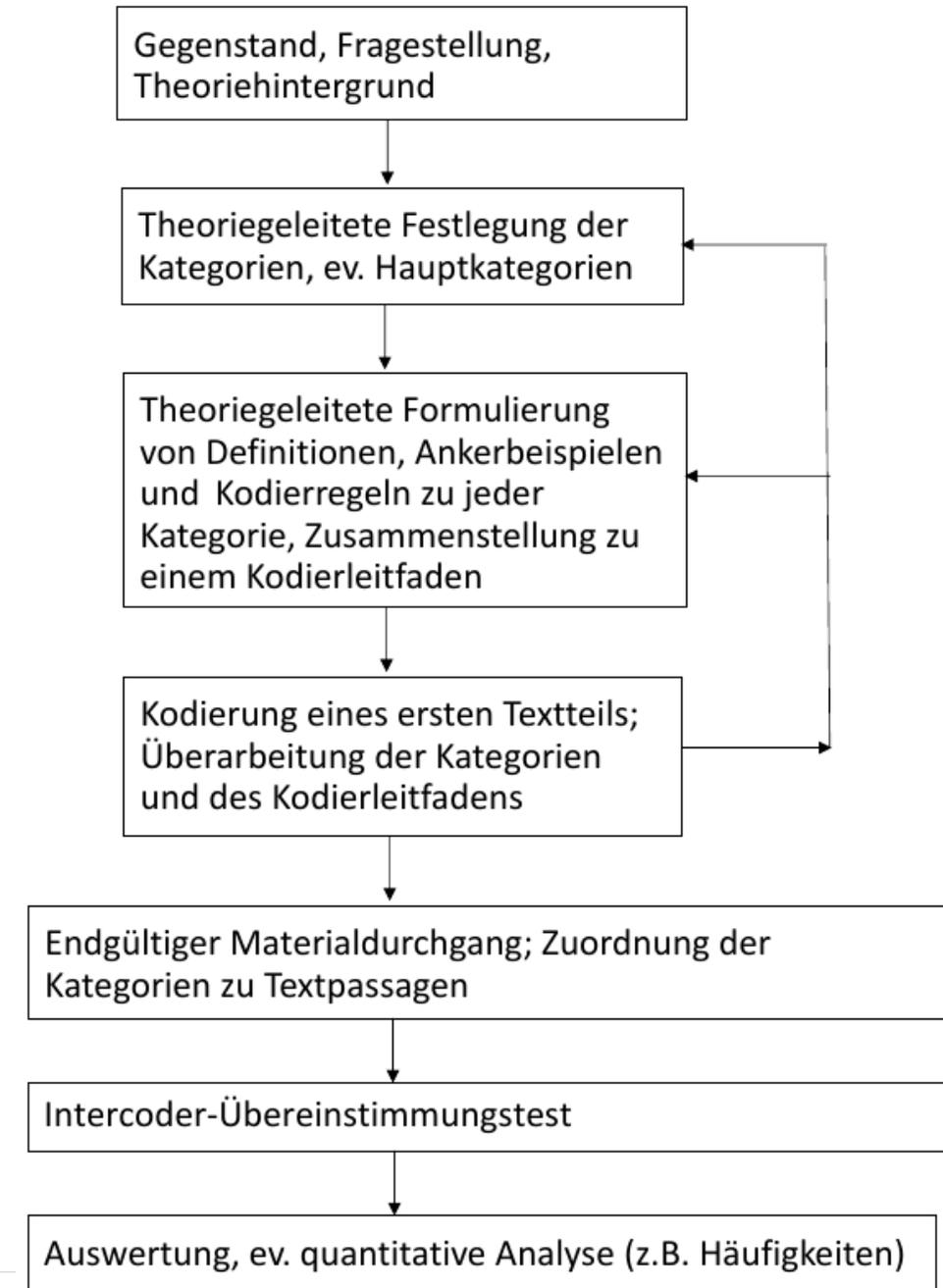
- Frame = konzeptuelle Wissensseinheit
- Frameelement (FE) = Grundeinheit
  - Kern-Element = konstitutiv
  - Nicht-Kern-Element

## → FrameNet-Konstruktion des Deutschen

„Erforscht und dokumentiert Form-Bedeutungsstrukturen der deutschen Gegenwartssprache“ (FrameNet 2023)

