

## ZUSAMMENFASSUNG IN DEUTSCH

In der vorliegenden Forschungsarbeit wird der Einfluss verschiedener sprachsensibler Unterrichtsansätze auf die fachwissenschaftlichen und fachbezogenen kommunikativen Kompetenzen von Schüler\*innen im Chemieunterricht der Sekundarstufe I untersucht. Ein besonderer Fokus liegt dabei auf dem *Disaggregate-Instruction-Ansatz*, der das Erlernen naturwissenschaftlicher Konzepte von der Einführung neuer Fachtermini zeitlich trennt. Ziel des *Disaggregate-Instruction-Ansatzes* ist es, eine kognitive Überlastung der Schüler\*innen zu vermeiden, indem fachliche Inhalte zunächst anhand von bereits bekannter Terminologie vermittelt werden, bevor sukzessive neu zu erarbeitende Fachtermini eingeführt werden.

Der *Disaggregate-Instruction-Ansatz* berücksichtigt zudem die wachsende (sprachliche) Heterogenität im Kontext Schule, insbesondere mit Blick auf die Herausforderungen von Schülerinnen, deren Muttersprache nicht Deutsch ist oder die einen ungünstigen sozioökonomischen Hintergrund aufweisen. Diese Schülerinnen sind oftmals besonderen Herausforderungen beim Erwerb von Kompetenzen in der Bildungssprache Deutsch ausgesetzt. Da bildungssprachliche Kompetenzen für den Lernerfolg auch und vor allem im naturwissenschaftlichen Unterricht unabdingbar sind, bedarf es einer durchgängigen sprachlichen Bildung, d. h. fachliche und sprachliche Kompetenzen werden in allen Fächern und über die gesamte Schullaufbahn hinweg systematisch berücksichtigt und gefördert.

Im Rahmen einer vergleichenden Interventionsstudie wird die Wirksamkeit des *Disaggregate Instruction-Ansatzes* und etablierter sprachsensibler Prinzipien des *Scaffolding-Ansatzes* analysiert. Für die Untersuchung wurde eine Unterrichtsreihe mit dem Titel „Das Tote Meer stirbt!“ zum Aufbau und Lösevorgang von Salzen entwickelt und in zwei verschiedenen Varianten gestaltet: eine Variante kombinierte Prinzipien des *Disaggregate-Instruction-Ansatzes* mit denen des *Scaffolding-Ansatzes*; die andere wendete lediglich *Scaffolding-Prinzipien* an.

Die Ergebnisse zeigen, dass der *Disaggregate-Instruction-Ansatz* hinsichtlich des Erwerbs von fachwissenschaftlichen Kompetenzen auf Seiten der Schülerinnen gegenüber einem Unterricht nach den *Scaffolding-Prinzipien* nicht grundlegend lernwirksamer ist. Schüler\*innen mit niedrigen Kompetenzen in der Bildungssprache Deutsch von nicht-gymnasialen Schulen profitieren jedoch in besonderem Maße von der Anwendung des *Disaggregate-Instruction-Ansatzes*. Bezogen auf die fachbezogenen kommunikativen Kompetenzen konnte nicht nachgewiesen werden, dass eine der beiden Unterrichtsvarianten zu besseren Ergebnissen auf Seiten der Schüler\*innen führte. Die Befunde verdeutlichen die Notwendigkeit einer differenzierten,

sprachsensiblen Unterrichtsgestaltung in heterogenen Klassen und heben hervor, dass es weiterer systematischer, evaluierender Forschung zu sprachsensiblen Unterrichtsansätzen im naturwissenschaftlichen Unterricht bedarf.

## EINLEITUNG

*„Verstehen heisst [sic]: einen Fremden bei näherer Betrachtung als einen verkleideten alten Bekannten wiedererkennen.“*

*Martin Wagenschein (1980, S. 141)*

Der ganzheitliche Anspruch eines auf fachbezogene Kompetenzentwicklung und schlussendlich auf naturwissenschaftliche Grundbildung (*Scientific Literacy*) abzielenden Chemieunterrichts wird mit Blick in die Nationalen Bildungsstandards für das Fach Chemie deutlich (KMK, 2004, S. 6). Zusammengefasst wird von Lernenden am Ende der zehnten Klasse erwartet, fachliche Konzepte erworben zu haben, Methoden der naturwissenschaftlichen Erkenntnisgewinnung anzuwenden sowie naturwissenschaftliche Sachverhalte mit anderen Menschen sach- und adressatengerecht kommunizieren und unter Berücksichtigung der gesellschaftlichen Relevanz bewerten zu können (KMK, 2004, S. 6 f.).

