

Wissenschaftliche Bilder und ihre Kommunikation als Ausgangspunkt von Wissenschaftskritik

Florian Alexander Dehmelt

Zusammenfassung: Dieser Beitrag greift Vorschläge auf, den wissenschaftsdidaktischen Blick auch auf Wissenschaftskommunikation zu richten, und betrachtet deren Bildnutzung als Ausgangspunkt wissenschaftsdidaktischer Erkundungen. An der Oberfläche einer Fachkultur werden Bilder auch für Außenstehende sichtbar, entfalten unmittelbare, aber nicht unproblematische Wirkungen, und ermöglichen in unterschiedlichen Verwendungskontexten unterschiedliche Differenzerfahrungen. Ihre Gestaltung kann oft detailliert nachvollzogen und verändert werden und bietet auch in eher textscheuen Fachbereichen reflexive Potentiale. Dies eröffnet Möglichkeiten, öffentlich realistischere Erwartungen an Wissenschaft zu wecken, Impulse für die Aneignung disziplinärer Praktiken durch neu zur Fachgemeinschaft Hinzukommende zu setzen, und fachintern zu hinterfragende Praktiken als solche offenzulegen.

Schlagworte: Wissenschaftsdidaktik, Wissenschaftskommunikation, Bildkommunikation, implizite Praktiken, Ungewissheit

1 Kommunikative Artefakte inszenieren fachwissenschaftliche Praxis

Wissenschaftlich tätig zu sein, ist ein Privileg – auch wenn diese Tätigkeit nicht immer den lebhaften Erwartungen gerecht wird, die wir durch Außenkommunikation wecken. So mangelt es im Alltag Forschender akut an Heldentaten, und die Gegenstände wissenschaftlicher Untersuchung verweigern sich hartnäckig endgültiger Erkenntnis. Wird Wissenschaft jedoch erzählt, dreht sich die Handlung oft um Einzelne, die unbeirrt gegen die Zweifel anderer

ankämpfen und sie schließlich mit unwiderlegbaren Indizien bezwingen. Die Seuchenforschung John Snows etwa ist eine der archetypischen Eroberungsgeschichten medizinisch-naturwissenschaftlicher Forschung (vgl. Fleck, 1980, S. 111; zitiert nach Rieger-Ladich, 2022). Dieses Narrativ hat auch deshalb überdauert, weil es eng mit einem Artefakt verbunden ist, das Praktiken des Feldes sicht- und kommunizierbar macht: Snow nutzte eine Straßenkarte von London, auf der 1854 an Cholera Erkrankte als Strich am Ort ihres Todes verzeichnet sind und dazwischen liegende Brunnen als Kreise hervorgehoben werden (vgl. Abbildung 1). Mit wenigen Blicken lässt sich feststellen, dass viele Striche jenen Straßenzügen folgen, die einem bestimmten Brunnen näher liegen als anderen. In der damals intensiv geführten Debatte um den Sinn von Quarantänemaßnahmen war diese Beobachtung ein wichtiges, wenn auch nicht ausschlaggebendes Indiz für eine auch durch Trinkwasser vermittelte Übertragung von Mensch zu Mensch. Gelegentlich heißt es, die Beobachtung Snows habe zur Sperrung des Brunnens geführt und so den Ausbruch zum Erliegen gebracht, was jedoch als Legende zu werten ist (Robbins & Klotz, 2013). Der Verbreitung solcher Mythen hat es sicher nicht geschadet, dass die Abbildung selbst – von dem sie kontextualisierenden wissenschaftlichen Text entkoppelt – vielfach weiterverwendet wurde. Nicht zuletzt außerhalb des Fachgebiets gilt sie als Meilenstein der Visualisierung wissenschaftlicher Daten (vgl. Tufte, 2007, S. 24).

Die Abbildung war zwar innovativ, mit damaligen disziplinären Praktiken aber durchaus vereinbar und in Fachkreisen unstrittig. Die teils skeptische Aufnahme von Snows Schlussfolgerungen (z.B. Parkes, 1855) richtete sich gegen den Text der Veröffentlichung und war eher von fachlich routinierter Kritik an der gewählten Operationalisierung, an der vermeintlich unzureichenden Berücksichtigung alternativer Hypothesen sowie am Umgang mit verbliebenen Unbekannten geprägt. Sie ging jedoch einher mit einer entscheidenden Schwäche der Abbildung: Rückblickend waren es nicht etwa die visuell so unmittelbar wahrnehmbare Häufung der Krankheitsfälle, sondern gerade Ausnahmen von dieser Regel, also leicht zu übersehende infektionsfreie Inseln, die entscheidende Hinweise gaben. Was inzwischen als wesentliches Merkmal kausaler Inferenz im Fachgebiet gelten kann (vgl. Coleman, 2019, S. 18), war damals nicht ohne Weiteres vorauszusetzen. Snow erkannte zwar, dass Arbeiter einer mitten im Seuchengebiet gelegenen Brauerei verschont blieben und führte dies zutreffend auf die von der Umgebung getrennte Wasserversorgung des Betriebs zurück. Diesen und viele weitere Einzelfälle

dokumentierte er jedoch im Text, ohne sie in der begleitenden Abbildung kenntlich zu machen.

