

Parataxe und Hypotaxe im Deutschen im Zusammenhang mit Mengentheorie

Özge Sinem İmrağ , Sivas

 <https://doi.org/10.37583/diyalog.1714915>

Abstract (Deutsch)

Im Bereich der künstlichen Intelligenz, insbesondere der natürlichen Sprachverarbeitung, werden sprachliche Strukturen mit mathematischen Fakten verknüpft. Eine solche Verknüpfung kann dazu beitragen, Sprachverarbeitungsalgorithmen besser zu gestalten. Mathematische Mengen sind ein starkes Werkzeug zur Modellierung natürlicher Sprachen. Sie können verwendet werden, um allgemeine Strukturen in der Sprache zu entdecken und stellen deshalb einen Grundbaustein eines mathematischen Sprachmodells dar. In der deutschen Sprache, die mit mathematischen Mengen vergleichbare parataktische und hypotaktische Verknüpfungen zwischen Sätzen besitzt, kann ein solches Sprachmodell erstellt werden. Diese Verknüpfungen können im Deutschen syndetisch oder asyndetisch vorkommen. Studien über die Beziehung zwischen mathematischen Mengen und natürlichen Sprachen wie auch im Deutschen sind jedoch begrenzt. Daher unternimmt die vorliegende Studie den Versuch, die Beziehung zwischen den Junktionen und den Sätzen, die sie verbinden, mathematisch darzustellen. Ziel ist es dabei, die parataktischen und hypotaktischen Verknüpfungen im Deutschen mithilfe der Mengentheorie zu verdeutlichen. Im Einklang mit diesem Ziel wurde zuerst behandelt, wie diese Verknüpfungen im Deutschen entstehen und im Anschluss darauf die Mengentheorie zusammengefasst. Um das Funktionieren und die Regeln von einer natürlichen Sprache mathematisch beschreiben zu können, wurde im Folgenden eine hypothetisch-deduktive Methode verwendet. Darum wurden die Bestandteile der Verknüpfungen als Elemente der mathematischen Mengen angesehen und ihre Beziehungen zueinander im Zusammenhang mit den Beziehungen zwischen Mengen untersucht. Die Analyse ergab, dass die Beziehung zwischen den Konjunktionen bzw. Subjunktionen und Sätzen den Vereinigungs- und Differenzmengen; die Beziehung zwischen Konjunkionaladverbien und Sätzen den Teilmengen und Differenzmengen und die Beziehung zwischen asyndetischen Parataxen bzw. Hypotaxen und Sätzen den leeren Mengen zugeordnet wurde. Die Ergebnisse deuten darauf hin, dass die Mengentheorie in Verknüpfungen von Sätzen integriert werden sollte, um besseren Sprachverarbeitungsalgorithmen in Anwendungen der künstlichen Intelligenz zu schaffen.

Schlüsselwörter: Parataxe, Hypotaxe, Mengentheorie, Syndese, Asyndese.

Abstract (English)

Parataxis and Hypotaxis in German in the context of set theory

In the field of artificial intelligence, especially natural language processing, linguistic structures are linked to mathematical facts. This connection can help make language processing algorithms better. Mathematical

sets are a powerful tool for modeling natural languages. They can be used to discover general structures in language and therefore represent a basic building block of a mathematical language model. Such a language model can be created in the German language, which has paratactic and hypotactic sentence connections comparable to mathematical sets. These connections in German can occur syndetically or asyndetically. However, studies on the relationship between mathematical sets and natural languages such as German are limited. Therefore, the present study attempts to mathematically represent the relationship between the connectors and the sentences they connect. The aim here is to clarify the paratactic and hypotactic connections in German using set theory. With this aim in mind, we first looked at how these connections arise in German and then summarized set theory. In order to be able to mathematically describe the functioning and rules of a natural language, the hypothetico-deductive method was used below. Therefore, the components of the connections were viewed as elements of mathematical sets and their relationships to each other were examined in the context of the relationships between sets. The analysis showed that the relationship between coordinating or subordinating conjunctions and sentences were assigned to the union and difference sets; the relationship between conjunction adverbs and sentences to subsets and difference sets and the relationship between asyndetic parataxis or hypotaxis to the empty sets. The results suggest that set theory should be integrated into sentence connections to create better language processing algorithms in artificial intelligence applications.

Keywords: *Parataxis, hypotaxis, set theory, syndesis, asyndeton.*

EXTENDED ABSTRACT

A close correlation exists between linguistic structures and mathematical phenomena. This relationship can be used in the fields of artificial intelligence and natural language processing. Such research could enable language processing algorithms to be more logical and based on precise rules. One of the linguistic elements comparable to mathematical concepts is the connection of sentences. These connections that can occur paratactically or hypotactically can be analyzed in comparison to mathematical sets. Paratactic connections are called parataxis (coordination), while hypotactic connections are called hypotaxis (subordination). Both of these connection types can occur syndetically, i.e. through syntactic means or asyndetically i.e. without syntactic means.

For the modeling of language, a lot of linguistic phenomena can be compared to mathematical sets. This study focuses on the connecting forms of sentences in German. The goal of this study is to examine these connecting forms using mathematical sets in order to mathematically model a syntactic aspect of the German language. In line with this goal, the hypothetico-deductive method is used below because this method represents a logical investigation of a specific field of knowledge based on the principles of an axiomatic or deductive theory, just as in mathematics and the natural sciences.

In order to apply the hypothetico-deductive method in this study, paratactic and hypotactic sentence connections, as well as the connections of sets, are explained. Then, main clauses, subordinate clauses, and connecting elements are viewed as sets and expressed using Venn diagrams. The elements of the sets of main and subordinate clauses in these Venn diagrams are sentence elements such as subject, predicate or object. The elements of the set of conjunctions, on the other hand, consist of coordinating or subordinating conjunctions, or conjunctive adverbs. The explicit elements of the sets are presented with bullet points, while the implied elements (e.g., the influence of the conjunction or the meaning of the conjunction) are presented without bullet points. Each type of connection is illustrated with a diagram and each diagram includes an example of that connection as well. The sets of connectives are highlighted in yellow, the influence of the connectives in blue, and the meaning of the connectives in pink. Finally, the relationships between the sets of connecting elements and the sets of main and subordinate clauses are examined. The following findings were encountered as a result of the study:

Syndetic parataxis can occur in German through coordinating conjunctions or conjunctive adverbs. Both connecting elements identify with the disjoint sets because no common elements can be found between the set of these connectives and the set of the relevant main clauses. In syndetic parataxis, a causal meaning can be found in the intersection of the main clauses and the coordinating conjunction. Syndetic parataxis through conjunctive adverbs also identifies with the subset because it is an element of the relevant clause. In asyndetic parataxis, the set of connectives contains no elements; i.e., it is represented by an empty set. The sets of main clauses and the set of connectives are again disjoint in this case.