Das Ausbilden von *Scientific Literacy* (Gräber & Bolte, 1996; OECD, 2019a, S. 98 f.), welche die vier Kompetenzbereiche Fachwissen, Erkenntnisgewinnung, Kommunikation und Bewertung vereint (KMK, 2004; SenBJF Berlin & MBS Brandenburg, 2015), ist die zentrale Zielstellung eines zeitgemäßen Chemieunterrichts (Bolte, 2003a, 2003b; Bolte & Schulte, 2014a, S. 370; 2014b, S. 35). *Scientific Literacy* soll die Lernenden demzufolge zu Mündigkeit im gesellschaftlichen Diskurs befähigen (Norris & Phillips, 2003, S. 236 f.; Streller et al., 2019, S. 4). Aus diesen Anforderungen an den Unterricht, die Lehrkräfte und die Schüler\*innen wird deutlich, dass dem Erwerb naturwissenschaftlicher Konzepte, wie beispielsweise das Konzept der chemischen Reaktion (z. B. beim Rosten von Eisen), und dem Kommunizieren ebendieser Konzepte unter Verwendung adäquater Terminologie eine besondere Bedeutung beizumessen ist. Für den Erwerb und das Kommunizieren von Konzepten bedarf es bestimmter sprachlicher Register (Bildungs- und Fachsprache), die sich von der alltagssprachlich geprägten Kommunikation außerhalb schulischer Bildungsprozesse mitunter stark unterscheiden und daher im Fachunterricht explizit als Lerngegenstand fungieren sollten (Rincke, 2010; Leisen, 2018).

Um sowohl Bildungsgerechtigkeit als auch einen gleichberechtigten Zugang zu (fachbezogenen) Bildungsangeboten und gesellschaftlichen Diskursen in Zeiten zunehmender Globalisierung und Diversifizierung sicherzustellen, ist naturwissenschaftliche Bildung mehr denn je gefordert, auf solche Schüler\*innengruppen zu achten, die in ihren je individuellen Bildungsgängen besonderen Herausforderungen begegnen

(Lengyel, 2010; Stanat et al., 2019). Schulleistungsvergleichsstudien, wie die PISA-Studien (Lewalter et al., 2023) und der IQB-Bildungstrend (Stanat et al., 2023), identifizieren seit Beginn der Berichterstattungen und aktuell in besonders großem Maße Schüler\*innen im deutschen Bildungssystem, deren Sprachstand offensichtlich (noch) nicht ausreicht, um den in den Bildungsstandards artikulierten Ansprüchen der verschiedenen Unterrichtsfächer und für die verschiedenen Schulabschlüsse gerecht zu werden (Baumert et al., 2001, S. 379; Stanat et al., 2019).

Die Untersuchungen belegen Rückstände in der Kompetenzentwicklung dieser Art vor allem – gleichwohl nicht ausschließlich – bei Lernenden, deren Erstsprache *nicht* Deutsch ist und in deren Elternhaus eine andere Sprache als die in Deutschland gängige Unterrichtssprache gesprochen wird (Van Laere et al., 2014). Nicht nur in den besonders umfangreich angelegten und international vergleichenden PISA-Studien (Lewalter et al., 2023; OECD, 2023) wird deutlich, dass sowohl die Lesekompetenzen (Reiss et al., 2019, S. 77) als auch die mathematischen (Lewalter et al., 2023, S. 184) und naturwissenschaftlichen Kompetenzen (OECD, 2007b) bei Kindern und Jugendlichen aus Familien mit Zuwanderungshintergrund – vor allem in der ersten Generation – signifikant geringer sind, als bei Kindern und Jugendlichen ohne Zuwanderungshintergrund.

