3 Kompositionalität

Auch wenn die Idee der Kompositionalität verschiedene historische Vorläufer hat (vgl. Janssen 2012), gilt Gottlob Freges »Gedankengefüge« als *locus classicus*:

»Erstaunlich ist es, was die Sprache leistet, indem sie mit wenigen Silben unübersehbar viele Gedanken ausdrückt, daß sie sogar für einen Gedanken, den nun zum ersten Male ein Erdbürger gefaßt hat, eine Einkleidung findet, in der ihn ein anderer erkennen kann, dem er ganz neu ist. Dies wäre nicht möglich, wenn wir in dem Gedanken nicht Teile unterscheiden könnten, denen Satzteile entsprächen, so daß der Aufbau des Satzes als Bild gelten könnte des Aufbaues des Gedankens« (Frege 1976, 76; Hervorh. MW/VH).

Ähnliche Aussagen finden sich in einem Brief an Jourdain (Frege 1980) und in »Logik in der Mathematik« (Frege 1983). Als ein weiterer Meilenstein auf dem Weg zur modernen Fassung des Prinzips gilt Richard Montagues Aufsatz »Universal Grammar« (Montague 1974), der als das Gründungsmanifest des Projekts einer formalen Semantik für natürliche Sprachen angesehen wird. Das Prinzip spielt heute über die Philosophie der Sprache und des Geistes sowie die linguistische Semantik hinaus eine zentrale Rolle in fast allen kognitionswissenschaftlichen Disziplinen: sei es als Adäquatheitsbedingung in der Logik, als Forschungsgegenstand der Neuro-/Psycholinguistik, in Theorien von Kategorisierung und Begriffserwerbs in der Kognitions- und Entwicklungspsychologie sowie der vergleichenden Psychologie, zur Beschreibung von Rechnerarchitekturen in der Informatik oder als Strukturmerkmal in der theoretischen und systemischen Neurowissenschaft.

Heute wird die folgende Formulierung des Prinzips der Kompositionalität sprachlicher Bedeutung allgemein anerkannt (Janssen 1997; Partee 1984):

Prinzip der Kompositionalität sprachlicher Bedeutung Die Bedeutung eines komplexen Ausdrucks ist eine syntaxabhängige Funktion der Bedeutungen seiner syntaktischen Teile.

Wenn man Gedanken bei Frege mit Satzbedeutungen gleichsetzt, Sätze als Beispiele komplexer Ausdrücke betrachtet, Satzteile als syntaktische Teile und den Aufbau des Satzes als seine syntaktische Struktur versteht, kann der letzte Halbsatz des Frege-Zitats in der Tat als eine Formulierung des modernen Kompositionalitätsprinzips betrachtet werden. Man muss lediglich annehmen, dass der Mathematiker Frege ei-

nen Homomorphismus zwischen zwei algebraischen Strukturen im Sinn hatte, wenn er von einer Bildbeziehung zwischen dem Aufbau des Satzes und dem Aufbau des Gedankens sprach.

Formalisierung mit Hilfe von Term-Algebren

Freges Bezugnahme auf eine Abbildungsbeziehung führt uns auf die heute gebräuchliche formale Formulierung des Prinzips der Kompositionalität mit Hilfe von Term-Algebren (Hodges 2001; Werning 2004). Im Unterschied zu Ausdrücken, bei denen es sich um konkrete materielle Objekte (z. B. komplexe phonologische Ereignisse oder typographische Inschriften) handelt, sind Terme abstrakte Entitäten. Sie dienen zum einen zur Disambiguierung von lexikalisch ambigen Ausdrücken. Zum Beispiel disambiguieren die beiden Terme Bank₁ und Bank₂ den Ausdruck »Bank« im Sinne einer Sitzgelegenheit bzw. eines Geldinstituts. (Auf Terme wird im Folgenden durch Kursivdruck Bezug genommen, während wir auf Ausdrücke mit Hilfe von Anführungszeichen referieren.) Da die Erzeugung komplexer Terme im Hinblick auf syntaktische Strukturen explizit ist, erlauben Terme zum anderen, zwischen verschiedenen zugrundeliegenden Strukturen bei syntaktisch ambigen Ausdrücken zu differenzieren. In dem zweideutigen Satz »Der Junge betrachtet das Mädchen mit dem Fernglas«, zum Beispiel, kann die Präpositionalphrase »mit dem Fernglas« einmal das Verb und einmal sein Akkusativobjekt modifizieren. Um Termen Ausdrücken zuzuordnen, ist es üblich, eine Oberflächenfunktion für eine Sprache einzuführen, d. h. eine Funktion, die die Menge der Terme auf die Menge der Ausdrücke abbildet. Die Syntax einer Sprache wird nun als Term-Algebra $\langle T, \Sigma_T \rangle$ aufgefasst. Dabei ist T die Menge der Terme der Sprache und Σ_T eine endliche Menge syntaktischer Operationen, die die syntaktischen Regeln der Sprache widerspiegeln. T selbst ist der Abschluss einer endlichen Menge atomarer Terme bezüglich der Menge der syntaktischen Operationen. Jede syntaktische Operation $\sigma \in \Sigma_T$ ist eine partielle Funktion von einem n-fachen kartesischen Produkt T^n der Menge der Terme in die Menge der Terme *T*.

So bildet etwa die Menge der Adjektive ADJ mit der Menge der Nomen N – beides Teilmengen der Menge der Terme – ein kartesisches Produkt, das durch die syntaktische Operation der Adjektiv-Nomen-Kombination $\sigma_{ADI\times N}$: $ADJ\times N\to NP$ in die

Menge der Non Beispiel ist die Zu $\sigma_{ADJ\times N}(rot, Auto)$

Ein Term s wird eines Terms t be Operation σ gibt, Argumente ist, c ist ein Term s als niert – in Symbotisch mit t, ein ur oder ein unmitte taktischen Teils vann atomar, weßer sich selbst ha

Die Menge d menge einer auf finierten Bedeutt Kompositionalit die Bedingung, \mathbf{c} Operationen Σ_M Homomorphism $\Sigma_T \rangle$ in die sema mantik) der Spr deutend mit folg

Formales Kompo In Bezug auf ei heißt eine Bedeu tional, wenn für tion $\sigma \in \Sigma_T$ und Definitionsberei tion m_σ existiert,

 $\mu(\sigma(t_1,\ldots,t_n)) =$

Eine von einer tion induzierte S mantik der Sprac

Nähme man tungen mit Ext dass der syntakt men-Kombinati tion der Schnittr man für obiges I tionalitätprinzip $\mu(rotes\ Auto) =$