In German, syndetic hypotaxis can occur through subordinating conjunctions. Unlike coordinating conjunctions, they have a function with respect to the finite verb. In sentences led by a subordinating conjunction, the finite verb comes at the end of the sentence. Because of this influence of the subordinating conjunctions on the sentence, the intersection of the set of subordinate clauses and the set of conjunctions contains an implied element. However, since it is not explicit, this intersection is again an empty set, just as is the case with parataxis through conjunctions. Hypotactic clauses can also be formed asyndetically in German. This is particularly evident in the formation of if-clauses without a conjunction. When illustrating these connectives, the set of connectives is empty. However, there is again a causal meaning between the main clause and the subordinate clause.

In more complex sentence structures, hypotaxis and parataxis occur together. To illustrate these hybrid combinations of sentences, the set of connectives contains both a coordinating conjunction and a subordinating conjunction. At the intersection of the set of connectives and the set of subordinate clauses, there are two implied elements: the influence of the subordinating conjunction and the meaning of the subordinating conjunction. At the intersection of the set of conjunctions and the main clause, there is also an implied element—the meaning of the subordinating conjunction. The relationships between sets are indicated by the combination of intersections, unions, and disjoint sets.

Examining the relationship between different sentence structures and mathematical sets helps to understand how linguistic and mathematical thinking run parallel. The findings of this study can be applied to the development of artificial intelligence applications.

1. Einleitung

Um die universellen Merkmale der Sprache zu analysieren und die Gemeinsamkeiten sowie Unterschiede zwischen Sprachen aufzuzeigen, sind formale Modelle erforderlich. Diese Modelle spielen eine zentrale Rolle in der Forschung im Bereich der künstlichen Intelligenz, denn nur mithilfe formaler bzw. mathematischer Modelle ist es Computern möglich, menschliche Sprache zu verstehen, zu übersetzen oder zu produzieren. Beispielsweise muss die Sprache für Operationen wie das Extrahieren von Bedeutung, die Aussagenanalyse und das Beantworten von Fragen mathematisch dargestellt werden.

Eines der Werkzeuge, die bei der mathematischen Modellierung linguistischer Elemente verwendet werden können, sind Mengen. Die Mengenlehre ist von großer Bedeutung für die Mathematik, weil die Grundlagen eines großen Teils der modernen Mathematik heute auf einigen grundlegenden Axiomen der Mengenlehre basieren (vgl. Launay 2018: 232). Mathematische Mengen sind aber nicht nur wichtig für die Mathematik, sondern sie können auch als ein Werkzeug zur Modellierung syntaktischer und semantischer Aspekte natürlicher Sprachen fungieren. Eine solche Modellierung könnte zu Anwendungen der künstlichen Intelligenz dienen. Beispielsweise stellen Mengen sicher, dass die Antworten von Chatbots oder digitalen Assistenten aussagekräftig und genau sind, weil KI-Systeme logische Schlussfolgerungen aus den durch Mengen ausgedrückten Bedeutungen ziehen können.

Studien zur Verbindung zwischen mathematischen Mengen und natürlichen Sprachen reichen von syntaktischen bis hin zu semantischen oder pragmatischen Perspektiven. Die Sprache kann beispielsweise als Menge der Sätze eines formalisierten mathematischen Systems betrachtet werden (vgl. Chomsky 2002 [1957]), oder um eine einheitliche Grundlage für die Kommunikation um den Austausch mathematischer Erkenntnisse zu schaffen, kann eine Sprache verwendet werden, die auf der Mengenlehre basiert (vgl. Kieffer u.a. 2009). Es kann mithilfe der Mengentheorie auch ein mathematisches Modell erstellt werden, das grundlegende kognitive Aspekte des menschlichen Gehirns beschreibt und auf künstliche Intelligenz anwendbar ist (vgl. Sant'Anna u.a. 2014).

In der vorliegenden Arbeit werden die Mengen als ein Werkzeug verwendet, um Verknüpfungen von Sätzen im Deutschen aus syntaktischer Perspektive zu untersuchen. Die deutsche Sprache besitzt zahlreiche parataktische und hypotaktische Verknüpfungen. Durch den Vergleich dieser Verknüpfungen mit den mathematischen Mengen kann ein mathematisches Sprachmodell erstellt werden, mit dem sich diese Verknüpfungen einfacher modellieren lassen.

1.1 Ziel und Methode

In der vorliegenden Arbeit werden die Junktionen im Deutschen als Mengen dargestellt. Die genaue Klassifizierung von Junktionen und ihre Darstellung als Mengen können zum Bereich der maschinellen Übersetzung beitragen. Beispielsweise übersetzt ein System, das den Unterschied zwischen „weil“ und „denn“ nicht versteht, den Kontext

möglicherweise falsch. Eine solche Klassifizierung kann auch zur automatischen Zusammenfassung beitragen, weil die Klasse der Junktionsarten bekannt sein muss, um die Beziehungen zwischen Sätzen (z. B. Ursache-Wirkung oder Kontrast) zu verstehen. Ein weiterer Beitrag einer solchen Klassifizierung liegt im Bereich der Stimmungsanalyse, weil z.B. Konjunktionen wie „aber“ auf eine Änderung der positiven/ negativen Beurteilung hinweisen können, was bei der Stimmungsanalyse von entscheidender Bedeutung ist.

Ziel der vorliegenden Arbeit ist die Verknüpfungsformen von Sätzen im Deutschen mit Hilfe von mathematischen Mengen zu untersuchen, um einen syntaktischen Aspekt der deutschen Sprache mathematisch zu modellieren. Im Einklang mit diesem Ziel wird im Folgenden eine hypothetisch-deduktive Methode verwendet, weil diese Methode eine philosophische oder logische Untersuchung eines bestimmten Wissensbereichs darstellt, die auf den Prinzipien einer deduktiven oder axiomatischen Theorie basiert, genauso wie es in der Mathematik und den Naturwissenschaften der Fall ist. Es handelt sich um einen Ansatz, bei dem man zu Beginn einige Prinzipien und Begriffsdefinitionen aufstellt, die zunächst auf einer begrenzten Anzahl von Beobachtungen oder Daten basieren. Diese werden später durch zusätzliche Beobachtungen, Daten und eventuell neue Erkenntnisse modifiziert (vgl. Lewandowski 1994a: 412, 413).