Ein solches Bild eröffnet also Zugänge zu fachwissenschaftlichen Ergebnissen und damit verbundenen Methoden, etwa der Operationalisierung einer Seuche anhand von Sterbeorten und -zahlen. Es spiegelt aber auch Probleme wider, die sich aus dem jeweils historisch zu verortenden Stand disziplinärer Praktiken ergeben, etwa Formen der Hypothesenprüfung, die der Komplexität neuer Daten nicht mehr gerecht werden. Diese offenzulegen und zu entschlüsseln, ist wesentliches Ziel einer Didaktik, die sich mit Wissenschaft als einer »spezifische[n] epistemische[n] und soziale[n] Praxis« auseinandersetzt (Rhein & Reinmann, 2022, S. 9) – also Wissenschaftsdidaktik. Ich beginne den Beitrag damit, noch einmal kurz das Verhältnis der Wissenschaftsdidaktik zu impliziten Praktiken und den sie inszenierenden Artefakten zusammenzufassen, das anderswo schon umfassend beschrieben wurde (Jenert & Scharlau, 2022a). Dass sich der wissenschaftsdidaktische Blick ganz besonders auf kommunikative Praktiken richtet, überrascht nicht; denn wer Wissen schafft, kommuniziert unweigerlich. Inwiefern dies in verschiedenen Disziplinen auch so reflektiert wird, sei allerdings dahingestellt, und ich will zumindest kurz auf die Abgrenzung fachinterner und externer Wissenschaftskommunikation eingehen. Anschließend versuche ich, das Verhältnis impliziter Praxis und konkreter Bildgestaltung an einem aktuelleren Beispiel zu beleuchten und den Weg solcher Artefakte durch verschiedene Verwendungskontexte zu skizzieren. Schließlich nenne ich einige Potentiale, die sich aus der wissenschaftsdidaktischen Betrachtung solcher Bilder ergeben – nicht zuletzt im Hinblick auf den Umgang mit wissenschaftlicher Ungewissheit in der Fachgemeinschaft, Hochschullehre und Wissenschaftskommunikation.

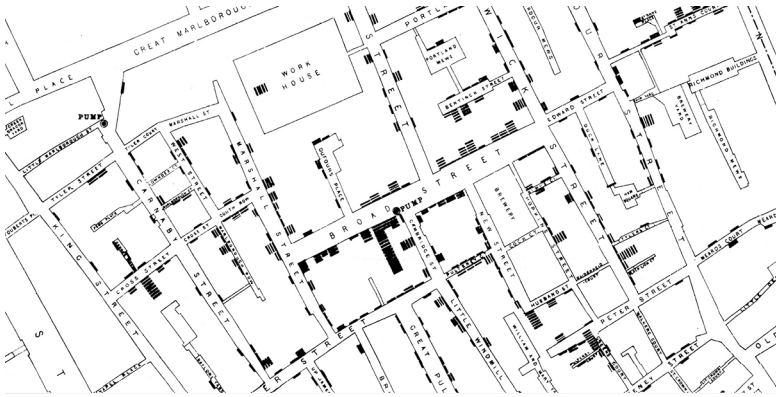


Abb. 1: Ausschnitt der von John Snow publizierten Karte des Cholera-Ausbruchs rund um die Londoner Broad Street (Snow, 1855). Striche bezeichnen den Ort registrierter Todesfälle, während Trinkwasserbrunnen durch Kreise mit der Bezeichnung »PUMP« gekennzeichnet sind.