Die Bedeutung v menge aus der I des Nomens Austände, die rot u braischen er Bildbeund dem

peziehung male Forıalität mit Werning i denen es komplexe nische In-Entitäten. g von lexil disambiden Ausit bzw. ei-³olgenden hrend wir eichen re-Terme im zit ist, erhiedenen sch ambizweideulchen mit räpositio-Verb und Um Terlich, eine zuführen, ne auf die tax einer $\langle T_T \rangle$ aufger Sprache Operatiohe widerendlichen lenge der che Ope-

ADJ mit engen der dukt, das ektiv-No-IP in die

on einem

lenge der

Menge der Nominalphrasen abgebildet wird. Ein Beispiel ist die Zuordnung:

 $\sigma_{ADJ\times N}(rot, Auto) = rotes Auto.$

Ein Term s wird als unmittelbarer syntaktischer Teil eines Terms t bezeichnet, wenn es eine syntaktische Operation σ gibt, die t als Wert hat, wenn s eines ihrer Argumente ist, d. h. $t=\sigma(\dots,s,\dots)$. Des Weiteren ist ein Term s als syntaktischer Teil eines Terms t definiert – in Symbolen $s\sqsubseteq_T t$ –, wenn s entweder identisch mit t, ein unmittelbarer syntaktischer Teil eines syntaktischen Teils von t oder ein unmittelbarer syntaktischer Teil eines syntaktischen Teils von t ist. Ein Term ist folglich genau dann atomar, wenn er keine syntaktischen Teile außer sich selbst hat.

Die Menge der Bedeutungen M ist die Wertemenge einer auf T (oder einer Teilmenge davon) definierten Bedeutungsfunktion μ , d. h. $M=\mu[T]$. Die Kompositionalitätsbedingung reduziert sich nun auf die Bedingung, dass M um eine Menge semantischer Operationen Σ_M ergänzt werden kann, so dass μ ein Homomorphismus von der Syntax der Sprache $\langle T, \Sigma_T \rangle$ in die semantische Struktur (oder schlicht Semantik) der Sprache $\langle M, \Sigma_M \rangle$ ist. Dies ist gleichbedeutend mit folgender Definition:

Formales Kompositionalitätsprinzip

In Bezug auf eine Sprache mit der Syntax $\langle T, \Sigma_T \rangle$ heißt eine Bedeutungsfunktion $\mu \colon T \to M$ kompositional, wenn für jede n-stellige syntaktische Operation $\sigma \in \Sigma_T$ und jede Folge von Termen $t_1, ..., t_n$ im Definitionsbereich von σ eine auf M^n partielle Funktion m_σ existiert, so dass Folgendes gilt:

$$\mu(\sigma(t_1,\ldots,t_n)) = m_{\sigma}(\mu(t_1),\ldots,\mu(t_n)).$$

Eine von einer kompositionalen Bedeutungsfunktion induzierte Semantik wird als kompositionale Semantik der Sprache bezeichnet.

Nähme man vereinfachend an, dass sich Bedeutungen mit Extensionen identifizieren lassen und dass der syntaktischen Operation der Adjektiv-Nomen-Kombination $\sigma_{ADJ\times N}$ die semantische Operation der Schnittmengenbildung \cap entspricht, erhielte man für obiges Beispiel die folgende, dem Kompositionalitätprinzip Rechnung tragende Beziehung:

$$\mu(rotes\ Auto) = \mu(\sigma_{ADJ\times N}(rot,\ Auto))$$

= $\cap (\mu(rot),\ \mu(Auto)).$

Die Bedeutung von *rotes Auto* wäre also die Schnittmenge aus der Bedeutung des Adjektivs *rot* und der des Nomens *Auto*, will sagen, die Menge der Gegenstände, die rot und ein Auto sind.

Symbolische und nicht-symbolische Theorien kompositionaler Bedeutung

Das Prinzip der Kompositionalität muss streng von einer weiteren damit nicht äquivalenten Idee unterschieden werden, die Frege in dem oben zitierten Textabschnitt ebenfalls zum Ausdruck bringt und die oft irrtümlicherweise mit dem Kompositionalitätsprinzip gleichgesetzt wird. Neben der Abbildungsbeziehung zwischen Syntax und Semantik postuliert Frege eine Korrespondenzbeziehung zwischen der Teil-Ganzes-Beziehung im Bereich der Syntax und einer Teil-Ganzes-Beziehung im Bereich der Semantik. Man kann diese Idee als Prinzip der semantischen Konstituenz auffassen:

Prinzip der semantischen Konstituenz

Es gibt für die Sprache eine auf der Menge der Bedeutungen definierte semantische Teil-Ganzes-Beziehung, so dass für je zwei Terme die Bedeutung des ersten Terms ein semantischer Teil der Bedeutung des zweiten ist, sofern der erste Term ein syntaktischer Teil des zweiten ist.

Die schwächste Bedingung, die man an eine Teil-Ganzes-Beziehung \sqsubseteq üblicherweise stellt, ist, dass sie reflexiv $(x \sqsubseteq x)$, transitiv $(x \sqsubseteq y \land y \sqsubseteq z \rightarrow x \sqsubseteq z)$ und antisymmetrisch $(x \sqsubseteq y \land y \sqsubseteq x \rightarrow x = y)$ ist. Diese minimale Teil-Ganzes-Beziehung kann auf verschiedene Weisen verstärkt werden. Man kann zum Beispiel annehmen, dass Teile immer mit ihrem Ganzen koinstantiiert werden oder dass Teile räumlich im jeweiligen Ganzen enthalten sind. Das Prinzip der semantischen Konstituenz unter Voraussetzung einer minimalen Teil-Ganzes-Beziehung ist ein Merkmal aller symbolischen Theorien der Bedeutung. Diese Theorien betrachten Bedeutungen als Symbole und können wie folgt charakterisiert werden:

Symbolische Semantik

In einer Sprache mit der Syntax $\langle T, \Sigma_T \rangle$ und der Bedeutungsfunktion $\mu: T \to M$ sei \sqsubseteq_T die darauf definierte syntaktische Teil-Ganzes-Beziehung. Die Semantik der Sprache $\langle M, \Sigma_M \rangle$ heißt genau dann symbolisch, wenn eine Teil-Ganzes-Beziehung \sqsubseteq_M auf M definiert ist, so dass für alle Terme $s, t \in T$ das Folgende gilt:

 $s \sqsubseteq_T t \to \mu(s) \sqsubseteq_M \mu(t)$.