Dass die Betrachtung des Zuwanderungshintergrunds allein nicht ausreicht, um Kompetenzunterschiede umfassend zu erklären, wurde ebenfalls im Rahmen der letzten PISA-Studie aus dem Jahr 2022 deutlich: Den Ergebnissen zufolge bedingt neben der zuhause gesprochenen Sprache auch die soziale Herkunft maßgeblich eine schwach ausgeprägte Lesekompetenz (Lewalter et al., 2023, S. 190 f.). Folglich sollte die Betrachtung sprachlicher Förderbedarfe und die Untersuchung, in welchem Maße diese Bedarfe die Lernentwicklungen (auch im naturwissenschaftlichen Bereich) einschränken, nicht alleine auf Lernende mit nichtdeutscher Herkunftssprache beschränkt werden, sondern die Gesamtheit der Schüler\*innen mit ihren förderungsbedürftigen bildungssprachlichen Kompetenzen in den Blick nehmen (Gogolin & Lange, 2011).

Der Zusammenhang zwischen sozialer Herkunft und Lesekompetenz (als ein Indiz zur globalen Einschätzung sprachlicher Kompetenzen) ist in Deutschland im Vergleich zu anderen OECD-Staaten besonders groß (Reiss et al., 2019, S. 158). Diese Erkenntnis ist vor allem auch deshalb besonders besorgniserregend, da sich niedrige sprachliche Kompetenzen in den naturwissenschaftlichen Fächern negativ auf die Leistung von Lernenden auswirken (Baumert et al., 2001, S. 376; Bolte & Pastille, 2010, S. 27; Schmellentin et al., 2016, S. 230). Lehrpersonen der naturwissenschaftlichen Unterrichtsfächer scheinen zwar mittlerweile bis auf wenige Ausnahmen für

den Zusammenhang zwischen Sprachfähigkeiten und dem naturwissenschaftlichen Lernen sensibilisiert zu sein (Tajmel, 2010a; V. Schneider et al., 2015), jedoch fehlt es einem Großteil an der Qualifizierung, konkrete sprachbildende Maßnahmen im (naturwissenschaftlichen) Unterricht zielgerecht einzusetzen (Riebling, 2013, S. 211 f.).

Mit der vorliegenden Arbeit verfolge ich das übergeordnete Ziel, anknüpfend an den aktuellen Forschungsstand zu den Zusammenhängen zwischen sprachlichen Kompetenzen von Schüler\*innen und ihrer Lernentwicklung in den naturwissenschaftlichen Fächern, einen innovativen, sprachsensiblen Ansatz – den *Disaggregate-Instruction-Ansatz* nach Brown und Ryoo (2008) und Brown, Ryoo und Rodriguez (2010) – für den Chemieunterricht zu adaptieren und hinsichtlich seiner Lernwirksamkeit – im Vergleich zu sprachsensiblen Chemieunterricht unter Anwendung gängiger *Scaffolding*-Prinzipien (Gibbons, 2015) – zu evaluieren. Das Grundprinzip des *Disaggregate-Instruction-Ansatzes* (Brown et al., 2010) besteht darin, den Erwerb naturwissenschaftlicher Konzepte von der Einführung neu zu erlernender Fachtermini zeitlich zu trennen. Der Ansatz hat sich in Forschungsarbeiten im US-amerikanischen Raum als vielversprechend mit Blick auf die Verknüpfung von sprachlichem und naturwissenschaftlichem Lernen herausgestellt (Brown & Ryoo, 2008; Brown et al., 2010; Brown et al., 2019), wurde jedoch bislang m.W. im deutschsprachigen Raum noch nicht praktiziert oder gar systematisch untersucht. Mit Blick auf das eingangs verwendete Zitat von Wagenschein (1980, S. 141) ließen sich der ‚Fremde‘ und der ‚alte Bekannte‘ als dasselbe fachliche Konzept verstehen, welches zunächst z. B. mit einem umgangssprachlichen Wort wie ‚Salz‘ bezeichnet wird. Erst zu einem späteren Zeitpunkt wird der Fachterminus ‚Ionensubstanz‘ – hier also der bzw. das ‚Fremde‘ – mit dem Ziel eingeführt, als neue, fachsprachliche Bezeichnung für das bekannte Konzept verstanden zu werden.

Im Rahmen dieser Forschungsarbeit untersuche ich sowohl die Effekte des *Disaggregate-Instruction-Ansatzes* auf den fachlichen Wissenserwerb der Lernenden als auch auf die Entwicklung bestimmter fachlich relevanter kommunikativer (Teil-)Kompetenzen (KMK, 2004). Dabei berücksichtige ich, dass Schüler\*innen an deutschen Schulen potenziell über sehr heterogene Lernvoraussetzungen, beispielsweise hinsichtlich ihrer Kompetenzen in der Bildungs- und Unterrichtssprache Deutsch, verfügen (SenBJF Berlin, 2021).