2 Didaktik und Kommunikation der Fachwissenschaften

2.1 Wissenschaftsdidaktische Entschlüsselung impliziter Praktiken

Jenert und Scharlau haben darauf hingewiesen, dass spezifische Praktiken einer fachwissenschaftlichen Gemeinschaft oft implizit bleiben, anhand kommunikativer Artefakte aber grundsätzlich entschlüsselt werden können (Jenert & Scharlau, 2022a). In Anlehnung an ein organisationswissenschaftliches Kulturmodell (Schein, 1996) fassen sie diese Praktiken als Teil einer in drei Ebenen gegliederten Fachkultur auf: eine obere Ebene, die auch nicht Enkulturierten zugänglich ist und sowohl Artefakte als auch die von ihnen inszenierten Praktiken umfasst; eine mittlere Ebene, die den normativen Rahmen alltäglicher Handlungen vorgibt; und eine untere Ebene, die u.a. epistemische Grundannahmen umfasst, die den Angehörigen der Gemeinschaft selbstverständlich erscheinen und von diesen oft gar nicht beschrieben werden können (Jenert & Scharlau, 2022a, S. 160). Die Sinnzusammenhänge zwischen den Ebenen sind also disziplinspezifisch und können nicht allein durch eine beispielsweise fachübergreifende Hochschuldidaktik aufgeklärt werden. Vielmehr lohnt es, neu zur Gemeinschaft Hinzukommende im Umgang mit den Artefakten einer

Disziplin zu beobachten und deren »Differenzen zum Sinnverstehen von Wissenschaftler:innen« zum Ausgangspunkt einer Entschlüsselung zu machen (Jenert & Scharlau, 2022a, S. 155). Ein derart erschlossenes »auf einzelne Fächer hin ausdifferenziertes [...] wissenschaftsdidaktisches Wissen« ist bislang aber »noch weitgehend ein Desiderat« (Reinmann & Vohle, 2023, S. 257).

Differenzerfahrungen in der Begegnung mit Fachkulturen treten allerdings nicht nur im Kontext der Hochschullehre auf, sondern prägen auch so manche Herausforderung externer Wissenschaftskommunikation. Auch diese kann durchaus »doppelseitig« wirken, im Idealfall also nicht bloß wissenschaftliche Konzepte in Bezug zu anderen Lebenswelten setzen, sondern zugleich die Besonderheiten der Fachkultur verdeutlichen und so eine Reflexion dieser Fachwissenschaft veranlassen (Jenert & Scharlau, 2022b). Eine solche didaktische Konzeption von Wissenschaftskommunikation wird sicher nicht allen Aspekten dieses breiten Feldes gerecht. Sie lädt jedoch dazu ein, nach Möglichkeiten einer wechselseitigen Bereicherung Ausschau zu halten, die keineswegs auf eine organisationale Funktionszuordnung der Wissenschaftsdidaktik angewiesen ist. Begreift man Wissenschaftsdidaktik als grundsätzlich »doppelseitige« Haltung gegenüber disziplinären Sinnzusammenhängen, lassen sich Denkanstöße überall dort finden, wo Kulturfremde auf Artefakte fachwissenschaftlicher Praxis treffen. Ich möchte Neugier dafür wecken, gerade anhand der Beobachtung und Gestaltung von Bildern in der externen Wissenschaftskommunikation ein solches Reallabor zu erschließen. Da kommt es gerade Recht, dass die bisweilen noch anzutreffende Einschätzung, Wissenschaftskommunikation sei »*something external to research which can be left to non-scientists, failed scientists or ex-scientists*« (Whitley, 1985, S. 3; zitiert nach Bauernschmidt, 2018, S. 28), allmählich zu schwinden scheint.

2.2 Reflexionsbedarfe externer Wissenschaftskommunikation

Wissenschaft ist ohne Kommunikation nicht denkbar. Innerhalb der wissenschaftlichen Gemeinschaft werden Argumente ausgetauscht, Erkenntnisse mitgeteilt (von Hentig, 1970, S. 26), fachspezifische Arbeits- und Denkweisen ausgehandelt, infrage gestellt und neu Hinzukommende an all dies herangeführt (vgl. Rhein & Reinmann, 2022, S. 11f.). Doch zur Kommunikation in der »akademischen [...] Öffentlichkeit« (Huber, 1983, S. 118) tritt auch der »kommunikative[] Grenzverkehr[] zwischen Wissenschaft und Gesellschaft« (Griem, 2022, S. 424). Entlang dieser Grenzfläche entfaltet sich »ein dynamisches Praxis- und Forschungsfeld, das sich mit der Kommunikation von