In einem abstrakten Sinne sind also alle symbolischen Theorien der Bedeutung dadurch charakterisiert, dass es eine Korrespondenzbeziehung zwischen der Teil-Ganzes-Beziehung auf der syntaktischen Ebene und einer Teil-Ganzes-Beziehung auf der semantischen Ebene gibt.

Es lässt sich bereits am Beispiel der klassischen modelltheoretischen Semantik, die die Bedeutungen von Sätzen mit der Menge ihrer Modelle identifiziert, zeigen, dass nicht für jede kompositionale Semantik auch das Prinzip der semantischen Konstituenz gilt. Würde letzteres in der bekanntermaßen kompositionalen klassischen modelltheoretischen Semantik gelten, müssten dort folgende semantische Teil-Ganzes-Beziehungen \sqsubseteq_M bestehen: $\mu(p) \sqsubseteq_M \mu(\neg p) \sqsubseteq_M$ $\mu(\neg \neg p)$. Denn der Aussagesatz p ist ein syntaktischer Teil seiner Negation $\neg p$ und diese wiederum ein syntaktischer Teil von ¬¬p. Aufgrund der Antisymmetrie der semantischen Teil-Ganzes-Beziehung würde dann allerdings der Widerspruch $\mu(p) = \mu(\neg p)$ folgen, da in einer klassischen modelltheoretischen Semantik gilt, dass $\mu(p) = \mu(\neg \neg p)$. Kompositionalität ist also mit der Verletzung des Konstituenzprinzips durchaus vereinbar.

Das bekannteste Beispiel einer symbolischen Theorie der Bedeutung ist Jerry Fodors (1975) Language of Thought (LOT). Bedeutungen werden dort mit mentalen Konzepten identifiziert und als Einträge auf dem Band einer Turing-Maschine modelliert. Aus einem begrenzten Alphabet primitiver Konzepte, z. B. {HUND, KATZE, BELLT, MIAUT, FIDO, TOM, NICHT, (,), ...} werden komplexe Konzepte durch Verkettung zu Zeichenketten (Strings) gebildet. Die semantische Teil-Ganzes-Beziehung wird mit der Beziehung einer Zeichenkette zu einer Teilzeichenkette (Substring) gleichgesetzt. Bei LOT handelt es sich um eine symbolische Bedeutungstheorie: Es ist sichergestellt, dass immer dann, wenn ein syntaktisch komplexer Term einen weniger komplexen syntaktischen Teil hat - wie es bei den Sätzen Fido bellt nicht und Fido bellt der Fall ist - die Bedeutung des syntaktischen Teils, also von Fido bellt, ein semantischer Teil der Bedeutung des komplexeren Terms, also von Fido bellt nicht, ist. So ist die Bedeutung von Fido bellt die Zeichenkette BELLT(FIDO) und als solche als Teilzeichenkette in NICHT(BELLT (FIDO)) enthalten, was wiederum die Bedeutung von Fido bellt nicht ist. LOT ist ein Beispiel für eine kompositionale und zugleich symbolische Semantik.

Ein serieller Aufbau durch Verkettung in computationalen, also auf der Struktur von Turing-Maschinen beruhenden Modellen ist jedoch nicht Vor-

aussetzung für eine symbolische Theorie der Bedeutung. Motiviert durch die vielen Schwächen, die dem LOT-Ansatz im Hinblick auf das Ziel einer psychologisch und neurobiologisch realistischen Theorie mentaler Repräsentation vorgeworfen worden sind (vgl. Horgan/Tienson 1996), haben Konnektionisten sog. Vektor-Symbolische-Architekturen (VSAs) vorgeschlagen (Smolensky 1995; Stewart/Eliasmith 2012): Bedeutungen werden als Vektoren verstanden, die ein bestimmtes Aktivitätsmuster in einem konnektionistischen Netzwerk darstellen. Im Gegensatz zu konventionellen parallel-verteilten Verarbeitungsarchitekturen können die Bedeutungen von Ausdrücken in VSA-Netzwerken nicht nur eine kompositionale Semantik, sondern auch eine semantische Teil-Ganzes-Beziehung verwirklichen und dadurch eine symbolische Semantik realisieren. Im Kontrast dazu wurde von Markus Werning (2005a, 2005c, 2012) die Realisierung einer nicht-symbolischen, aber trotzdem kompositionalen Semantik in neurobiologisch motivierten rekurrenten neuronalen Netzwerken entwickelt. In dieser emulativen Semantik werden dynamische Netzwerkstrukturen isomorph auf Strukturen einer modelltheoretischen Semantik abgebildet, wodurch Kompositionalität gewährleistet, aber das semantische Konstituenzprinzip negiert wird.

Das Problem versteckter Terme und multipler syntaktischer Strukturen

Obwohl sich die formale Charakterisierung des Kompositionalitätsprinzips mit Hilfe von Term-Algebren als außerordentlich nützlich erwiesen hat, weil sie uns beispielsweise erlaubt, Theoreme über Kompositionalität zu beweisen, wirft dieser Ansatz auch neue Probleme auf. So bleibt die Beziehung zwischen Termen und Ausdrücken weitgehend ungeregelt. Wie Barbara Partee (1984) und Nick Braisby (1998) betonen, gewinnt nun die Frage, ob alle Terme eine nichtleere Oberfläche haben, an Bedeutung. Betrachtet man beispielsweise die Nominalkomposita »Glastisch« und »Glasbohrer«, so scheinen die hier zum Ausdruck kommenden semantischen Beziehungen zwischen der Bedeutung von »Glas« und den Bedeutungen von »Tisch« bzw. »Bohrer« ganz verschieden zu sein. Ein Glastisch ist ein Tisch aus Glas, während ein Glasbohrer ein Bohrer für Glas ist. Zwingt uns dies dazu, zwei verschiedene versteckte, d. h., oberflächenlose Terme zu postulieren, die syntaktische Teile der Terme mit den Oberflächen

»Glastisch« und schiedenen sema Wie viele solche setzt unserer Wil

Ein etwas ande es mit Sätzen zu t sein scheinen, ob ambige Ausdrüc syntaktisch ambi ner spielten auf c (bei einem vierh butive Lesart (bei ohne dass es irg eine syntaktische Sollen wir auf de ple syntaktische Prinzip der Kom