## Beispiel

Die **FE:Prozess** **Kollision** zur **FE:Erklärung** **Untersuchung neuer Teilchen** findet an den **FE:Ort** **Kreuzungspunkten** im LHC statt, immer **FE:Zeit** **wenn sich zwei Teilchenpakete treffen.**

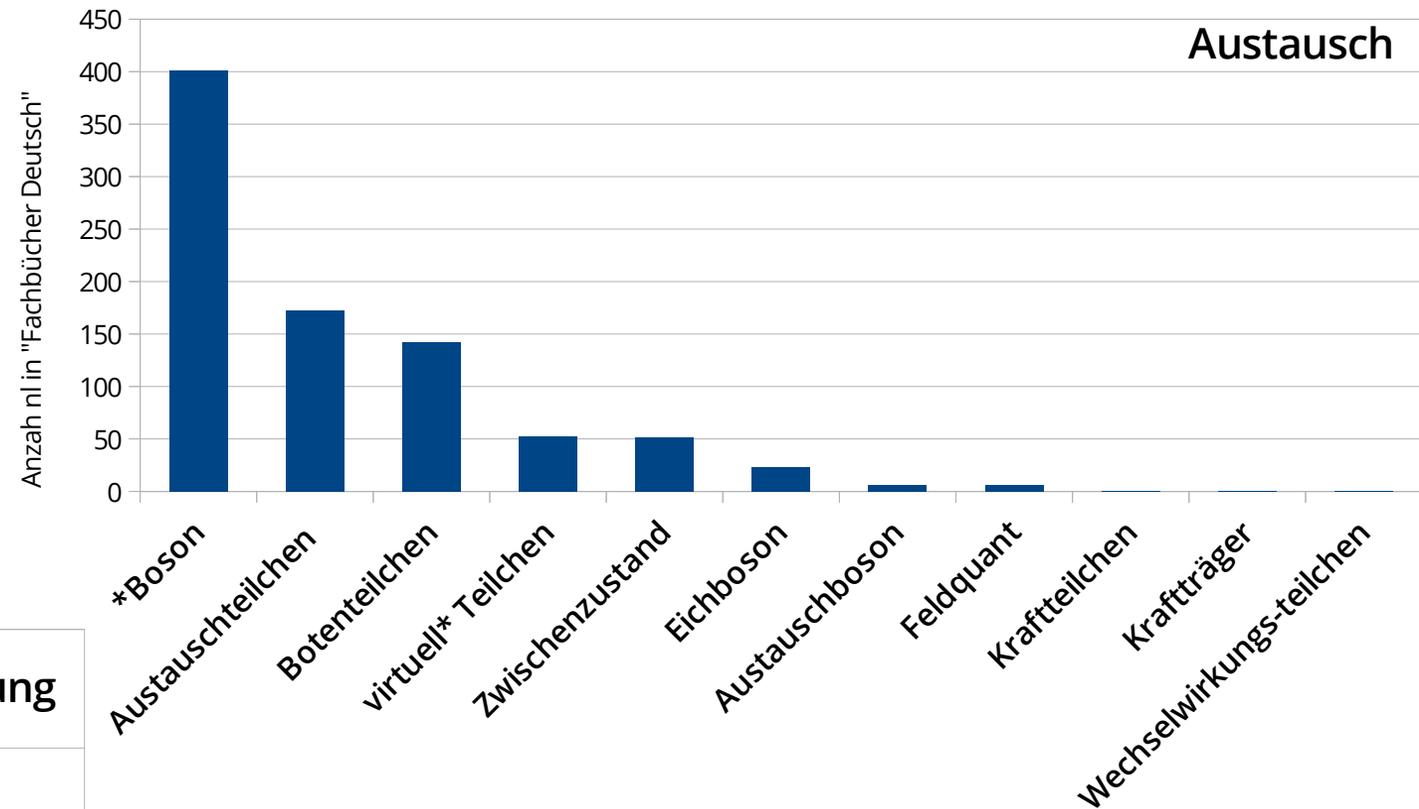
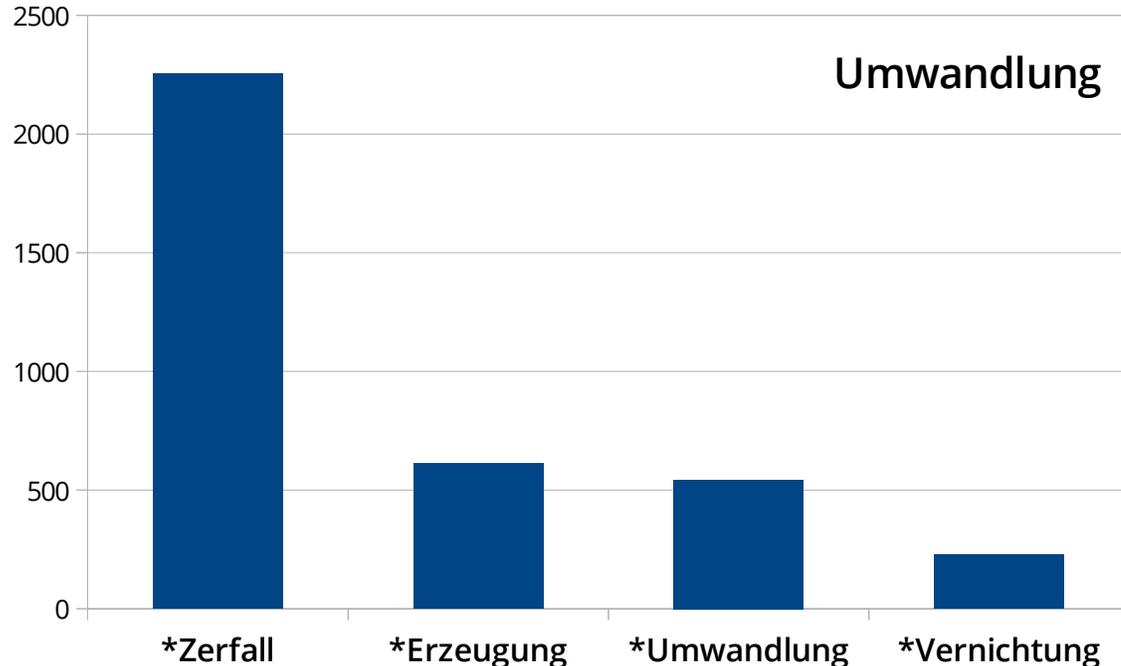