wissenschaftlichem Wissen beschäftigt« (Kiprijanov, 2021, S. 384), also: externe Wissenschaftskommunikation im engeren Sinne (Bauernschmidt, 2018). Ihr theoretischer Kern wird teils in der Sprachwissenschaft (Fandrych, 2018), teils in der Kommunikationswissenschaft, Wissenschaftssoziologie oder Pädagogik verortet (Kiprijanov, 2021, S. 386), oder sie wird zur »Sozialpraxis-community«, deren Erforschung anderen Disziplinen obliegt (Sowka, 2016, S. 67). Tendenziell wird sie als »Integrationsdisziplin« verstanden (Kiprijanov, 2021, S. 383), die an breiten Kontaktzonen zu ihren Nachbarinnen ausfranst; ihr Praxisfeld überschneidet sich deutlich und durchaus konfliktträchtig mit Wissenschaftsjournalismus und Wissenschafts-PR (Heißmann, 2012). Die von unterschiedlichen Akteuren angestrebten, wechselnden und konfligierenden Ziele sind in ihrer Vielfalt und historischen Entwicklung schon ausführlich beschrieben worden (z.B. Kiprijanov, 2021; Jenert & Scharlau, 2022b), und verbreitete Konzepte wie das *Public Engagement with Science* weisen bereits eine wissenschaftsdidaktisch anmutende Doppelseitigkeit auf (vgl. Metag, 2017, S. 254).

Analog zur Einführung hochschuldidaktischer Qualifizierungen und der Einrichtung hochschuldidaktischer Zentren geht die Professionalisierung der Wissenschaftskommunikation mit einem Nebeneinander individueller Weiterbildung und der Verstetigung mit ihr verbundener Strukturen einher – oft allerdings »auf funktionalistische Leitbegriffe im Zeichen strategischer Steuerbarkeit ausgerichtet« (Griem, 2022, S. 428). Dahinter steht die Erwartung, dass Wissenschaftskommunikation insgesamt die »Effizienz und Effektivität« der Vermittlung steigern soll (Pfenning, 2012, S. 344). Dieses Ziel wird auch mittels empirischer »Evaluation von Themen und Methoden« der Praxis verfolgt (Pfenning, 2012, S. 342), um die Verschwendung personeller und finanzieller Ressourcen auf wenig beachtete »Kommunikation für die Tonne« zu vermeiden (Gantenberg, 2016).

Solche Evaluationen beruhen auf einer normativen Setzung, was als erstrebenswerte Wissenschaftskommunikation gelten soll. In Ermangelung eines entsprechenden Konsenses wird gelegentlich der umgekehrte Weg beschritten, und die zu einem Kommunikat leicht zu quantifizierenden Variablen werden zum Gütekriterium erhoben – etwa die bekannte Anzahl Teilnehmender, Käufer- oder Zuschauer:innen. Gerade bei digital vermittelter Kommunikation drängen sich Nutzungsdaten in Form von Klicks, Likes, Downloads, Verweildauern oder Ähnlichem regelrecht auf (vgl. Hempel, 2023, S. 159ff.). Hinzu kommen qualitative und quantitative Befragungen zur Bewertung einzelner Projekte (vgl. Pfenning, 2012) oder zur Erhebung kollektiver

Stimmungsbilder (Ziegler et al., 2018). Zu den erklärten Zielen gemeinwohlorientierter Wissenschaftskommunikation von »Wissensvermittlung« bis »Legitimation« (Pfenning, 2012, S. 343) und von persönlicher »Bildung« bis zur meist politisch gedachten »Entscheidungshilfe« (Ziegler & Fischer, 2020, S. 15) lassen sich die erhobenen Daten aber nur eingeschränkt in Bezug setzen. Welche Entschlüsselungen fachwissenschaftlicher Sinnzusammenhänge Wissenschaftskommunikation tatsächlich leisten sollte und wie ihr dies gelingen kann, bleibt somit zunächst offen und auf eine Reflexion ihres disziplinären Gegenstands angewiesen.

2.3 Wissenschaftler:innen in der Außenkommunikation

Diesen noch weitgehend ungedeckten Reflexionsbedarfen steht die zunehmend häufige Beteiligung von Fachwissenschaftler:innen an externer Wissenschaftskommunikation gegenüber. Sie ermöglicht nicht bloß vertrauensfördernde Begegnungen (vgl. von Campenhausen, 2014); vielmehr lassen sich bisherige kommunikative Fehlwirkungen mit den Augen disziplinär Enkulturerter womöglich eher bemerken und Gelingensbedingungen daraus ableiten. An dieser Stelle lohnt es sich, einige wesentliche Unterschiede zwischen Wissenschaftskommunikation und der – oft von denselben Fachwissenschaftler:innen mitgestalteten – disziplinären Hochschullehre hervorzuheben.