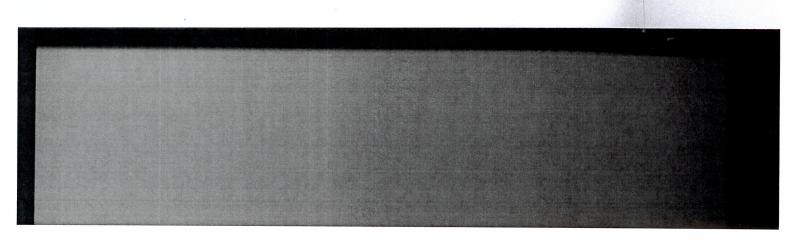
Eine besonder diesem Abschnit cobson (2012) Kompositionaliti hend auf eine eig und angestrebt, c möglichst unter rekt auf die Sema

Produktivität Komposition

Die, wie wir im bei Frege vorkon häufigsten verwe nalität in Sprach duktiv sind. Fod noch einmal folg

»Es gibt unend sen kann. (Mun chen: Es gibt u L-Sprecher vers präsentationsfä muss diese Un Weise repräsen Bedarf an endli soweit irgendje durch ihre Synwerden und die Konzeptes end Konstituenten: dor 1998 95; Üt

Fodor schlussfol mutandis: Ausdr haben müssen, w



ie der Bedeuchen, die dem ner psycholo-:hen Theorie worden sind nnektionisten n (VSAs) vor-'art/Eliasmith oren verstanster in einem en. Im Gegenten Verarbeiutungen von cht nur eine h eine semanichen und daalisieren. Im rning (2005a, icht-symboli-1 Semantik in ten neuronamulativen Seerkstrukturen theoretischen sitionalität geıstituenzprin-

e und uren

risierung des von Term-Alerwiesen hat. 1eoreme über dieser Ansatz lie Beziehung eitgehend un-1 Nick Braisby , ob alle Terme edeutung. Benalkomposita einen die hier ischen Bezie-Glas« und den rer« ganz verlisch aus Glas, für Glas ist. ne versteckte, ieren, die syn-Oberflächen

»Glastisch« und »Glasbohrer« sind, um so die verschiedenen semantischen Beziehungen zu erklären? Wie viele solche oberflächenlose Terme gibt es? Was setzt unserer Willkür Grenzen?

Ein etwas anders gelagerter Fall liegt vor, wenn wir es mit Sätzen zu tun haben, die semantisch ambig zu sein scheinen, obwohl sie weder offenbar lexikalisch ambige Ausdrücke enthalten noch offensichtlich syntaktisch ambig sind: So hat der Satz »Zwei Männer spielten auf dem Klavier« sowohl eine kollektive (bei einem vierhändigen Stück) als auch eine distributive Lesart (bei aufeinander folgenden Konzerten), ohne dass es irgendwelche weiteren Anzeichen für eine syntaktische oder lexikalische Ambiguität gibt. Sollen wir auf der Term-Ebene dennoch eine multiple syntaktische Struktur postulieren, nur um dem Prinzip der Kompositionalität gerecht zu werden?

Eine besonders restriktive Antwort auf die sich in diesem Abschnitt stellenden Fragen gibt Pauline Jacobson (2012) mit der Forderung nach direkter Kompositionalität. In diesem Ansatz wird weitgehend auf eine eigenständige Term-Algebra verzichtet und angestrebt, die Oberflächenstruktur eines Satzes möglichst unter Beachtung sogar der Wortfolge direkt auf die Semantik kompositional abzubilden.

Produktivität als Rechtfertigung für Kompositionalität?

Die, wie wir im obigen Zitat gesehen haben, schon bei Frege vorkommende und seitdem bei Weitem am häufigsten verwendete Begründung für Kompositionalität in Sprache und Kognition ist, dass beide produktiv sind. Fodor fasst das Produktivitätsargument noch einmal folgendermaßen zusammen:

»Es gibt unendlich viele Konzepte, die eine Person fassen kann. (*Mutatis mutandis* im Fall natürlicher Sprachen: Es gibt unendlich viele Ausdrücke in *L*, die ein *L*-Sprecher verstehen kann.) Da die menschlichen Repräsentationsfähigkeiten mit Sicherheit endlich sind, muss diese Unendlichkeit an Konzepten auf endliche Weise repräsentierbar sein. Im vorliegenden Fall ist der Bedarf an endlicher Repräsentation gedeckt, wenn (und soweit irgendjemand weiß, nur wenn) alle Konzepte durch ihre Syntax und ihre Konstituenten individuiert werden und die Syntax und der Gehalt jedes komplexen Konzeptes endlich reduzierbar ist auf die Syntax und Konstituenten seiner (primitiven) Konstituenten« (Fodor 1998 95; Übers. MW/VH).

Fodor schlussfolgert daraus, dass Konzepte (*mutatis mutandis*: Ausdrücke) eine kompositionale Semantik haben müssen, was er wie folgt zum Ausdruck bringt:

»[...] die Behauptung, dass Konzepte kompositional gebildet werden, ist die Behauptung, dass die Syntax und der Gehalt eines komplexen Konzepts normalerweise durch die Syntax und den Gehalt seiner Konstituenten determiniert werden. (›Normalerweise bedeutet so etwas wie: mit nicht mehr als endlich vielen Ausnahmen. ›Idiomatische‹ Ausdrücke sind erlaubt, aber sie dürfen nicht produktiv sein)« (Fodor 1998, 94, Übers. MW/VH).

Fodors caveat hinsichtlich idiomatischer Konzepte und, mutatis mutandis, idiomatischer Ausdrücke geht mit der Einsicht einher, dass es sicherlich idiomatische Ausdrücke in natürlichen Sprachen gibt und dass es möglicherweise idiomatische Konzepte in Gedanken gibt. Idiomatische Ausdrücke werden üblicherweise als Ausnahmen des Kompositionalitätsprinzips betrachtet. Ihre jeweiligen Bedeutungen werden allgemein nicht als Funktion der Bedeutungen ihrer syntaktischen Teile betrachtet. Die Bedeutung von »rote Socke« als Bezeichnung für einen (Ex-)Kommunisten lässt sich nicht aus den Bedeutungen von »rote« und »Socke« ableiten.