Zu Beginn dieser Arbeit findet eine Einordnung der Bedeutung von sprachlichem Lernen für schulische Bildungsprozesse im Allgemeinen und von unterschiedlichen sprachlichen Registern wie Alltags-, Bildungs- und Fachsprache im Speziellen statt (Kap. 1). Der Begriff der Bildungssprache wird seit einigen Jahren in der Debatte um

Bildungsgerechtigkeit, vor allem mit Bezug auf zugewanderte Kinder und Jugendliche sowie Schüler\*innen aus bildungsfernen Elternhäusern, intensiv als eine zentrale Erklärungsgrundlage für die alarmierenden Ergebnisse deutscher Schüler\*innen in Schulleistungsvergleichsstudien diskutiert (Gogolin & Lange, 2011; Gogolin & Duarte, 2016).

In Kapitel 2 analysiere ich die Befunde dieser Studien zunächst mit Blick auf die Ergebnisse von Schüler\*innen in den MINT-Fächern unter besonderer Berücksichtigung ihrer (bildungs-)sprachlichen Voraussetzungen. Im Anschluss erläutere ich die besonderen Anforderungen im Umgang mit den verschiedenen sprachlichen Registern in Bezug auf den naturwissenschaftlichen Unterricht und seine spezifischen fachsprachlichen Merkmale. Außerdem stelle ich in diesem Kapitel dar, auf welche Weise Kommunikationskompetenz im Fach Chemie – beispielsweise in Anlehnung an die Nationalen Bildungsstandards (KMK, 2004) – zu charakterisieren ist und wie chemiespezifische, kommunikative Kompetenzen im Rahmen eines zeitgemäßen Unterrichts auf Seiten der Schüler\*innen entwickelt werden sollten.

In Kapitel 3 widme ich mich verschiedenen kommunikationsförderlichen Ansätzen sprachsensiblen, naturwissenschaftlichen Unterrichts, wie dem *Scaffolding-* (Gibbons, 2015; Hammond & Gibbons, 2005) und dem *Translanguaging-Ansatz* (García, 2009; García & Wei, 2014; Duarte, 2020). Außerdem stelle ich ausgewählte empirische Studien vor, in denen die sprachsensiblen Ansätze hinsichtlich ihrer Wirksamkeit auf die Lernerfolge von Schüler\*innen evaluiert wurden.

In Kapitel 4 steht der im deutschsprachigen Raum noch verhältnismäßig unbekannt *Disaggregate-Instruction-Ansatz* im Mittelpunkt. In Anlehnung an Brown, Ryoo und Rodriguez (2010) wird ausgeführt, inwiefern ein Unterricht, der fachliches und fachsprachliches Lernen in unterschiedliche Phasen auftrennt, Schüler\*innen vor kognitiver Überlastung schützen und folglich zu besseren Lernleistungen hinsichtlich des Fachwissenserwerbs und der Entwicklung kommunikativer Kompetenzen verhelfen kann.

Aus den diskutierten theoretischen Überlegungen und empirischen Befunden werde ich schließlich die Forschungsfragen sowie Hypothesen meiner Dissertation ableiten und diese in Kapitel 5 vorstellen.

Im Anschluss daran begründe ich die methodische Herangehensweise und das von mir gewählte Forschungsdesign. Die Studie lässt sich der Interventionsforschung zuordnen, da die empirische Überprüfung der Lernwirksamkeit einer nach dem *Disaggregate-Instruction-Ansatz* gestalteten Unterrichtsreihe (im Vergleich zu einer

fachlich inhaltsgleichen Unterrichtsreihe, die sich an den Prinzipien sprachsensiblen *Scaffoldings* orientiert) angestrebt wird (Kap. 6).

Das fachinhaltliche Feld, welches durch die Schüler\*innen in diesem Zuge erschlossen wird, stelle ich in Kapitel 7 vor. Außerdem lege ich in Kapitel 7 die didaktisch-methodischen Überlegungen hinsichtlich der Gestaltung einer sprachsensibel ausgerichteten, handlungs- und kontextorientierten Unterrichtsreihe mit dem Titel „Das Tote Meer stirbt!“ unter Anwendung von Gestaltungsprinzipien des *Disaggregate-Instruction-Ansatzes* dar.