Im Gegensatz zur durchaus begründeten hochschuldidaktischen Gewohnheit, die Begegnung Lehrender und Lernender als gegeben vorauszusetzen, ist in der Wissenschaftskommunikation gerade die Nichtbegegnung der Regelfall. Schon innerhalb der Fachgemeinschaft ist die Strukturierung des Austauschs durch eine »Ökonomie der Aufmerksamkeit« spürbar (Franck, 1998); im ungleich größeren Kreis verschiedenster öffentlicher Zielgruppen läuft Wissenschaftskommunikation allemal Gefahr, weitgehend unbeachtet zu bleiben. Dies schlägt sich auch in der lebhaften Debatte um besonders wenig erreichte Personengruppen nieder (vgl. Schrögel et al., 2018), in deren Rahmen etwa die Wirkung emotionaler Ansprache durch Wissen Schaffende diskutiert wird (Taddicken & Reif, 2020). Die in der Hochschullehre so oft angestrebte Befähigung zu eigener wissenschaftlicher Arbeit findet hingegen nur in eng umrissenen Bereichen wie *Citizen Science* eine gewisse Entsprechung (Phillips, 2018; Wicke, 2021). Daher spielt die Absicht disziplinärer Enkulturation kaum eine Rolle in der externen Wissenschaftskommunikation

– die aber dennoch disziplinär verschlüsselte Artefakte aus den Fachwissenschaften übernimmt.

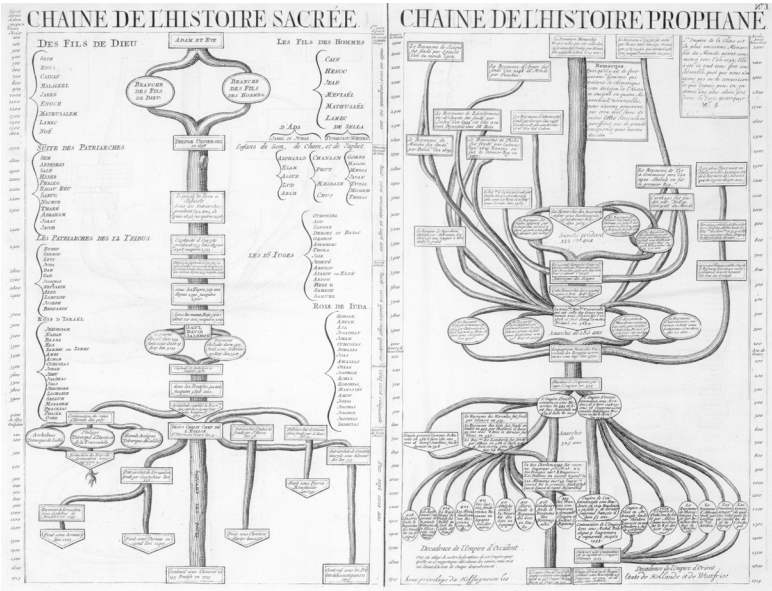


Abb. 2: Bildartefakte inszenieren implizite Praktiken auch in Disziplinen, deren primäres Medium Texte sind und bleiben. Reproduktion einer Gegenüberstellung (Châte-lain, 1718) der Ordnungslogik geistlicher (links) und weltlicher Geschichte (rechts).

Angesichts dessen sind »Verstehens- und Verständigungsprobleme[]« aufgrund kulturell versperkter Sinnzusammenhänge zu erwarten (vgl. Jenert & Scharlau, 2022a, S. 160). Sie werden noch verstärkt, wenn fachwissenschaftliche Artefakte autoritätsheischend eingesetzt werden, und dabei absichtlich oder fahrlässig auf eine hinreichende Kontextualisierung verzichtet wird (so genannte »Halo«-Kommunikation, vgl. Bontems, 2011). Hier sind in der Wissenschaftskommunikation Tätige gefordert, die eigene Kommunikationspraxis kritisch zu hinterfragen, Gestaltungen anzupassen und wo nötig eine Reflexion fachwissenschaftlicher Artefakte und Praktiken anzustoßen. Dies gilt insbesondere für die Nutzung von Bildern. Denn während die spezifischen Praktiken vieler Disziplinen primär von Texten inszeniert werden (Jenert &

Scharlau 2022a, S. 160), sind insbesondere (aber keineswegs ausschließlich) naturwissenschaftliche Fächer auch mit visuellen Artefakten verbunden.