Ist Fodors Produktivitätsargument im ersten Zitat wirklich ein Argument für seine Kompositionalitätsbehauptung im zweiten? Im ersten Zitat stellt Fodor fest, dass Sprache und Kognition produktiv sind. Die Produktivität von Sprache kann im Sinne Fodors durch folgende Definition präzisiert werden:

Produktivität von Sprache

Eine Sprache wird genau dann als produktiv bezeichnet, wenn die folgenden drei Bedingungen zutreffen:

- a) Die Syntax der Sprache umfasst eine endliche Anzahl primitiver Terme.
- b) Die Syntax der Sprache enthält endlich viele syntaktische Operationen, die es potentiell ermöglichen, unendlich viele komplexe Terme auf berechenbare Weise zu generieren.
- c) Die Bedeutungsfunktion der Sprache ist berechenbar, gegeben die Bedeutungen der primitiven Terme und die Syntax der Sprache.

Ob endliche Wesen tatsächlich die Kapazität haben, unendlich oder zumindest potentiell unendlich viele bedeutungsvolle Ausdrücke zu generieren ist eine offene Frage und hängt im Wesentlichen davon ab, ob man unter Kapazität die Kompetenz oder die Performanz eines Sprechers versteht. Um des Arguments willen wollen wir jedoch hier annehmen, dass menschliche Sprachen im hier definierten Sinne tatsächlich produktiv sind. In unserer Definition wird die Art der endlichen Reduzierbarkeit von Syntax und Semantik, die Fodor im Sinn hat, durch die For-

derung einer endlichen Anzahl primitiver Terme in (a) und die Berechenbarkeitsbedingungen in (b) und (c) explizit gemacht.

Wir nehmen an, dass Fodors oben zitierte Auffassung von Kompositionalität dieselbe ist wie unsere. Die Frage, die sich hinsichtlich der Gültigkeit von Fodors Argument nun stellt, ist, ob die Produktivität einer Sprache im präzisierten Sinne impliziert, dass die Sprache kompositional im Sinne unserer Definition ist.

Die Antwort ist negativ: Wie die folgende Erörterung zeigt, sind Sprachen mit einer bestimmten syntaktischen Operation für Zitationen und einer nicht-synonymfreien Bedeutungsfunktion produktiv, aber nicht kompositional. Es gibt also eindeutige Gegenbeispiele zur Schlüssigkeit von Fodors Argument.

Angenommen, die Syntax einer Sprache mit der Menge der Terme T und einer Bedeutungsfunktion μ enthält die folgende syntaktische Zitationsoperation q – der Einfachheit halber setzen wir im Folgenden Terme und Ausdrücke gleich:

$$q: T \to T \text{ und } q(s) = 's', \text{ so dass } \mu(q(s)) = s.$$

Eine syntaktische Analyse von Zitation mit Hilfe der so definierten Zitationsoperation q wird disquotational genannt, da man von der Zitation, z. B. dem Ausdruck/Term 'rotes Auto', zu ihrer Bedeutung, nämlich dem Ausdruck/Term rotes Auto gelangt, indem man nichts weiter tut, als die Anführungszeichen zu tilgen. Die Hinzufügung der disquotationalen Zitationsoperation zur Syntax einer bereits produktiven Sprache garantiert demnach, dass die Sprache produktiv bleibt. Denn die Bedeutung disquotational analysierter Zitationen ist berechenbar, und das sogar in einem einzigen Schritt: der Tilgung der Anführungszeichen.

Es kann nun gezeigt werden, dass disquotationale Zitation das Kompositionalitätsprinzip verletzt, vorausgesetzt, die betrachtete Sprache enthält Synonyme. Angenommen, die Nomen *Orange* und *Apfelsine* sind synonym, dann haben wir:

$$\mu(Orange) = \mu(Apfelsine).$$
 (1)

Auch wenn die Ausdrücke synonym sind, sind sie nicht identisch:

Aus der Definition der syntaktischen Zitationsoperation q folgt: $Orange = \mu('Orange') = \mu(q(Orange))$ sowie $Apfelsine = \mu('Apfelsine') = \mu(q(Apfelsine))$. Somit ergibt sich aus der Nicht-Identität der Terme in (2):

$$\mu(q(Orange)) \neq \mu(q(Apfelsine)).$$
 (3)

Wenn wir hypothetisch das formale Kompositionalitätsprinzip annehmen, sollte es für die syntaktische Operation q eine entsprechende semantische Operation m_a geben, so dass:

$$\mu(q(Orange)) = m_q(\mu(Orange)). \tag{4}$$

Aus (4) und der Identität in (1) folgt nun:

$$\mu(q(Orange)) = m_q(\mu(Apfelsine)). \tag{5}$$

Nach einer weiteren Anwendung des formalen Kompositionalitätsprinzips – $\mu(q(Apfelsine))=m_q(\mu(Apfelsine))$ – erhalten wir aus (5) die folgende Identität:

$$\mu(q(Orange)) = \mu(q(Apfelsine)).$$
 (6)

Da die Nicht-Identität in (3) und die Identität in (6) einander widersprechen, muss die hypothetische Annahme, dass unsere produktive Sprache zugleich kompositional sei, zurückgewiesen werden. Damit haben wir ein Gegenbeispiel zu Fodors – und nicht nur Fodors – These gefunden, Produktivität setze Kompositionalität voraus. Die Produktivität einer Sprache ist kein hinreichender Grund für ihre Kompositionalität.

Systematizität und die Rolle von Bedeutungskategorien

Wenn Produktivität keine Begründung für Kompositionalität liefert, wie verhält es sich dann mit der von Fodor und Zenon Pylyshyn (1988) vorgebrachten und oft zitierten Begründung, die Systematizität von Sprache erfordere ihre Kompositionalität? Die zugrundeliegende Beobachtung besteht darin, dass sprachliche Fähigkeiten nicht isoliert, sondern in systematischen Varianten vorkommen. So korreliert die Fähigkeit, den Satz »Das rote Quadrat ist in einem grünen Kreis« zu verstehen, gesetzesartig mit der Fähigkeit, den Satz »Der rote Kreis ist in einem grünen Quadrat« zu verstehen. Ein Sprecher, der den

ersten Satz vers zweiten Satz vers

Viele Autore Korrelationen sy dung des Komp müssen die Fähi tional zu generiließen sich diese schen sprachlich ein Sprecher de sprachliche Aus wahrscheinlich andere komplex wandten Bedeut

Setzt System voraus? Warum scher Rekombin tizität? Betracht ker mit dem rot »Der Politiker m cken«. Der zweit nation des erste dass ein Spreche den zweiten Sat: ist, dass der zw druck enthält, d cher, der die Be Satzes kennt, br zu wissen, was Wie wir bereits Ausdrücke dad deutungen nich nen zu dem Sch Kompositionali tät führen. Soz man dann zu de tematizität einei aussetze.