Anschließend widme ich mich in Kapitel 8 der Entwicklung und der Auswahl geeigneter Testinstrumente, mit denen überprüft werden soll, inwieweit die Lernenden in Abhängigkeit der sprachsensiblen Gestaltung der Unterrichtsreihe in unterschiedlichem Maße Fachwissen und fachbezogene kommunikative Kompetenzen erwerben. Außerdem wird dort offengelegt, zu welchem Zeitpunkt und in welcher Form die Testinstrumente im Rahmen der Untersuchung zum Einsatz kommen sollen.

Die Darstellung der geplanten statistischen Analyseverfahren und inhaltsanalytischen Betrachtungen der gewonnenen Daten in Kapitel 9 schließen den Methodenteil ab.

Im Ergebnisteil lege ich in Kapitel 10 zunächst den Ablauf der Untersuchung dar und beschreibe sowohl die realisierte Stichprobe als auch das Vorgehen bei der Aufbereitung der Datensätze.

Die in den beiden Untersuchungsgruppen (sprachsensibler Unterricht *mit* oder *ohne* Orientierung am *Disaggregate-Instruction-Ansatz*) erhobenen Ergebnisse werden anhand deskriptivstatischer und regressionsanalytischer Auswertungen in Kapitel 11 differenziert vorgestellt. Dabei präsentiere ich die entsprechenden Befunde zu den fachlichen Lernzuwächsen, den Kompetenzen in der Bildungssprache Deutsch und den entsprechenden Zusammenhängen mit der Art des sprachsensiblen Unterrichtsansatzes jeweils in Bezug auf die Gesamtstichprobe, die Teilstichproben *Interventions-* und *Kontrollgruppe* sowie die Teilstichproben *Schüler\*innen an Gymnasien* und *Schüler\*innen Integrierter Sekundarschulen*.

In Kapitel 12 fokussiere ich auf die chemiebezogenen kommunikativen Kompetenzen der Lernenden und berichte die Ergebnisse der qualitativ-inhaltsanalytischen Untersuchung adressatenorientierter Schüler\*innentexte. In diesem Zusammenhang zeige ich Befunde hinsichtlich des adressatenorientierten Gebrauchs von umgangs- und fachsprachlichen Termini auf und untersuche potenzielle Unterschiede zwischen

den Schüler\*innen der Interventions- und Kontrollgruppe. Im weiteren Verlauf konzentriere ich mich auf prototypische Fallbeispiele, die sich jeweils durch ein charakteristisches Verhältnis von umgangs- zu fachsprachlichen Termini auszeichnen.

In Kapitel 13 schließt sich die Interpretation der Ergebnisse mit Blick auf die Zusammenhänge zwischen den fachlichen Lernzuwächsen, der Art des praktizierten sprachsensiblen Unterrichtsansatzes sowie den Kompetenzen in der Bildungssprache Deutsch unter Rückbezug auf die forschungsleitenden Fragestellungen an.

Eine Diskussion und Bewertung der qualitativ-inhaltsanalytischen Untersuchung und quantitativen Auswertung der Schüler\*innentexte mit Blick auf die fachbezogenen kommunikativen Kompetenzen findet in Kapitel 14 statt.

Im Rahmen der Schlussbetrachtungen widme ich mich in Kapitel 15 einer sorgfältigen Methodenkritik und diskutiere dabei die Grenzen und Limitationen meines Forschungsprojektes.

In Kapitel 16 folgen als Ausblick einige Bemerkungen zu möglichen Implikationen der Untersuchungsergebnisse für die schulische Praxis sowie Überlegungen zu potenziellen weiterführenden Forschungsaktivitäten, die ich im Rahmen meiner Betrachtungen identifiziert habe.

Mit einem zusammenfassenden Fazit in Kapitel 17 beschließe ich die vorliegende Dissertation.

## 1 Die Bedeutung sprachlicher Register im Kontext Schule

In der Schule findet auf vielfältige Art und Weise Kommunikation zwischen unterschiedlichen Beteiligten (Schüler\*innen, Lehrer\*innen, weiteres pädagogisches Personal, Eltern etc.) mithilfe von Sprache statt. Gleichzeitig sind die Fähigkeiten und Erwartungen darüber, welche Sprache wie einzusetzen ist, sehr heterogen. Um Kommunikation, sprachliches Handeln und schließlich Lernprozesse im Fachunterricht beschreiben zu können, möchte ich im folgenden Kapitel verschiedene Arten von Sprache im schulischen Kontext anhand des Registerbegriffs vorstellen und einander gegenüberstellen.