# Vorläufige Ergebnisse

## Dokumentenanalyse

**Fachbücher Deutsch = 1.581.371 Wörter**

(u.a. Bechtle et al. 2023, Bleck-Neuhaus 2010, Demtröder 2017, Kobel et al. 2021, Povh 2009)



### Hinweis

Mit \* gekennzeichnet → weitere Zeichen / Buchstaben dürfen vor oder hinter dem Wort stehen;

z.B. \*Boson umfasst auch *Eichboson*  
virtuell\* umfasst auch *virtuelles*

# Zusammenfassung & Ausblick



# Back up

# Dokumentenanalyse

## → Sketch Engine

FACHBÜCHER DEUTSCH

KORPUSINFORMATIONEN KORPUS VERWALTEN

- Word Sketch  
Kollokationen und Wortkombinationen
- Thesaurus  
Synonyme und ähnliche Wörter
- Parallelkonzordanz  
Übersetzungen suchen
- N-Gramme  
Mehrwortlexeme
- Trends  
Diachrone Analyse, Neologismen
- OneClick-Wörterbuch  
Automatische Wörterbucharstellung
- Word-Sketch-Vergleich  
Kollokationen zweier Wörter vergleichen
- Konkordanz  
Verwendungsbeispiele im Kontext
- Wortliste  
Häufigkeitsliste
- Schlüsselwörter  
Terminologieextraktion
- Texttypen-Analyse  
Statistiken des gesamten Korpus
- Zweisprachige Begriffspaare  
Extraktion zweisprachiger Begriffspaare

## KONKORDANZ

Einfach \*Umwandlung ● 543  
237,01 pro million token ● 0.024%

Sortieren GDEX

Suchen, Download, Menü, Augen, Notiz, Löschen, Filter, GDEX, Liste, Mehr, Satz, +, Info, Sternchen