3 Das visuelle Repertoire der Wissenschaften

Nach außen gerichtete Wissenschaftskommunikation greift zwecks Information, Unterhaltung oder Persuasion auf unterschiedliche Arten von Bildern zurück, einschließlich Fotografien und Zeichnungen, statischer und bewegter Bilder, von Hand oder algorithmisch erzeugter Abbildungen (vgl. Hüppauf & Weingart, 2009; Desnoyers, 2011). Sie erzeugt und verändert dadurch wiederum »mentale[] Bilder« von Wissenschaft und Wissen Schaffenden (Metag, 2019, S. 293). Je nach darzustellenden Ergebnissen, Methoden und Personen, und je nach Kommunikationskanal und vermuteter Zielgruppe, werden diese Bilder teils aus wissenschaftsinterner Kommunikation entlehnt, teils verändert und teils neu für die externe Kommunikation erschaffen. Selbst in Disziplinen, die keineswegs auf quantitative Daten angewiesen sind und primär mit Texten arbeiten, werden fachliche Praktiken gelegentlich visuell inszeniert (siehe Abbildung 2). Aus der Vielzahl bildlicher Darstellungen stechen Datenvisualisierungen (Chen et al., 2020; Tufte, 2007) durch die ihnen in besonderem Maße zugeschriebene Wissenschaftlichkeit heraus. Ihr »Nimbus einer strikten Neutralität und Unbestechlichkeit« (Mersch, 2006, S. 111) verleiht ihnen einen »Evidenzcharakter« (Weber, 2019, S. 336), der gerade Naturwissenschaften Autorität verschafft (vgl. Smith et al., 2002; Isberner et al., 2013). Sie sind eng mit Gegenstand, Methoden und handelnden Personen der Wissenschaft verknüpft und werden oft von diesen (mit)gestaltet. Kennzeichen solcher Visualisierungen ist, dass sie anstelle einer – wie stark auch immer inszenierten oder manipulierten – Reproduktion von Sinneseindrücken die »Sichtbarmachung« (Heintz & Huber, 2001) von sensorisch nicht Zugänglichem versuchen. Dies erfordert Akte der Reduktion und Gestaltung (vgl. Grube, 2006, S. 12), die im Vergleich zu anderen Bildarten weitgehend nachvollzogen, hinterfragt und mit Alternativen verglichen werden können.

Zwar bleiben die tatsächlichen Wirkungen einer Visualisierung meist unbekannt, ihre Bandbreite lässt sich anhand prominenter Ausnahmefälle aber errahnen: so bei den »Warming Stripes« oder »Erwärmungsstreifen« eines Klimaforschers (siehe Abbildung 3), die gezielt für die populärwissenschaftliche Außenkommunikation gestaltet und vielfältig rezipiert wurden. Sie wurden normativ aufgeladen und dienen etwa als Abzeichen politischer Haltungen

zum Klimawandel in Form von Kleidung, Buchrücken und öffentlicher Kunst (siehe z.B. Bugden, 2019; Irfan, 2019). Auch wurden sie als Beleg der vermeintlichen Eindeutigkeit von Wissenschaft herangezogen (Kahn, 2018; Schmid, 2019) oder sogar als sinnesphysiologisch bedingt unmittelbarer, nicht durch bewusste Reflexion verfälschter, Zugang zu wissenschaftlicher Erkenntnis gepriesen (NCAS, 2019; kritischer: Schmid, 2019). Sie gaben auch Anlass, ihre Gestaltung zu hinterfragen: So hatte der Urheber einzelne Farbtöne der Skala entfernt, um eine stärker dichotome Bildwirkung zu erzielen, dies anschließend aber »vergessen« (Nöthe, 2019; Hawkins, 2019); zudem hatte er den Nullpunkt der Skala bewusst verschoben, um Rot- und Blautöne entsprechend der von ihm gewünschten Ästhetik zu verteilen (Bugden, 2019; Schmid, 2019).

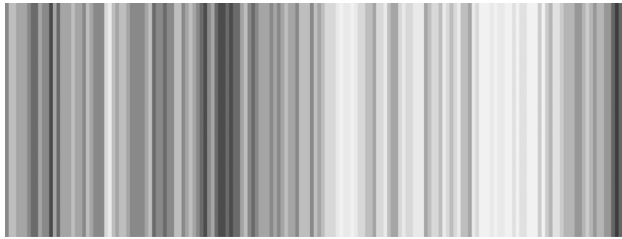


Abb. 3: Die Gestaltungsentscheidungen wissenschaftlicher Datenvisualisierungen lassen sich oft detailliert rekonstruieren. So anhand dieser Visualisierung weltweiter Durchschnittstemperaturen von 1850 (links) bis 2018 (rechts) durch einen farbigen Balken pro Jahr, von niedrigeren (im Original blau dargestellten) zu höheren Werten (im Original rot). Übernommen aus Hawkins, 2018, Original in Farbe.