### 1.1 Zur Rolle von Sprache beim schulischen Lernen

Essenziell für das Verständnis der Bedeutung von Sprache beim schulischen Lernen ist die Anerkennung einer engen Verknüpfung zwischen Denken und Sprache (Gebhard et al., 2017, S. 107). Diese Verknüpfung wurde als Versprachlichung des Denkens bereits in den Arbeiten von Wygotski (1979) als inneres Sprechen gedeutet und von Stork vor 35 Jahren mit folgenden Worten beschrieben: „Denken ist zu einem beträchtlichen Teil inneres Reden“ (1988, S. 21).

In der Auffassung, dass Denken und Sprechen gleichzusetzen seien, wurde diese These vor allem im Zuge des Behaviorismus diskutiert, jedoch in dieser pauschalen Betrachtungsweise abgelehnt (Anderson, 2007, S. 428; Rincke, 2007, S. 13 f.). Eine andere Position nehmen die Vertreter\*innen der *linguistischen Relativitätstheorie* ein, die davon ausgehen, dass Sprache das menschliche Denken in bedeutsamem Maße beeinflusst (Anderson, 2007, S. 429; Rincke, 2007, S. 13). In der extremen Form (vor allem durch Benjamin Lee Whorf vertreten) spricht man vom *linguistischen Determinismus*, welcher besagt, dass die Sprache unser Denken komplett bestimmt. Diese Überzeugung konnte jedoch durch eine Reihe von kognitionspsychologischen Untersuchungen widerlegt werden (Anderson, 2007, S. 431 f.).

Ein weiterer Ansatz, welcher der *linguistischen Relativitätstheorie* entgegensteht, betrachtet Sprache als Abbild der Gedanken und somit eher als durch das Denken beeinflusst (Anderson, 2007, S. 432; Rincke, 2007, S. 14). Zunächst scheint diese Ansicht naheliegend, da Menschen und im Speziellen bereits Kleinkinder in der Lage

sind, Denkprozesse zu bewältigen, bevor sie mit dem Sprechen beginnen (Anderson, 2007, S. 432). Für diese Position lassen sich weitere gewichtige Argumente formulieren, vor allem, wenn die sogenannte Phrasenstruktur der menschlichen Sprache zurate gezogen wird: Sprache besteht demnach aus Phrasen, die sich aus einzelnen Wörtern zusammensetzen und anhand ihrer Bedeutung sowie grammatikalischer Regeln so miteinander kombiniert werden, dass Sätze entstehen (Anderson, 2007, S. 416 f.; Rincke, 2007, S. 15). Wird beispielsweise der grundlegende Satzbau näher betrachtet, d. h. Subjekt, Prädikat/Verb und Objekt als die zentralen Bestandteile eines Satzes, so haben Untersuchungen gezeigt, dass in nahezu allen Sprachen das Subjekt dem Objekt vorangestellt wird (Greenberg, 1963). Ausgehend von der Denkweise, dass die Tätigkeit einer handelnden Person (Subjekt) sich auf ein Objekt (bzw. eine andere Person) auswirkt, scheint die Organisation von Sprache in Form von Phrasen nachweislich durch das menschliche Denken beeinflusst zu sein (Anderson, 2007, S. 433). Werden Phrasen maßgeblich anhand ihrer Bedeutung betrachtet, so spricht man von Propositionen oder Bedeutungseinheiten (Anderson, 2007, S. 433). Propositionen wiederum stehen nachweislich in Beziehung zur mentalen Repräsentation von Wissen im menschlichen Gehirn, denn beim Denken entstehen mentale Repräsentationen (Anderson, 2013; Rincke, 2007, S. 15 f.).

Beispielsweise wird im Chemieunterricht daran gearbeitet, dass einem Salzkristall auf der Teilchenebene eine spezifische chemische Struktur (Kristallgitter) zugeordnet wird und die einzelnen Teilchen (Ionen) auf eine bestimmte Art und Weise miteinander wechselwirken (Ionenbindung). Durch diese zunehmende Verknüpfung und Abstrahierung von Repräsentationen entsteht ein sich stetig erweiterndes mentales Netz. Die mentalen Repräsentationen können jedoch erst sinnhaft miteinander in Beziehung gesetzt und schließlich mit anderen Menschen ausgetauscht werden, wenn für sie auch eine semiotische, d. h. sprachliche, Form der Repräsentation (in Form von Propositionen) existiert (Gebhard et al., 2017, S. 108; Rincke, 2007, S. 15; Streller et al., 2019, S. 37).