Details

Satz

|   |  |   |  |
|---|--|---|--|
| 1 | <input type="checkbox"/> Bethge et al. - 2008... | <s>Den zahlenmäßig weitaus größten Anteil haben aber die eigentlichen Kernreaktionen, bei denen eine <b>Elementumwandlung</b> auftritt.</s>           |  |
| 2 | <input type="checkbox"/> Bleck-Neuhaus - 2010... | <s>Zum Beispiel: Gibt es wirklich keine <b>Umwandlung</b> von Quarks in Leptonen?</s>   |  |
| 3 | <input type="checkbox"/> Kobel et al. - 2018 ... | <s>Die Erfahrung zeigt, dass bei <b>Umwandlungen</b> über die schwache Wechselwirkung immer nur ganz bestimmte Paare von Teilchen beteiligt sind.</s> |  |
| 4 | <input type="checkbox"/> Kobel et al. - 2018 ... | <s>Ein Beispiel dafür ist die <b>Myon-Umwandlung</b> (meist irreführend "Myon-Zerfall" genannt).</s>  |  |
| 5 | <input type="checkbox"/> Karg et al. - 2021 -... | <s>Für solche <b>Teilchenumwandlungen</b> gelten dieselben Gesetze wie für den Kernzerfall, daher wird auch hier von "Zerfallsgesetz" gesprochen.</s> |  |

# Dokumentenanalyse

## → Sketch Engine

THESAURUS  
 Fachbücher Deutsch

Wechselwirkung als Nomen 3.774x

🔍 ⬇️ 👁️ ⚖️ ⚙️

|   | Lempos   | Frequenz <sup>?</sup> | Gruppe      |       |
|---|----------|-----------------------|-------------|-------|
| 1 | Teilchen | 7.017                 | Elektron    | 4.263 |
|   |          |                       | Photon      | 2.172 |
|   |          |                       | Proton      | 2.338 |
|   |          |                       | Neutron     | 2.176 |
| 2 | Energie  | 5.435                 | Masse       | 2.709 |
|   |          |                       | Ladung      | 1.844 |
| 3 | Kern     | 3.807                 | Zustand     | 1.796 |
| 4 | Prozess  | 1.043                 | Zerfall     | 1.588 |
|   |          |                       | Reaktion    | 1.035 |
| 5 | Kraft    | 653                   | ==unknown== |       |

WORD-SKETCH-VERGLEICH Fachbücher Deutsch

Umwandlung 404x Wechselwirkung 3.774x

Mehr Speicherplatz erhalten

| modifiers of "Umwandlung/<br>Wechselwirkung" |    |     |     | genitive objects of "Umwandlung/<br>Wechselwirkung" |    |     |     | nouns with "Umwandlung/<br>Wechselwirkung" as genitive object |   |    |  |
|--|----|-----|-----|---|----|-----|-----|---|---|----|--|
| radioaktiv                                   | 67 | 0   | ... | d-Quarks  | 3  | 0   | ... | Beispiel  | 3 | 0  |  |
| umgekehrt                                    | 3  | 0   | ... | W-Teilchen  | 3  | 0   | ... | Zahl  | 3 | 0  |  |
| gegenseitig                                  | 3  | 3   | ... | Higgs-Teilchen                                      | 3  | 0   | ... | P-Verletzung  | 0 | 3  |  |
| folgend                                      | 8  | 3   | ... | Proton  | 12 | 5   | ... | Symmetriegruppe   | 0 | 5  |  |
| direkt                                       | 4  | 4   | ... | Neutron   | 9  | 5   | ... | Vielkörpersystem  | 0 | 5  |  |
| möglich                                      | 5  | 10  | ... | Atomkern  | 3  | 3   | ... | Glashow-Salam-Weinberg-Modell                                 | 0 | 13 |  |
| gravitativ                                   | 0  | 50  | ... | Teilchen  | 7  | 107 | ... | Besonderheit  | 0 | 22 |  |
| elektroschwach                               | 0  | 59  | ... | Photon  | 0  | 13  | ... | Reichweite  | 0 | 33 |  |
| fundamental                                  | 0  | 69  | ... | Reichweite  | 0  | 7   | ... | Phänomenologie  | 0 | 32 |  |
| elektromagnetisch                            | 0  | 280 | ... | Strahlung   | 0  | 16  | ... | Theorie   | 0 | 44 |  |
| stark  | 0  | 698 | ... | Strom   | 0  | 28  | ... | Prozess   | 0 | 47 |  |
| schwach                                      | 0  | 820 | ... | Photonenstrahlung                                   | 0  | 53  | ... | Stärke  | 0 | 51 |  |

# Deduktiv qualitative Inhaltsanalyse

(Mayring 2023; Kuckartz & Rädiker 2022)

## RQ1-1: Prozess

Dieses FE gibt den Namen des Prozesses, der stattfindet, an.