Diese Schlus wird häufig über matischen Korr tiertes Paar sys englischsprachi

- (1) Mary lov
- (2) Ann love

Man betrachte j

- (3) Mary lov
- (4) *Pizza lo

ationsopera- $\iota(q(Orange))$ $\iota(Apfelsine))$. it der Terme

(3)

npositionalisyntaktische ische Opera-

(4)

.

(5)

es formalen
elsine)) =
die folgende

(6)

entität in (6) ypothetische che zugleich rden. Damit – und nicht ctivität setze ttivität einer ir ihre Kom-

für Kompolann mit der vorgebrachystematizität onalität? Die t darin, dass sondern in So korreliert Irat ist in eitzesartig mit ist in einem cher, der den

ersten Satz verstehen kann, wird immer auch den zweiten Satz verstehen können.

Viele Autoren führen derartige systematische Korrelationen sprachlicher Fähigkeiten als Begründung des Kompositionalitätsprinzips an. Sprecher müssen die Fähigkeit haben, Bedeutungen kompositional zu generieren, so das Argument. Andernfalls ließen sich diese systematischen Korrelationen zwischen sprachlichen Fähigkeiten nicht erklären. Wenn ein Sprecher dazu fähig ist, bestimmte komplexe sprachliche Ausdrücke zu verstehen, ist er höchstwahrscheinlich auch dazu in der Lage, bestimmte andere komplexe Ausdrücke mit systematisch verwandten Bedeutungen zu verstehen.

Setzt Systematizität wirklich Kompositionalität voraus? Warum ist die Fähigkeit zu rein syntaktischer Rekombination nicht ausreichend für Systematizität? Betrachten wir die beiden Sätze »Der Politiker mit dem roten Pullover hasst gelbe Socken« und »Der Politiker mit dem gelben Pullover hasst rote Socken«. Der zweite Satz ist eine syntaktische Rekombination des ersten. Dennoch ist nicht gewährleistet, dass ein Sprecher, der den ersten Satz versteht, auch den zweiten Satz verstehen wird. Der Grund hierfür ist, dass der zweite Satz einen idiomatischen Ausdruck enthält, den der erste nicht enthält. Ein Sprecher, der die Bedeutungen aller Wörter des ersten Satzes kennt, braucht nicht notwendigerweise auch zu wissen, was das Idiom »rote Socken« bedeutet. Wie wir bereits erläutert haben, sind idiomatische Ausdrücke dadurch gekennzeichnet, dass ihre Bedeutungen nicht kompositional sind. Dies könnte einen zu dem Schluss verleiten, dass Verletzungen von Kompositionalität zu Verletzungen von Systematizität führen. Sozusagen im Umkehrschluss könnte man dann zu der Auffassung gelangen, dass die Systematizität einer Sprache ihre Kompositionalität voraussetze.

Diese Schlussfolgerung wäre jedoch voreilig. Es wird häufig übersehen, dass das Phänomen der systematischen Korrelation relativ instabil ist. Ein oft zitiertes Paar systematisch korrelierter Sätze in der englischsprachigen Literatur ist:

- (1) Mary loves Ann.
- (2) Ann loves Mary.

Man betrachte jedoch das folgende Paar:

- (3) Mary loves pizza.
- (4) *Pizza loves Mary.

Während (3) von einem englischen Sprecher problemlos verstanden werden kann, wird (4) nicht ohne Weiteres von ihm verstanden werden. Dies ist so, obwohl die syntaktische Struktur offensichtlich in beiden Sätzen gleich ist und wir keine idiomatischen Ausdrücke vorliegen haben. Der Grund für das Verständnisproblem in (4) ist anscheinend, dass das Verb *love* üblicherweise keinen unbelebten Gegenstand in der Subjektposition toleriert.

Warum besteht in manchen Fällen eine systematische Korrelation und in anderen nicht? Ein Vorschlag für eine Antwort wäre, dass systematische Korrelation nur dann garantiert ist, wenn die vertauschten Wörter zur selben Bedeutungskategorie, wie von Edmund Husserl (1980) und im Anschluss von Kazimierz Ajdukiewicz (1935) definiert, gehören. Husserl beobachtete, dass die Menge der Ausdrücke einer Sprache in Äquivalenzklassen - die Bedeutungskategorie - zerfällt, so dass erstens für zwei Ausdrücke derselben Klasse der eine Ausdruck den anderen in jedem nicht-ambigen bedeutungsvollen Kontext ersetzen kann, ohne dass der Kontext dabei bedeutungslos wird, und zweitens für zwei Ausdrücke verschiedener Klassen die Ersetzung eines Ausdrucks durch den anderen zumindest einige nicht-ambige bedeutungsvolle Kontexte bedeutungslos macht.

Wenn wir die Idee einer Bedeutungskategorie auf die Beispiele (1) bis (4) anwenden, können wir sagen, dass Mary und pizza zu unterschiedlichen Bedeutungskategorien gehören müssen, obwohl beide zur selben syntaktischen Kategorie, nämlich der des Nomens, gehören. Die wechselseitige Ersetzung von Mary und pizza macht den bedeutungsvollen Satz (3) zu der bedeutungslosen Wortsequenz (4). Mary und Ann hingegen gehören wahrscheinlich zur selben Bedeutungskategorie. Sie können für einander in (1) ausgetauscht werden, ohne dass dies den Satz bedeutungslos macht. Man beachte, dass Bedeutungskategorien offenbar wesentlich feinkörniger als syntaktische Kategorien wie etwa die des Nomens sind.

In den oben genannten Beispielen ist die Gleichheit der Bedeutungskategorie notwendig und hinreichend, um die Frage zu beantworten, ob das Verständnis zweier Sätze systematisch korreliert ist oder nicht. Wenn und nur wenn zwei Ausdrücke zur selben Bedeutungskategorie gehören, ist garantiert, dass sie wechselseitig füreinander ersetzt werden können, ohne einen bedeutungsvollen in einen bedeutungslosen Kontext zu verwandeln, und so systematische Varianten ergeben. Kompositionalität hingegen ist, wie wir gesehen haben, nicht hinreichend,

um die systematische Korrelation von Verständnisfähigkeiten vorherzusagen. Da die Systematizität von Sprache ein recht instabiles Phänomen ist, darf bezweifelt werden, ob Systematizität ein wirklich überzeugender Grund für Kompositionalität ist (vgl. auch Johnson 2004).