Zur Anwendung der hypothetisch-deduktiven Methode in dieser Studie werden zuerst parataktische und hypotaktische Verknüpfungen von Sätzen sowie die Verknüpfungen von Mengen erklärt. Im Anschluss werden Hauptsätze, Nebensätze und verbindende Elemente als einzelne Mengen angesehen und durch Venn-Diagramme ausgedrückt. Die Elemente der Mengen der Haupt- und Nebensätze sind hierbei einzelne Satzglieder. Die Elemente der Menge der Junktionsarten bestehen hingegen aus Subjunktionen, Konjunktionen oder Konjunkionaladverbien. Die expliziten Elemente der Mengen werden mit Aufzählungspunkten, die implizierten¹ Elemente (z. B. der Einfluss der Junktion² oder die Bedeutung der Junktion) ohne Aufzählungspunkte dargestellt. Für jede Art der Verknüpfung steht eine Abbildung. Auf der linken Seite jeder Abbildung steht eine Veranschaulichung einer Verknüpfung im Allgemeinen, wobei eine Veranschaulichung einer Beispielsatzverknüpfung dafür auf der rechten Seite zu sehen ist. Die Mengen der Junktionsarten werden gelb, Einfluss der Junktionsarten blau und Bedeutung der Junktionsarten rosa markiert. Zum Schluss werden die Beziehungen zwischen den Mengen der verbindenden Elemente und den Mengen der Haupt- und Nebensätze untersucht. Die Beispielsätze werden vom Verfasser erstellt und die Junktionsarten in diesen Sätzen werden ausgewählt, um die jeweilige Verbindung kurz und anschaulich darzustellen und die allgemeinen Regeln zu beschreiben.

¹ Weil die implizierten Elemente nicht zu den Elementen der Menge zählen, sind die Mengen, die nur solche Elemente enthalten, der leeren Menge gleich.

² Im Deutschen sind die Subjunktionen die einzigen Junktionsarten, die einen Einfluss auf den Satz haben; d.h. in Sätzen, die von einer Subjunktion geleitet werden, steht das finite Verb nicht an der zweiten Position, sondern am Ende des Satzes. Darum wird in der vorliegenden Arbeit dieser Einfluss als der Einfluss der Subjunktion ausgedrückt.

2. Parataktische und hypotaktische Verknüpfungen

Einzelne Sätze können miteinander verknüpft werden. Diese Verknüpfungen können parataktisch oder hypotaktisch sein. Parataktische Verknüpfungen werden als Parataxe (auch Satzreihe oder Koordination), hypotaktische Verknüpfungen hingegen als Hypotaxe (auch Satzgefüge oder Subordination) bezeichnet.

Die Parataxe ist „die Beiordnung oder Nebenordnung von Sätzen, die gleichberechtigt durch koordinierende Konjunktionen (syndetisch) miteinander verbunden oder unverbunden (asyndetisch) nebeneinanderstehen können“ (Lewandowski 1994b: 778). Es gibt zwei Arten von Parataxen: die asyndetische und die syndetische Parataxe. Die asyndetische Parataxe ist die Aneinanderreihung von Hauptsätzen ohne Konjunktion und sie kann durch Interpunktionszeichen vorkommen. Die syndetische Parataxe ist die Aneinanderreihung der Hauptsätze durch Konjunktionen oder Konjunkionaladverbien (vgl. Lühr 1986: 31; Gloy 2016: 24).

Der Gegensatz der Parataxe ist die Hypotaxe, unter der man „die Unterordnung von Satzgliedern oder Sätzen“ versteht. (vgl. Drosdowski u.a. 1965: 306). Sie ist die syntaktische Verknüpfung von Wörtern, Wortgruppen oder Sätzen, die untereinander nicht gleichwertig sind, d.h., in der ein Glied dem anderen untergeordnet ist, von ihm abhängt (Conrad 1988: 236). Eine Parataxe besteht aus mindestens zwei Hauptsätzen, Hypotaxe hingegen aus einem Hauptsatz und einem oder mehreren Nebensätzen.

3. Verknüpfungen von Mengen

Eine Menge ist eine Zusammenfassung von genau bestimmten, eindeutig unterscheidbaren Dingen. Die Dinge, welche die Menge bilden, heißen ihre Elemente. „Eine Menge ist festgelegt, wenn von jedem Element feststeht, ob es zur Menge gehört oder nicht“ (Athen / Bruhn 1980: 19). Im Zusammenhang mit der Mengentheorie sind John Venn und Georg Cantor von großer Bedeutung. Der englische Geistliche und Logiker John Venn (1834-1923) war derjenige, der die visuelle Darstellung der Mengenlehre lieferte und der deutsche Logiker Georg Cantor (1845-1918) arbeitete an Mengen mit unendlich vielen Elementen (vgl. Waring 2015: 152f.).

Mengen werden durch Venn-Diagramme veranschaulicht. „Durch eine in sich geschlossene Linie wird eine Fläche umschlossen, in die die Elemente hineingeschrieben werden. Die Form der Fläche kann beliebig sein“ (Haarmann 1976: 16). Venn-Diagramme werden verwendet, um die Beziehungen von Mengen und Teilmengen innerhalb einer Grundmenge darzustellen; die Grundmenge wird durch ein Rechteck dargestellt, alle anderen durch Kreise oder einfache geschlossene Kurven (vgl. Tapson 2013: 107).

Wie die parataktischen und hypotaktischen Verknüpfungen von Sätzen lassen sich auch Verknüpfungen von Mengen definieren. Je nach Art dieser Verknüpfungen werden die Mengen mit unterschiedlichen Namen wie Schnittmenge, Vereinigungsmenge, Teilmenge, Differenzmenge oder disjunkte Mengen bezeichnet. Die Schnittmenge zweier

Mengen A und B (bezeichnet als $A \cap B$) ist die Menge aller Elemente, die Element der Menge A und zugleich Element der Menge B sind. Die Vereinigungsmenge zweier Mengen A und B (bezeichnet als $A \cup B$) ist die Menge aller Elemente, die zur Menge A oder zur Menge B oder zu beiden Mengen gehören. Wenn die Menge A in B enthalten ist, dann ist A eine Teilmenge von B (bezeichnet als $A \subset B$ oder $B \supset A$). In diesem Fall ist jedes Element der Menge A auch Element der Menge B. Differenzmenge (auch Restmenge) der Menge A bezüglich der Menge B (bezeichnet als $B \setminus A$) enthält alle Elemente von B, die nicht in A vorkommen. Disjunkte Mengen sind Mengen, die kein gemeinsames Element besitzen (vgl. Handbuch Mathematik, o. D.; Athen / Bruhn 1980; Marinell 1985).