## RQ1-2: Art und Weise

Dieses FE bezieht sich auf die Art und Weise, wie der Prozess stattfindet.

## RQ1-3: Dauer (peripher)

Dieses FE bezieht sich auf die Zeitspanne, in der ein Zustand anhält oder ein Prozess verläuft.

## RQ1-4: Ergebnis (extrathematisch)

Das FE ist das Resultat des Prozesses.

## RQ1-5: Erklärung (extrathematisch)

Dieses FE bezieht sich auf den Grund, weshalb der Prozess stattfindet.

## RQ1-6: Ort (peripher)

Dieses FE bezieht sich auf den Ort, an dem sich der Prozess vollzieht.

## RQ1-7: Zeit (peripher)

Dieses FE gibt an, wann sich der Prozess vollzieht.

## RQ1-8: Reflexion

Reflexion erkennbar

## RQ1-9: Sonstiges

Gegenstand, Fragestellung, Theoriehintergrund

Theoriegeleitete Festlegung der Kategorien, ev. Hauptkategorien

Theoriegeleitete Formulierung von Definitionen, Ankerbeispielen und Kodierregeln zu jeder Kategorie, Zusammenstellung zu einem Kodierleitfaden

Kodierung eines ersten Textteils; Überarbeitung der Kategorien und des Kodierleitfadens

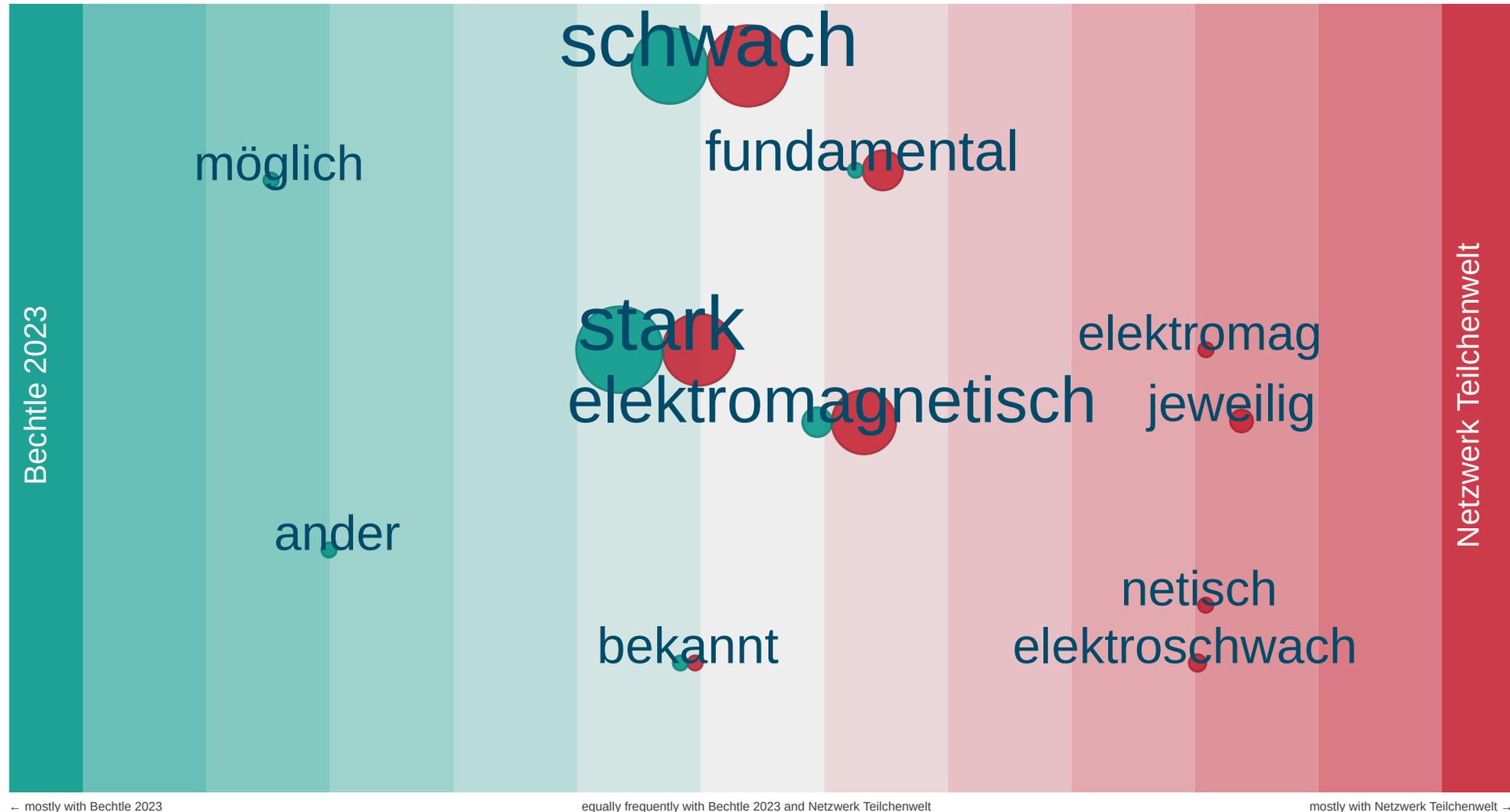
Endgültiger Materialdurchgang; Zuordnung der Kategorien zu Textpassagen