Die Auseinandersetzung mit solchen Gestaltungsentscheidungen ist den Fachwissenschaften keineswegs fremd und auch in solchen Disziplinen anzutreffen, die der Reflexion ihrer sprachlichen Praktiken eher skeptisch gegenüberstehen. Regeln und Standards wissenschaftsinterner Datenvisualisierung werden teilweise explizit ausgehandelt (Borland & Taylor, 2007; Kulesza et al., 2017), wozu der Urheber des Streifenbilds auch selbst beigetragen hat (Hawkins, 2015). Sie spiegeln sowohl grundlegende wahrnehmungspsychologische Erkenntnisse wider (Alexander & Shansky, 1976; Warden et al., 2022) als auch ein Bewusstsein für die Diversität Wahrnehmender (z.B. Allred et al.,

2014). Spätestens in der Außenkommunikation werden solche Standards jedoch oft gelockert oder ganz fallen gelassen (Crameri et al., 2020). Da überrascht es nicht, dass zur Forderung allgemeiner Professionalisierung der Wissenschaftskommunikation auch der Ruf nach Professionalisierung ihrer Bildnutzung tritt (Archut et al., 2022).

4 Denkanstöße aus dem Umgang mit Bildern

4.1 Die Notwendigkeit wissenschaftsdidaktischer Impulse

Zur theoretischen Rahmung externer Wissenschaftskommunikation sind vielfältige Impulse denkbar. Es liegt nahe, auf die jeweilige Fachdidaktik des zu vermittelnden Gegenstands zu blicken (vgl. Pfenning, 2012), um an disziplinäre Vermittlungserfahrungen anzuknüpfen. Eine Orientierung an der Erwachsenenbildung verspricht, das Aneignen in den Mittelpunkt zu rücken und so unterschiedlichen »Bedürfnissen, (An-)Forderungen und Erwartungen« Rechnung zu tragen (Stimm, 2020, S. 188). Gerade die Auseinandersetzung mit Bildern könnte vom Blick auf den schon länger zurückliegenden »pictorial turn« in der schulischen (Fach-)Didaktik profitieren, die sich digitalisierungsbedingt mit inzwischen »fast unbegrenzten Möglichkeiten der Bildproduktion, -manipulation und -distribution« konfrontiert sieht (Gretsch & Holzäpfel, 2016, S. 9). Dass viele Visualisierungen nahezu beliebig umgestaltet werden können, lässt ihren Bildstatus zunehmend »prekär« erscheinen: »ihre Bearbeitung ist zugleich ihre Interpretation und umgekehrt« (Grube, 2006, S. 12).

Mir erscheint das Problem jedoch grundsätzlicher: Greift Wissenschaftskommunikation (nur) auf Dialogmodelle, schulische Didaktik, Erwachsenenpädagogik, psychologische Lernforschung oder Mediendidaktik zurück, nimmt sie eine Abkürzung vorbei am spezifisch Wissenschaftlichen ihrer Gegenstände. Aus mediendidaktischer Sicht wäre ohnehin geboten, den kulturell ausgehandelten interpretativen Rahmen zu berücksichtigen, der die Nutzung visueller Medien strukturiert (vgl. Pallesche, 2021). Dies gilt umso mehr, wenn dieser Rahmen durch implizite Praktiken einer Fachwissenschaft aufgespannt wird und in anderen Verwendungskontexten deshalb verschlüsselt bleibt. Dann können auch fragwürdige Visualisierungen den Eindruck von Eindeutigkeit und Verlässlichkeit erwecken (vgl. Bresciani & Eppler, 2009), was sich wissenschaftsdidaktisch beobachten, beheben oder als Frage zurück

an die Fachwissenschaft richten lässt. Werden Verfahren der Künstlichen Intelligenz genutzt, sind Bildbearbeitung und damit auch wissenschaftliches Fehlverhalten umso schwerer zu bemerken (Gu et al., 2023). Vor allem aber imitieren sie Produkte bisheriger Bildpraxis, ohne dass Nutzer:innen entsprechende Gestaltungsentscheidungen selbst treffen oder auch nur wahrnehmen müssten. Bleibt diese »black box« (Ornes, 2023) verschlossen, geht reflexives Potential verloren.