4. Verknüpfungen von Sätzen im Deutschen

Im Deutschen werden Sätze durch Junktionen oder ohne syntaktische Mittel verbunden. Junktionen können in drei Gruppen wie Konjunktionen, Subjunktionen oder Konjunkionaladverbien eingeteilt werden. Je nach Art des verbindenden Elements können die Sätze als Hauptsatz oder als Nebensatz vorkommen und je nach der Verbindung von Haupt- oder Nebensätzen unterscheidet man zwischen parataktischen und hypotaktischen Verknüpfungen. Die Beziehungen zwischen Hauptsätzen, Nebensätzen oder verbindenden Elementen zeigen Parallelitäten mit den verschiedenen Verknüpfungen von Mengen. Im Folgenden werden diese Parallelitäten betrachtet.

4.1. Parataktische Verknüpfungen im Deutschen

Eine Parataxe ist die Verbindung von mindestens zwei syntaktischen Einheiten zu einer größeren syntaktischen Einheit entweder mit oder ohne Hilfe von koordinierenden Einheiten. Die koordinierten Einheiten werden Konjunkte genannt. Sind zwei Konjunkte ohne Konjunktion verbunden, spricht man von Asyndese. Sind sie durch eine Konjunktion verbunden, spricht man von Syndese (vgl. Pafel 2011: 90). „Die Konjunktionen machen das logische Verhältnis deutlich, in dem die Sätze zueinanderstehen“ (Conrad 1988: 206). Sie verbinden zwei Hauptsätze (HS) und gehören zu keinem der beiden Sätze.

Unter der Annahme, dass der erste Hauptsatz mit der Menge A, der Zweite mit der Menge B und die Konjunktion mit der Menge C dargestellt wird, identifiziert sich die Verbindung von Hauptsätzen mit Vereinigungsmenge, die Menge der Konjunktion hingegen mit Differenzmenge; d.h. es gibt kein gemeinsames Element der Menge C und der anderen zwei Mengen. Ein Beispiel dafür wäre wie folgt:

Wir müssen uns beeilen	denn	der Film fängt gleich an.
HS ₁	Konjunktion	HS ₂

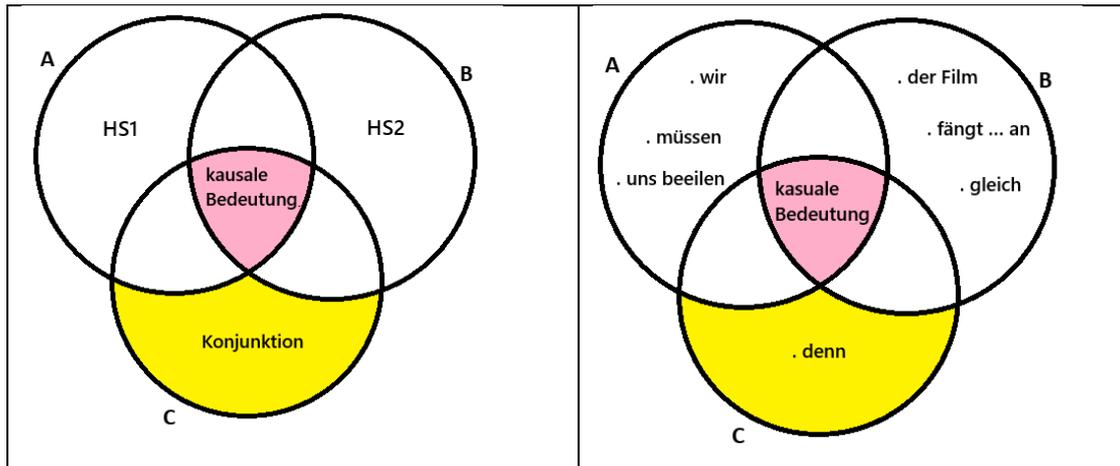


Abb. 1: Syndetische Parataxe durch Konjunktionen

Auffällig in dieser Abbildung ist vor allem, dass keine Überschneidungen zwischen den Mengen bestehen. Sie enthalten keine gemeinsamen Elemente; d.h. ihre Schnittmenge ist leer. Darum sind sie zugleich disjunkte Mengen. Hier befindet sich ein impliziertes Element, das nicht zu den Elementen der Menge zählt.

$$(A \cap B \cap C = \{ \})$$

Diese Parataxe kann durch die Vereinigungsmenge der Mengen A, B und C dargestellt werden:

$$A \cup B \cup C = \text{Wir müssen uns beeilen, denn der Film fängt gleich an}$$

Hauptsätze werden wie folgt dargestellt:

$$A \setminus (B \cup C) = \text{Wir müssen uns beeilen.}$$

$$B \setminus (A \cup C) = \text{Der Film fängt gleich an.}$$

Die Beziehung zwischen der Menge der Konjunktionen und den Hauptsätzen liegt in folgender Darstellung:

$$C \setminus (A \cup B) = \text{denn}$$

Die Sätze können im Deutschen auch ohne lexikalische Mittel verbunden werden. In diesem Fall spricht man von der asyndetischen Verknüpfung.



Die Mengen dieser Parataxe können durch das Venn-Diagramm wie folgt dargestellt werden:

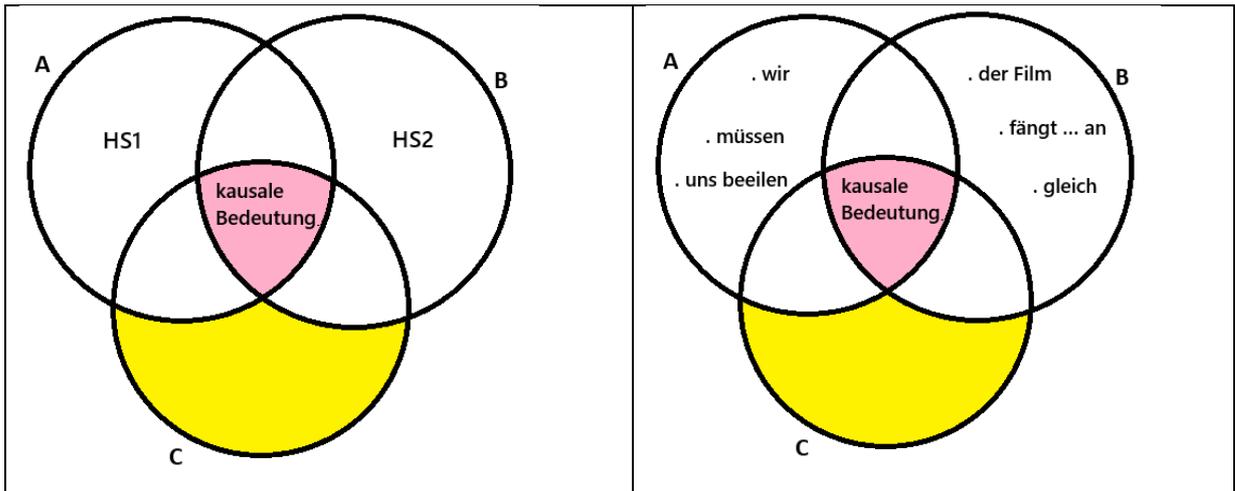


Abb. 2: Asyndetische Parataxe

Der einzige Unterschied zwischen der Abb.1 und Abb. 2 liegt darin, dass $C \setminus (A \cup B)$ bei der syndetischen Parataxe durch Konjunktionen ein Element (denn) enthält, während es bei der asyndetischen Parataxe leer ist. Weil sich hier keine Junktion (verknüpfendes Mittel) befindet, identifiziert sich diese Art der Verknüpfung mit der leeren Menge, $C = \{ \}$. Die Beziehung zwischen der Menge der Junktionen und den Hauptsätzen lautet wie folgt:

$$(A \cup B) \setminus C = \text{Wir müssen uns beeilen, der Film fängt gleich an.}$$

Auch satzverbindende Adverbien können Sätze verknüpfen. Diese sind Konjunkionaladverbien und verbinden nur Hauptsätze miteinander. Sie sind selbständige Satzglieder, die als Element der Menge des betreffenden Satzes angesehen werden, und können in dem Satz umgesetzt werden. Das obige Beispiel könnte mit einem Konjunkionaladverb wie folgt lauten:

Der Film fängt gleich an,	<u>deshalb</u> müssen wir uns beeilen / wir müssen uns <u>deshalb</u> beeilen
HS ₁	HS ₂

Die Veranschaulichung dieser Parataxe durch das Venn-Diagramm ist wie folgt:

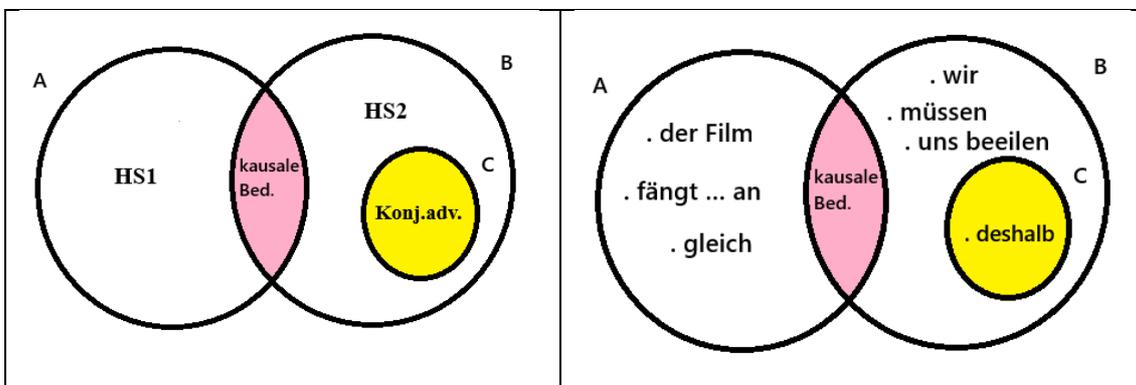


Abb. 3: Syndetische Parataxe durch Konjunkionaladverbien

Wie in der Abbildung 3 zu sehen ist, besitzen die Mengen A und B keine gemeinsamen Elemente und sie sind deshalb disjunkte Mengen, d.h. $A \cap B = \{ \}$. Die Verknüpfung $A \cap B$ ist gleich der leeren Menge. Sie enthält kein Element, aber hier befindet sich eine kausale Bedeutung zwischen zwei Mengen. Die Menge der verknüpfenden Elemente (C) ist wiederum eine Teilmenge der Menge B, denn Konjunkionaladverbien sind ein Satzglied vom betreffenden Satz und müssen deshalb als ein Element dieses Satzes angesehen werden. Alle Elemente einer Menge sind eine Teilmenge der betreffenden Menge. Die Menge der Konjunkionaladverbien und die Menge der Hauptsätze stehen darum in Teilmenge/ Obermenge-Relation zueinander ($C \subset B$). Die Hauptsätze können wie folgt gezeigt werden:

$A \setminus B =$ Der Film fängt gleich an.

$B \setminus A =$ Deshalb müssen wir uns beeilen.

Darstellung der Verknüpfung von der Menge der Junktoren mit den Hauptsätzen lautet wie folgt:

$C \setminus A \cup B =$ deshalb

4.2. Hypotaktische Verknüpfungen im Deutschen

Im Deutschen werden Sätze, Satzglieder und Satzgliedteile durch Konjunktionen, Subjunktionen oder Konjunkionaladverbien miteinander verbunden. Subjunktionen verbinden einen Hauptsatz mit einem Nebensatz. Die Haupt- und Nebensätze werden hierarchisch miteinander verbunden. Diese Art der Verknüpfungen nennt man Hypotaxe. Nebensätze ergänzen einen Hauptsatz und können nicht alleinstehen; d.h. sie sind inhaltlich unvollständige Sätze. Sie brauchen aber immer ein Subjekt und Prädikat; d.h. grammatisch sind sie vollständige Sätze (vgl. Dreyer / Schmitt 2008: 149). Einen Nebensatz (NS) einleitende Wörter nennt man unterordnende Konjunktionen oder auch Subjunktionen.

Im Gegensatz zu Konjunkionaladverbien kommt den Konjunktionen oder Subjunktionen kein Satzgliedstatus zu (vgl. Wöllstein 2022: 41). Sie sind Elemente der Menge der Junktoren aber gehören keineswegs zu den anderen Mengen. Konjunktionen haben keinen Einfluss auf die Sätze, die sie verbinden. In Nebensätzen, die mit einer Subjunktion eingeleitet werden, steht aber das finite Verb am Satzende. Dieser Einfluss der Subjunktion auf den Satz wird in dieser Studie mit der Abkürzung E. d. S. gezeigt.