Intercoder-Übereinstimmungstest

Auswertung, ev. quantitative Analyse (z.B. Häufigkeiten)

# Vorläufige Ergebnisse

Dokumentenanalyse: Wechselwirkung



# Literatur

- Bechtle, P., Bernlochner, F., Dreiner, H., Hanhart, C., Jochum, J., Pretz, J., & Riebe, K. (2023). *Faszinierende Teilchenphysik: Von Quarks, Neutrinos und Higgs zu den Rätseln des Universums*. Springer Berlin Heidelberg. <https://doi.org/10.1007/978-3-662-67904-3>
- Fillmore, C. J., & Baker, C. (2015). A frames Approach to Semantic Analysis. In B. Heine & H. Narrog (Hrsg.), *The Oxford Handbook of Linguistic Analysis* (2. Aufl., S. 791–816). Oxford University Press. <https://doi.org/10.1093/oxfordhb/9780199677078.013.0013>
- FrameNet (2023). *Über das Projekt: Worum es geht*. FrameNet-Konstruktikon des Deutschen. <https://gsw.phil.hhu.de/project/about>
- Kranjc Horvat, A. (2022). Particle Physics in High-School Education: What should students and teachers learn? <https://doi.org/10.25932/PUBLISHUP-56026>
- Kobel, M., Bilow, U., Lindenau, P., & Schorn, B. (2018). *Teilchenphysik / Unterrichtsmaterial ab Klasse 10: [1] Ladungen, Wechselwirkungen und Teilchen* (3. Aufl.). Joachim Herz Stiftung.
- Kuckartz, U., & Rädiker, S. (2022). *Qualitative Inhaltsanalyse: Methoden, Praxis, Computerunterstützung: Grundlagentexte Methoden* (5. Auflage). Beltz Juventa. <https://d-nb.info/1244522333>
- Lexical Computing CZ. (2019, Mai 14). *Thesaurus*. Sketch Engine. <https://www.sketchengine.eu/guide/thesaurus-synonyms-antonyms-similar-words/>
- Mayring, P. (2020). *QCAmap Step by Step – a Software Handbook*. <https://qualitative-content-analysis.org/de/software/>
- Mayring, P. (2023). *Einführung in die qualitative Sozialforschung* (7. Aufl.). Beltz Verlagsgruppe. <https://nbn-resolving.org/urn:nbn:de:101:1-2023012520081927272726>
- Oettle, M. (2021). *Modellierung des Fachwissens von Lehrkräften in der Teilchenphysik. Eine Delphi-Studie* (1. Aufl., Bd. 315). Logos Verlag Berlin. <https://doi.org/10.30819/5305>
- Passon, O., Zügge, T., & Grebe-Ellis, J. (Hrsg.). (2020). *Kohärenz im Unterricht der Elementarteilchenphysik: Tagungsband des Symposiums zur Didaktik der Teilchenphysik, Wuppertal 2018* (1. Aufl.). Springer Berlin Heidelberg. <https://doi.org/10.1007/978-3-662-61607-9>
- Ziem, A. (2008). *Frames und sprachliches Wissen: Kognitive Aspekte der semantischen Kompetenz* (Bd. 2). Walter de Gruyter. <https://doi.org/10.1515/9783110209419>
- Zima, E. (2021). *Einführung in die gebrauchsbasierte Kognitive Linguistik*. De Gruyter. <https://doi.org/10.1515/9783110665642>