Kompositionalität, Synonymie und Bedeutungsähnlichkeit

Unter der Annahme, dass keine zwei Synonyme zu unterschiedlichen Bedeutungskategorien gehören – diese Bedingung geht ebenfalls auf Husserl (1980) zurück –, ist das formale Prinzip der Kompositionalität im strengen Sinne logisch äquivalent zu dem Prinzip der Ersetzbarkeit von Synonymen salva significatione, wonach die Ersetzung von synonymen Ausdrücken in einem Kontext die Bedeutung des Kontexts unverändert lässt (Hodges 2001; Werning 2004).

Ein wirklich ernsthaftes und bis heute nicht zufriedenstellend gelöstes Problem werfen in diesem Zusammenhang propositionale Einstellungskontexte auf. Betrachten wir etwa die beiden folgenden Sätze:

- (5) Hans glaubt, dass seine Base beim Nierenarzt ist.
- (6) Haus glaubt, dass seine Cousine beim Nephrologen ist.

»Cousine« und »Base« sowie »Nierenarzt« und »Nephrologe« sind synonyme Ausdrücke im Deutschen. Trotzdem scheinen die Sätze (5) und (6) unterschiedliche Wahrheitsbedingungen und folglich unterschiedliche Bedeutungen zu haben. Es könnte beispielsweise sein, dass Hans Nephrologen für Lungenärzte hält oder nicht weiß, dass Basen Cousinen sind. Wir haben bereits gesehen, dass auch in Zitationen zumindest nach der disquotationalen Analyse - Synonyme nicht für einander ersetzt werden können, ohne dass sich die Bedeutung des Kontextes ändert. Allerdings ist die Verletzung des Prinzips der Ersetzbarkeit von Synonymen salva significatione in propositionalen Einstellungskontexten schwerwiegender als bei Zitationen. Denn bei Zitationen leistet die Bedeutung des zitierten Ausdrucks keinerlei Beitrag zur Bedeutung der Zitation. Die Bedeutung von Zitation und Zitatum sind vollständig voneinander entkoppelt. Dies ist eine theoretische Besonderheit, aber noch kein schwerwiegendes theoretisches Problem. Hingegen leisten die im dass-Satz enthaltenen Ausdrücke durchaus einen Bedeutungsbeitrag zur Bedeutung des propositionalen Einstellungskontextes. Die einzige, allerdings recht unbefriedigende Lösung im Einklang mit dem Kompositionalitätsprinzip bestünde darin, die Existenz von strikter Synonymie in natürlichen Sprachen vollständig zu negieren. Diese Strategie verfolgen Theorien strukturierter Bedeutungen (Cresswell 1985). Zugunsten einer solchen Lösungsstrategie spräche auch, dass es in natürlichen Sprachen ohnehin sehr wenige echte Synonymen hat dazu geführt, dass einige Autoren sich in jüngster Zeit kontrovers mit der Frage beschäftigen, ob man ein verallgemeinertes Kompositionalitätsprinzip auch für bloße Bedeutungsähnlichkeit formulieren kann (Jönsson/Werning 2015; Leitgeb 2008)

Kompositionalität und Komplexität: Neue Begründungsstrategien

Wie wir gesehen haben, sind hergebrachte Begründungsstrategien für das Kompositionalitätsprinzip wenig erfolgreich. Dies hat einige Autoren dazu bewogen, Kompositionalität in natürlichen Sprachen als das, wenn auch nur annäherungsweise erreichte Resultat von Komplexitätsreduktion zu erklären. So stellt Peter Pagin (2012) die Frage, unter welchen Bedingungen Kommunikation maximal effizient in Bezug auf Zeit ist. Hier soll die Anzahl der Schritte, die benötigt werden, um einen syntaktisch komplexen Ausdruck in eine Repräsentation seiner Bedeutung zu transformieren, minimiert werden. Es handelt sich also um die Reduktion zeitlicher Komplexität bei der sprachlichen Kommunikation. Unter bestimmten Bedingungen, so zeigt Pagin mit Hilfe der mathematischen Komplexitätstheorie, sind Sprachen mit einer kompositionalen Semantik in der Tat maximal effizient im Hinblick auf dieses Ziel.

Einen anderen Versuch unternehmen Kenny Smith und Simon Kirby (2012). Sie beschäftigen sich in Simulationsstudien mit der sozialen Evolution von Grammatiken. Jede neue Generation von Sprechern hat es mit einem Flaschenhals-Problem zu tun: Jeder Lernende kann nur eine verhältnismäßig kleine Zahl an Beispielsätzen von Sprechern der älteren Generation und die Zuordnung zu ihren Bedeutungen beobachten. Nun steht er vor der Aufgabe, eine möglichst wenig komplexe Grammatik zu erstellen, die mit allen beobachtbaren Beispielen und ihren Bedeutungszuordnungen konsistent ist. Die Erstellung einer solchen Grammatik ist notgedrungen informational unterbestimmt. Wächst nun die nächste Gene-

ration heran, be mittleren Gener: stellte Grammat sätze und Bedeu nende Generatio hals hat jedoch Zwang zur Minii xität beim Spracl neration zu Gen durch zunehmer Zuordnungen vo len gewissermaß von einer Genera den. Zufällig ents hänge zwischen hingegen finden sie zu einer Kor Simulationsmod ständige Kompo weil es effizienter chenketten und unstrukturierte 1 liefern uns diese die Komposition

(Diesem Kapi setzte Teile der An Compositionality Representation an an Emulative Se grunde, vgl. 2005

Literatur

Ajdukiewicz Kazii Studia philosoph Polonorum 1 (19 Braisby, Nick: Complex Concepts. 508.

Cresswell, Max Jo Mass. 1985.

Fodor, Jerry: The L
-: Concepts: When
York 1998.

-/Pylyshyn, Zenor tecture: A Crit 3-71.