Noch vor wenigen Jahren konnte man Chemielehrer\*innen zur Bedeutung von Sprache in ihrem Unterricht befragen und bekam zuverlässig die Antwort, Chemieunterricht sei ja kein Deutsch- oder Fremdsprachenunterricht (Streller et al., 2019, S. 38; Petersen & Peuschel, 2020). Durch die zunehmend heterogene Schulwirklichkeit einerseits und das Wirken einiger Pioniere (wie beispielsweise Heinrich Stork, Martin Wagenschein und Josef Leisen) andererseits hat sich bei vielen Chemielehrer\*innen

jedoch mittlerweile ein Bewusstsein entwickelt, dass „Sachunterricht<sup>1</sup> und Sprachunterricht überhaupt nicht zu trennen“ (Wagenschein, 1962, S. 121) seien und „Sprache [...] an und mit den Fachinhalten und Fragestellungen des Faches gelernt“ (Leisen, 2015, S. 132) werden müsse (Becker-Mrotzek et al., 2012, S. 12; Gebhard et al., 2017, S. 115; Petersen & Peuschel, 2020).

Sprache dient im naturwissenschaftlichen Unterricht somit als essenzielles Kommunikationsmedium (Wagenschein, 1968; Stork, 1993; Kulgemeyer, 2010; Härtig et al., 2015). Viele – wenn nicht sogar alle – typischen Denk- und Arbeitsweisen naturwissenschaftlich geprägter Erkenntnisgewinnung (z. B. das Experimentieren, Protokollieren, Problemlösen, Präsentieren, Argumentieren etc.) bedürfen eines Austausches zwischen Personen und wie – wenn nicht durch Sprache – wäre dies zu realisieren? Erst durch die Versprachlichung, z. B. von Beobachtungen während eines Experiments, können Informationen im konstruktivistischen Sinne mit vorhandenem Wissen verknüpft und in Beziehung gesetzt werden, wenn es schlussendlich darum geht, mit anderen zu kommunizieren (Gerstenmaier & Mandl, 1995, S. 874 f.; Streller et al., 2019, S. 37). Die sprachlichen Anforderungen, die an Lernende im naturwissenschaftlichen Unterricht gestellt werden, können durchgängig als hoch eingeschätzt werden (Gebhard et al., 2017, S. 116). Stork hat die spezifische Bedeutung der Sprache beim naturwissenschaftlichen Lernen hervorgehoben: „Hier [im naturwissenschaftlichen Unterricht, Anmerkung RG] bündelt sie eine Reihe von Erfahrungen, die vom Phänomen her durchaus unterschiedlich sein können, und bringt sie auf den Begriff“ (1993, S. 64). Diese Begriffsbildung kann gleichzeitig als besondere Herausforderung des Unterrichts verstanden werden, wenn nämlich durch die Auseinandersetzung mit naturwissenschaftlichen Sachverhalten neue Begriffe gebildet werden sollen (Streller et al., 2019, S. 38). Die fachspezifische Begriffsbildung und damit einhergehend die explizite Betrachtung von Sprache als Lerngegenstand des Unterrichts führt unmittelbar zur zweiten entscheidenden Rolle von Sprache im Chemieunterricht.

Sprache dient nicht nur als Kommunikationsmedium, sondern stellt auch ein zentrales Lernziel des Chemieunterrichts dar (KMK, 2005a, S. 9 f.; Rincke, 2010, S. 236; Rincke & Markic, 2018, S. 44). Diese normative Setzung legt zunächst nahe, dass Schüler\*innen gezielt an den propädeutischen Sprachgebrauch herangeführt und in die Lage versetzt werden müssen, (schul-)fachspezifische sprachliche Mittel korrekt verwenden zu können. Konkret bedeutet naturwissenschaftliches Lernen, dass

---

<sup>1</sup> Mit Sachunterricht meint Wagenschein hier nicht das Schulfach Sachunterricht in der Primarstufe, sondern vielmehr sämtliche Sachfächer jenseits des Deutsch- und Fremdsprachenunterrichts.