<u>Wenn</u>	ich am Wochenende Zeit habe,	besuche ich meine Oma.
Subjunktion	NS	HS

Diese Hypotaxe kann durch das Venn-Diagramm wie folgt veranschaulicht werden.:

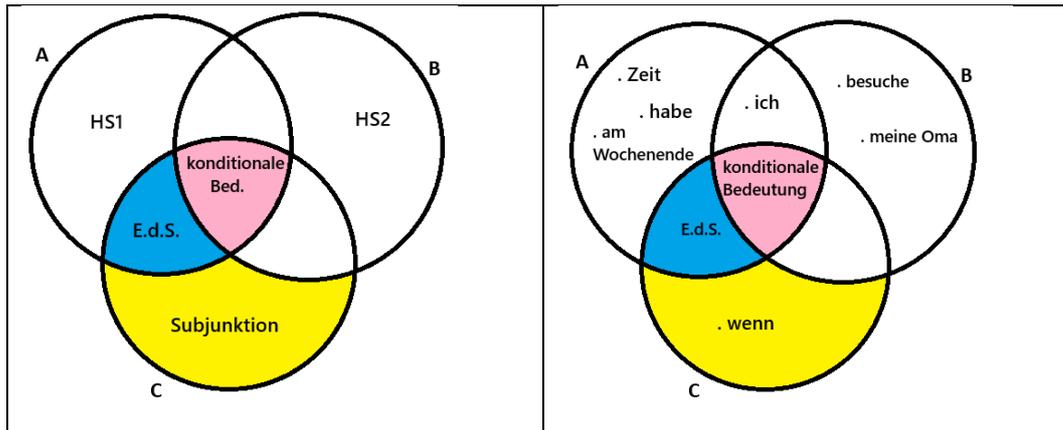


Abb. 4: Syndetische Hypotaxe durch Subjunktionen

Wie in der Abb. 4 zu sehen ist, liegt der grundlegende Unterschied zwischen Abb. 1 und Abb. 4 darin, dass die Verknüpfung $B \setminus (A \cap C)$ in der Abb. 1 leerer Menge gleich ist, während sie ein impliziertes Element (Einfluss der Subjunktion) in der Abb. 4 enthält. Dies beruht darauf, dass Subjunktionen eine Funktion bezüglich des finiten Verbs haben, die für Konjunktionen nicht gilt. Darum enthält die Schnittmenge der Mengen A und B (bezeichnet als $A \cap B$) wiederum kein sichtbares Element genauso wie in der Abb.1, aber eine implizierte Funktion. Da das Subjekt des Hauptsatzes und des Nebensatzes im obigen Beispiel identisch ist, sollen sie in der Schnittmenge dieser Mengen dargestellt werden. Wenn sie sich voneinander unterscheiden würden, wäre die Schnittmenge leer. Die Mengen der Hauptsätze in dieser Hypotaxe kann man wie folgt darstellen:

$$A \setminus (B \cup C) = \text{Ich habe Zeit am Wochenende.}$$

$$B \setminus (A \cup C) = \text{Ich besuche meine Oma.}$$

Die Beziehung zwischen Subjunktion und Nebensatz ist hier auffällig. Diese Beziehung kann wie folgt dargestellt werden:

$$C \setminus (A \cup B) = \text{wenn}$$

$B \setminus (A \cap C) = \emptyset$ (leere Menge) = kein sichtbares aber impliziertes Element (Einfluss der Subjunktion)

Die Differenzoperation ist nicht kommutativ (d.h. $A \setminus B \neq B \setminus A$). Diese Tatsache ist auch bei dem Unterschied zwischen Haupt- und Nebensätzen ersichtlich. Der grundlegende Unterschied zwischen einem Hauptsatz und einem Nebensatz im Deutschen ist die Stelle des finiten Verbs. Während es in Hauptsätzen an der zweiten Position steht, befindet es sich in Nebensätzen am Satzende. Die Bildung eines Nebensatzes ist deshalb nicht identisch mit der Bildung eines Hauptsatzes (Hauptsatz \neq Nebensatz).

Wenn-Sätze im Deutschen können auch asyndetisch gebildet werden. Das obige Beispiel kann asyndetisch wie folgt formuliert werden:

Habe ich am Wochenende Zeit,

NS

besuche ich meine Oma

HS

Wie in diesem Beispielsatz zu sehen ist, befinden sich bei der asyndetischen Hypotaxe keine Junktoren, aber deren Einfluss bleibt noch, d.h. das finite Verb steht nicht an der zweiten Position, sondern am Satzanfang. Diese Hypotaxe könnte durch das Venn-Diagramm wie folgt veranschaulicht werden:

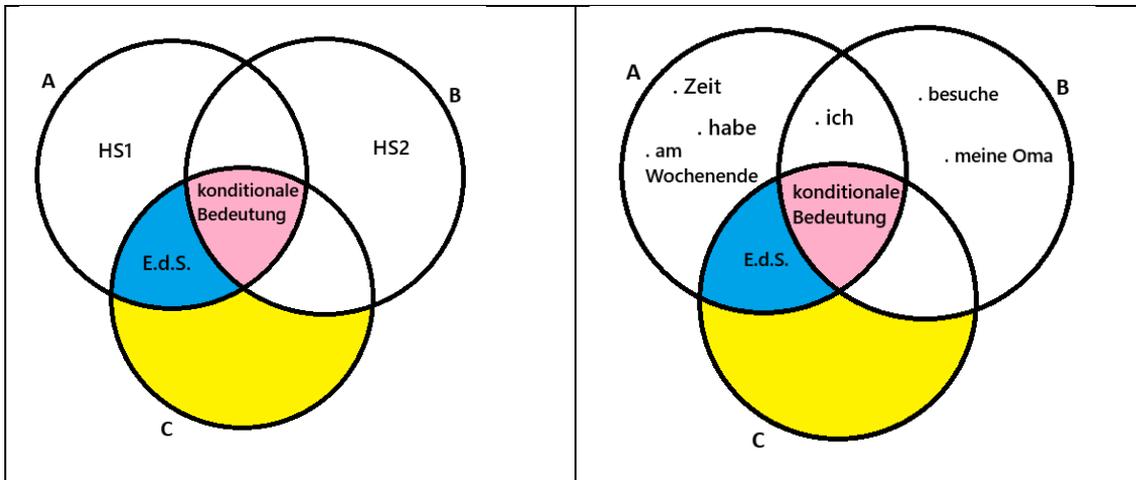


Abb. 5: Asyndetische Hypotaxe

Der Unterschied zwischen Abb. 4 und Abb. 5 liegt darin, dass im letzteren kein sichtbares Element in der Verknüpfung $C \setminus (A \cup B)$ bzw. in der gesamten Menge C vorkommt. Darum ist diese Verknüpfung asyndetisch:

$$C \setminus (A \cup B) = \emptyset$$

4.3. Hybride Verknüpfungen im Deutschen

Es finden sich auch komplexere Satzverknüpfungen im Deutschen, bei denen Parataxen und Hypotaxen zusammen vorkommen. Diese hybriden Satzverknüpfungen, die eine Kombination aus Parataxen und Hypotaxen sind, bestehen aus mindestens zwei Hauptsätzen und einem Nebensatz. Ein Beispiel dafür:

Nachdem	er sein Haus in Berlin verkauft hatte,	zog er nach Köln um	und	kaufte ein neues Haus.
Subj.	NS	HS ₁	Konj.	HS ₂

Die Veranschaulichung dieser hybriden Verknüpfung durch das Venn-Diagramm ist wie folgt:

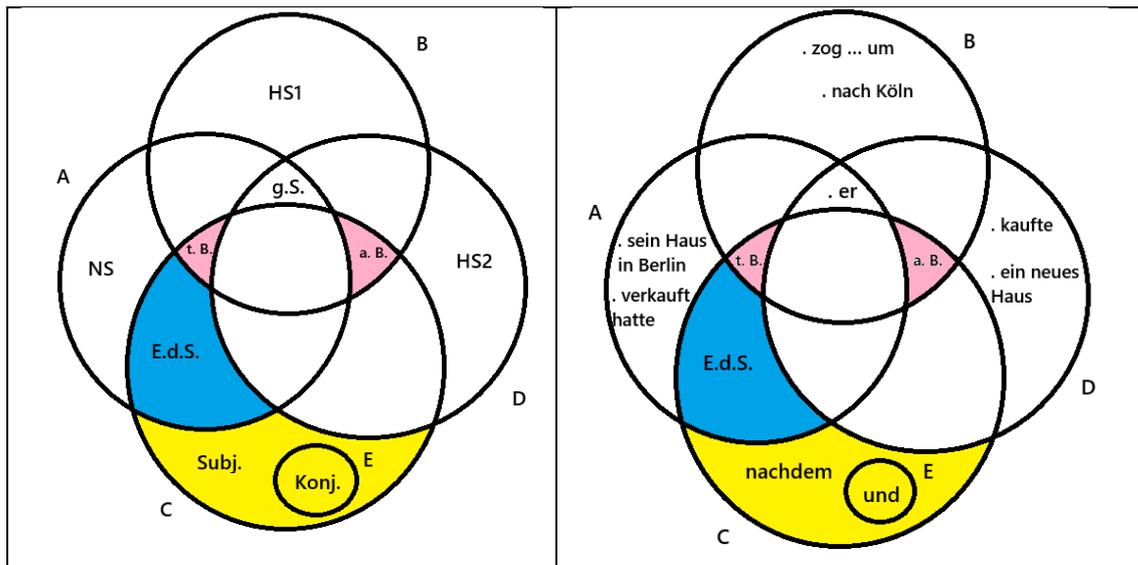


Abb. 6: Hybride Verknüpfung

Diese Beispielsatzverknüpfung besteht aus drei Sätzen: einem Nebensatz (die Menge A) und zwei Hauptsätzen (die Mengen B und D). Hierbei tritt das Personalpronomen *er* als das gemeinsame Subjekt (abgekürzt als g. S.) dieser drei Sätze auf. Es kommt deswegen in der Schnittmenge dieser Mengen vor:

$$(A \cap B \cap D) \setminus C = \text{er}$$

In der Menge der Junktionen (C) befinden sich eine Konjunktion und eine Subjunktion, welche außerhalb anderer Mengen (A, B und D) bleiben:

$$C \setminus (A \cup B \cup D) = \text{nachdem, und}$$

In der Schnittmenge der Mengen A und C befinden sich zwei verschiedene implizierte Elemente: erstens, der Einfluss der Subjunktion (E. d. S.) und zweitens, temporale Bedeutung (t. B.). E. d. S. bezieht sich nur auf die Mengen A und C. Die Mengen B und D bleiben aber außerhalb dieser beiden implizierten Elemente. Diese Verbindung soll mit der Differenzmenge gezeigt werden:

$$(A \cap C) \setminus (B \cup D) = \text{Einfluss der Subjunktion}$$

$$(A \cap B \cap C) \setminus D = \text{temporale Bedeutung}$$

In der Schnittmenge der Mengen B, C und D kommt wiederum ein impliziertes Element vor: additive Bedeutung (a. B.):

$$A \setminus (B \cap C \cap D) = \text{additive Bedeutung}$$

Bezüglich der Verknüpfung des Nebensatzes mit dem ersten Hauptsatz (NS + HS₁) sind folgende Ergebnisse auffällig:

$$(A \cup B) \setminus (B \cup D) = \text{Nachdem er sein Haus in Berlin verkauft hatte, zog er nach Köln um.}$$

Die Verknüpfung der beiden Hauptsätze ($HS_1 + HS_2$) miteinander kann wie folgt dargestellt werden:

$$(B \cup D \cup E) \setminus (A \cup C) = \text{zog er nach Köln um und kaufte ein neues Haus}$$

5. Fazit

In der vorliegenden Studie wurden die parataktischen bzw. hypotaktischen Verknüpfungen, die auch Parataxe und Hypotaxe genannt werden, im Zusammenhang von der Mengentheorie durch die hypothetisch-deduktive Methode betrachtet. Parataxe besteht aus der Kombination von zwei oder mehreren Hauptsätzen, Hypotaxe hingegen aus der Kombination eines Hauptsatzes und Nebensatzes. Parataxen und Hypotaxen können syndetisch (mit syntaktischen Mittel) oder asyndetisch (ohne syntaktische Mittel) entstehen.

In dieser Arbeit wurde die Beziehung zwischen Parataxen bzw. Hypotaxen und den mathematischen Mengen anhand geeigneter Beispielsätze durch Venn-Diagramme analysiert. Darüber hinaus wird über diese Beziehung deutlich, dass die Verknüpfungen von Sätzen anhand Verknüpfungen von Mengen modelliert werden können.