Frege, Gottlob: Log dankengefüge. I gen. Göttingen² -: Brief an Jourdai

bartel/Christian mit D. Hilbert, Einzelbriefe Freg extes. Die ösung im inzip benymie in en. Diese bedeutunchen Löttürlichen yme gibt. hat dazu Zeit kontein verauch für in kann

ät:

Begrüntsprinzip dazu be-Sprachen erreichte lären. So chen Bent in Beritte, die mplexen deutung handelt nplexität nter be-Hilfe der d Spraı der Tat

Kenny gen sich tion von rechern in: Jeder ine Zahl Generaigen beie mögllen, die ren Bestellung iformae Gene-

ration heran, benutzen die Mitglieder der vorigen, mittleren Generation die von ihnen einstmals erstellte Grammatik zur Produktion neuer Beispielsätze und Bedeutungszuordnungen für die jetzt lernende Generation. Dieser informationale Flaschenhals hat jedoch einen positiven Effekt: Durch den Zwang zur Minimierung von prozessualer Komplexität beim Spracherlernen wird die Sprache von Generation zu Generation immer regelhafter und dadurch zunehmend kompositional. Idiosynkratische Zuordnungen von Zeichenketten zu Bedeutung fallen gewissermaßen zufällig weg, weil sie nicht immer von einer Generation zur nächsten übermittelt werden. Zufällig entstandene systematische Zusammenhänge zwischen Zeichenketten und Bedeutungen hingegen finden Eingang in die Grammatiken, weil sie zu einer Komplexitätsverringerung führen. Die Simulationsmodelle zeigen jedoch auch, dass vollständige Kompositionalität niemals erreicht wird, weil es effizienter ist, sehr häufig vorkommende Zeichenketten und ihre Bedeutung gewissermaßen als unstrukturierte Einheiten abzuspeichern. Vielleicht liefern uns diese Modelle realistischere Einsichten in die Kompositionalität sprachlicher Bedeutung.

(Diesem Kapitel liegen aus dem Englischen übersetzte Teile der Aufsätze »Right and Wrong Reasens for Compositionality« und »Non-Symbolic Compositional Representation and its Neuronal Foundation: Towards an Emulative Semantics« von Markus Werning zugrunde, vgl. 2005b, 2012.)

Literatur

- Ajdukiewicz Kazimierz: Die syntaktische Konnexität. In: Studia philosophica: commentarii Societatis Philosophicae Polonorum 1 (1935), 1–27.
- Braisby, Nick: Compositionality and the Modelling of Complex Concepts. In. *Minds and Machines* 8 (1998), 479–508.
- Cresswell, Max John: Structured Meanings. Cambridge, Mass. 1985.
- Fodor, Jerry: The Language of Thought. New York 1975.
- -: Concepts: Where Cognitive Science Went Wrong. New York 1998.
- -/Pylyshyn, Zenon: Connectionism and Cognitive Architecture: A Critical Analysis. In: Cognition 28 (1988), 3–71.
- Frege, Gottlob: Logische Untersuchungen. Dritter Teil. Gedankengefüge. In: G. Patzig (Hg.): Logische Untersuchungen. Göttingen ²1976, 72–91.
- -: Brief an Jourdain. In: Gottfried Gabriel/Friedrich Kambartel/Christian Thiel (Hg.): Gottlob Freges Briefwechsel mit D. Hilbert, E. Husserl, B. Russell, sowie ausgewählte Einzelbriefe Freges. Hamburg 1980, 110–112.

- Logik in der Mathematik. In: Hans Hermes/Friedrich Kambartel/Friedrich Kaulbach (Hg.): Gottlob Frege. Nachgelassene Schriften. Hamburg ²1983, 219–270.
- Hodges, Wilfrid: Formal Features of Compositionality. In: Journal of Logic, Language and Information 10 (2001), 7-28.
- Horgan, Terry/Tienson, John: Connectionism and the Philosophy of Psychology. Cambridge, Mass. 1996.
- Husserl, Edmund. Logische Untersuchungen, Bd. II/1. Tübingen ⁶1980.
- Jacobson, Pauline: Direct Compositionality. In: Werning/ Hinzen/Machery 2012, 109–128.
- Janssen, Theo: Compositionality. In: J. van Benthem/A. ter Meulen (Hg.): Handbook of Logic and Language. Amsterdam 1997, 417–473.
- -: Compositionality: Its Historic Context. In: Werning/ Hinzen/Machery 2012, 19–46.
- Johnson, Kent: On the Systematicity of Language and Thought. In: *Journal of Philosophy*, 101/3 (2004), 111– 139
- Jönsson, Martin/Werning, Markus: Compositionality in a World without Synonyms. (in Vorb.).
- Leitgeb, Hannes: An Impossibility Result on Semantic Resemblance. In: *Dialectica* 62/3 (2008), 293–306.
- Montague, Richard: Universal Grammar. In: R. H. Thomason (Hg.): Formal Philosophy. Selected Papers of Richard Montague. New Haven 1974, 222–246.
- Pagin, Peter: Compositionality and the Complexity of Semantics. In: Werning/Hinzen/Machery 2012, 510–529.
- Partee, Barbara: Compositionality. In: F. Landman/F. Veltman (Hg.): Varieties of Formal Semantics. Dordrecht 1984, 281–311.
- Smith, Kenny/Kirby, Simon: Compositionality and Linguistic Evolution. In:Werning/Hinzen/Machery 2012, 493–509
- Smolensky, Paul: Reply: Constituent Structure and Explanation in an Integrated Connectionist/Symbolic Cognitive Architecture. In: C. Macdonald/G. Macdonald (Hg.): Connectionism. Cambridge, Mass. 1995, 223–290.
- Stewart, Terrence/Eliasmith, Chris: Compositionality and Biologically Plausible Models. In:Werning/Hinzen/Machery 2012, 596–615.
- Werning, Markus: Compositionality, Context, Categories and the Indeterminacy of Translation. In: *Erkenntnis* 60/2 (2004), 145–178.
- Neuronal Synchronization, Covariation, and Compositional Representation. In: Edouard Machery/Ders./Gerhard Schurz (Hg.): The Compositionality of Meaning and Content, Bd. II. Frankfurt a. M. 2005, 283–312 [2005a].
- Right and Wrong Reasons for Compositionality. In: Ders./Edouard Machery/Gerhard Schurz (Hg.): The Compositionality of Meaning and Content, Bd. I. Frankfurt a. M. 2005, 285–309 [2005b].
- -: The Temporal Dimension of Thought: Cortical Foundations of Predicative Representation. In: *Synthese* 146/1–2 (2005), 203–224 [2005c].
- Non-Symbolic Compositional Representation and its Neuronal Foundation: Towards an Emulative Semantics. In Werning/Hinzen/Machery 2012, 633–654.
- -/Hinzen, Wolfram/Machery, Edouard (Hg.): The Oxford Handbook of Compositionality. Oxford 2012.

Markus Werning/Viviana Haase