Schüler\*innen „sich Konzepte und Begriffe zugleich aneignen und verstehen müssen“ (Gebhard et al., 2017, S. 108). In dieser These differenzieren Gebhard, Höttecke und Rehm zwischen Konzepten und Begriffen. Diese beiden Termini werden jedoch in der Regel synonym verstanden und verwendet (Nerdel, 2017, S. 172). Hoffmann definiert Begriffe als „kognitive Zusammenfassungen von Objekten und/oder Erscheinungen nach gemeinsamen Funktionen“ (1986, S. 11). Wird ein Begriff oder ein Konzept<sup>2</sup> nun sprachlich realisiert, um im Rahmen von Kommunikationsprozessen genutzt werden zu können, so bedarf es einer Lautfolge und/oder eine Zeichenkombination und damit einer Benennung des Begriffes (Graf, 1989, S. 14 f.). Die Bezeichnung des Begriffes, also in geschriebener Form eine Kombination von Zeichen, wird als Terminus oder als Fachwort (Härtig & Kohnen, 2017, S. 57; J. Hoffmann, 1986, S. 13; Nerdel, 2017, S. 172) bezeichnet. Ein Begriff kann mit verschiedenen Termini oder Fachwörtern<sup>3</sup> bezeichnet werden, wie es z. B. in unterschiedlichen Nationalsprachen der Fall ist (Graf, 1989, S. 13). Auch innerhalb der deutschen Sprache lässt sich beispielsweise mit dem Fachterminus Natriumchlorid und dem Trivialnamen Kochsalz der gleiche Stoff mit der Summenformel NaCl benennen.

Neben den beschriebenen Herausforderungen in der Auseinandersetzung mit Begriffen und Termini, wird zunehmend auch im Kontext des naturwissenschaftlichen Unterrichts diskutiert, dass viele Lernende noch keine ausreichenden literalen (ergo schriftsprachlichen) Fähigkeiten mitbringen und daher auch das grundlegende Leseverstehen und Schreiben gezielt zu fördern sind. Um den verschiedenen Funktionen von Sprache im naturwissenschaftlichen Unterricht eine tragfähige Struktur zu verleihen, wird im folgenden Abschnitt zunächst der Registerbegriff geklärt, um anschließend verschiedene sprachliche Register, die im schulischen Kontext relevant sind, darzustellen und zueinander in Beziehung zu setzen.

## 1.2 Systematisierung der sprachlichen Register

In der Diskussion über den Lernerfolg von Schüler\*innen im (naturwissenschaftlichen) Fachunterricht wird mit großer Regelmäßigkeit u. a. auf die Alltags-, Bildungs- und Fachsprache, d. h. auf für schulisches Lernen charakteristische sprachliche Varietäten verwiesen. Roelcke definiert sprachliche Varietäten wie folgt:

---

<sup>2</sup> Im Rahmen dieser Dissertation verwende ich die Wörter Begriff und Konzept bedeutungsgleich (Nerdel, 2017, S. 172).

<sup>3</sup> Im Rahmen dieser Dissertation verwende ich die Wörter Terminus und Fachwort bedeutungsgleich.

Unter einer Varietät (auch Variante) wird ein sprachliches System verstanden, das einer bestimmten Einzelsprache untergeordnet und durch Zuordnung bestimmter innersprachlicher Merkmale einerseits und bestimmter außersprachlicher Merkmale andererseits gegenüber weiteren Varietäten abgegrenzt wird (1999, S. 18 f.).

Einen bedeutsamen und heute noch breit rezipierten Versuch der Systematisierung sprachlicher Varietäten unternahmen Koch und Oesterreicher 1985 in ihrer Arbeit zur Schriftlichkeit und Mündlichkeit von Sprache. In ihrer Konzeption unterscheiden sie eine *Sprache der Nähe* von einer *Sprache der Distanz* als zwei Pole eines Spektrums von Kommunikationsformen. Diesem Spektrum lassen sich Äußerungsformen (Telefonat, Vortrag, Zeitungsartikel etc.) anhand von Kommunikationsbedingungen (wie Dialogizität, Vertrautheit, raumzeitliche Nähe oder Öffentlichkeit) und Versprachlichungsstrategien (Vorläufigkeit, Informationsdichte, Kompaktheit, Planung) zuordnen (Koch & Oesterreicher, 1985, S. 23). Folgerichtig entsteht für jede Äußerungsform eine Mischung aus nächersprachlichen und distanzsprachlichen Merkmalen (s. Abbildung 1).