Synetische Parataxe kann im Deutschen durch Konjunktionen oder Konjunkionaladverbien vorkommen. Beide Junktionen identifizieren sich mit den disjunkten Mengen, weil sich keine gemeinsamen Elemente zwischen der Menge dieser Junktionen und der Menge der betreffenden Hauptsätze finden lassen. Bei der syndetischen Parataxe lässt sich je nach Subjunktion eine kausale, lokale, modale, temporale, konditionale, konsekutive, adversative bzw. konzessive Bedeutung in der Schnittmenge der Hauptsätze und der Junktion finden. Syndetische Parataxe durch Konjunkionaladverbien identifiziert sich zugleich mit der Teilmenge, weil es ein Element des betreffenden Satzes ist. Bei den asyndetischen Parataxen enthält die Menge der Junktionen keine Elemente, d.h. es wird mit einer leeren Menge dargestellt. Die Mengen der Hauptsätze und die Menge der Junktionen sind in diesem Fall wiederum disjunkt.

Im Deutschen kann syndetische Hypotaxe durch Subjunktionen vorkommen. Anders als Konjunktionen haben Subjunktionen eine Funktion bezüglich des finiten Verbs. In Sätzen, die von einer Subjunktion geleitet werden, steht das finite Verb am Satzende. Wegen dieses Einflusses der Subjunktionen auf den Satz enthält die Schnittmenge der Menge des Nebensatzes und der Menge der Junktionen ein impliziertes Element. Da es aber nicht explizit ist, ist diese Schnittmenge wiederum eine leere Menge genauso wie es in der Parataxe durch Konjunktionen der Fall ist. Hypotaktische Satzverknüpfungen können im Deutschen auch asyndetisch gebildet werden. Dies zeigt sich besonders bei der Bildung der *wenn*-Sätze ohne Konjunktion. Bei der Veranschaulichung dieser Verknüpfungen ist die Menge der Junktionen leer. Es befindet sich trotzdem wieder eine konditionale Bedeutung zwischen dem Hauptsatz und dem Nebensatz.

In komplexeren Satzstrukturen kommen Hypotaxe und Parataxe zusammen vor. Bei der Veranschaulichung dieser hybriden Verknüpfungen von Sätzen finden sich in der Menge der Junktionen sowohl eine Konjunktion als auch eine Subjunktion. In der Schnittmenge von der Menge der Junktionen und der Menge des Nebensatzes stehen zwei implizierte Elemente; der Einfluss der Subjunktion und die Bedeutung der Subjunktion. Auch in der Schnittmenge der Menge der Junktionen und des Hauptsatzes findet sich wiederum ein impliziertes Element - die Bedeutung der Subjunktion. Die Beziehungen zwischen Mengen werden hierbei durch aus der Kombination der Schnittmengen, Vereinigungsmengen und disjunkten Mengen angezeigt.

Die Ergebnisse deuten darauf hin, dass die Integration der Mengentheorie in natürliche Sprachen zur besseren Sprachverarbeitungsalgorithmen bei Anwendungen in der künstlichen Intelligenz führen kann. Es kann angenommen werden, dass die vorliegende Arbeit als Orientierung für zukünftige Arbeiten in diesem Bereich dienen kann.

Literaturverzeichnis

- Athen, Hermann / Bruhn, Jörn** (1980): *Rechnen und Mathematik*. München: Mosaik Verlag.
- Chomsky, Noam** (2002): *Syntactic structures* (2nd ed.). Mouton de Gruyter. (Original work published 1957).
- Conrad, Rudi** (Hg.) (1988): *Lexikon Sprachwissenschaftlicher Termini* 2. unveränderte Auflage. Leipzig: VEB Bibliographisches Institut.
- Dreyer, Hilke / Schmitt, Richard** (2008): *Lehr- und Übungsbuch der deutschen Grammatik*. Ismaning: Max Hueber Verlag.
- Drosdowski Günther u.a.** (Hg.) (1965): *Der große Duden – Hauptschwierigkeiten* Band 9. Mannheim: Dudenverlag.
- Gloy, Karen** (2016): *Denkformen und ihre kulturkonstitutive Rolle*. Paderborn: Wilhelm Fink Verlag.
- Haarmann, Hermann** (1976): *Mengen – Logik – Zahlen – Relationen – Funktionen*. Essen: Verlag W. Girardet.
- Handbuch Mathematik Für Schule und Berufsalltag** (o. D.). Königswinter: Tandem Verlag.
- Kieffer, Steven u.a.** (Hg.) (2009): A Language for Mathematical Knowledge Management. Studies in Logic, Grammar and Rhetoric. 18 (31).
- Launay, Mickael** (2018): *Çetele Kemiklerinden Yapay Zekâya Matematiğin Kısa Tarihi*. (Çev. Gülşah Ünal). İstanbul: Say.
- Lewandowski, Theodor** (1994a): *Linguistisches Wörterbuch 1*. 6. Auflage. Heidelberg: Wilhelm Fink Verlag.
- Lewandowski, Theodor** (1994b): *Linguistisches Wörterbuch 2*. 6. Auflage. Heidelberg: Wilhelm Fink Verlag.
- Lühr, Rosemarie** (1986): *Neuhochdeutsch*. München: Wilhelm Fink Verlag.
- Marinell, Gerhard** (1985): *Mathematik für Sozial- und Wirtschaftswissenschaftler* 2. Auflage. München: R. Oldenbourg Verlag.
- Pafel, Jürgen** (2011): *Einführung in die Syntax – Grundlagen / Strukturen / Theorien*. Verlag Stuttgart: J.B. Metzler.
- Sant’Anna, Adonai u.a.** (2014): A Set-Theoretic Predicate for Semantics in Natural and Formal Languages. <https://philsci-archive.pitt.edu/10969/1/fullpaper.pdf> (Letzter Zugriff: 09.05.2025).
- Tapson, Frank** (2013): *Oxford Student’s Mathematics Dictionary*. Singapore: Oxford University Press.
- Waring, Chris** (2015): *Sıfırdan Sonsuza Matematiğin Öyküsü*. 2. Auflage. İstanbul: Say Yayınları.
- Wöllstein, Angelika** (2022): *Duden – Die Grammatik – Struktur und Verwendung der deutschen Sprache Satz – Wortgruppe – Wort*. Berlin: Dudenverlag (10. Aufgabe).