4.2 Wissenschaftsdidaktische Erkundung über Verwendungskontexte hinweg

Unabhängig davon, ob wissenschaftsdidaktische Erkundung durch disziplinär enkulturierte *Scholars of Teaching* allein betrieben oder von didaktisch Geschulten »moderierend und unterstützend« begleitet wird (Reinmann & Vohle, 2023, S. 260), kann sie an einer Vielzahl kommunikativer Artefakte ansetzen, die je nach Verwendungskontext ganz unterschiedliche Differenzenerfahrungen eröffnen (siehe Abbildung 4A). Ohne Anspruch auf Vollständigkeit möchte ich drei Arten visueller Artefakte herausgreifen, die auf unterschiedliche Weise mit disziplinären Praktiken in Verbindung stehen und wissenschaftsdidaktisch neugierig machen könnten:

Anpassung fachinterner Bilder: Bildartefakte können einer disziplinären Praxis unmittelbar entlehnt sein (sie also authentisch inszenieren), vor der Verwendung in einem anderen Kontext wie externer Wissenschaftskommunikation aber wesentlich angepasst werden. Solche Anpassungen mögen sie von der Fachpraxis zunächst entfremden (vgl. Abbildung 4B), können aber auch mit einer teilweisen Entschlüsselung impliziter Praktiken einhergehen und so zu einer angemessenen Interpretation durch nicht hinreichend Enkulturierte beitragen. Viele der real zu beobachtenden Anpassungen folgen allerdings keiner solchen wissenschaftsdidaktischen Logik und sind eher geeignet, ohnehin erwartbare Wahrnehmungsdifferenzen noch zu verstärken. Dies kann wissenschaftliche Ergebnisse und Denkweisen verfälschen oder instrumentalisieren, aber auch wichtige Erfahrungswerte der Kommunikationspraxis aufgreifen und so überhaupt erst die Möglichkeit zu wirken eröffnen.

Übernahme fachinterner Bilder: Angesichts der inzwischen so zahlreichen an externer Wissenschaftskommunikation beteiligten Wissenschaftler:innen überrascht es nicht, wenn Bilder unmittelbar aus der fachinternen Kommunikation entlehnt und mit nur geringfügigen Anpassungen in Hochschullehre und Wissenschaftskommunikation weiterverwendet werden (vgl. Abbildung

4C). Damit mag nicht selten die problematische Erwartung verknüpft sein, gerade so sei eine unverfälschte Wirkung wie in der Fachgemeinschaft zu erreichen. Aber auch das Phänomen der »Halo«-Kommunikation geht mit solchen selektiv übernommenen Bildartefakten einher und strebt bewusst eine abweichende Wirkung an.

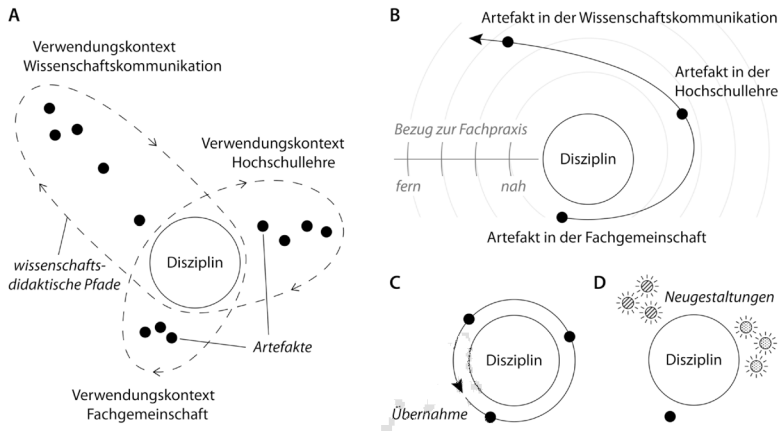


Abb. 4: Disziplinäre Artefakte als Ausgangspunkt wissenschaftsdidaktischer Erkundungen; eigene Darstellung. (A) Die interne und externe Kommunikation einer wissenschaftlichen Disziplin umfasst Artefakte, die wenigstens in mittelbarem Zusammenhang zu fachlichen Praktiken stehen. Differenzen ihrer Wahrnehmung durch unterschiedlich Enkulturierte können Ausgangspunkte wissenschaftsdidaktischer Entschlüsselung sein. (B) Dabei können Artefakte der Fachpraxis zwar entlehnt sein, aber verwendungsabhängigen Anpassungen unterliegen, die sie der Fachpraxis zunehmend entfremden (C) oder nahezu identisch aus der Fachpraxis in andere Verwendungskontexte übernommen werden. (D) Sind Gestaltende disziplinär enkulturiert, können sie Bildartefakte unter Berücksichtigung der Fachpraxis auch gezielt für andere Verwendungskontexte neu gestalten. In all diesen Fällen ist die tatsächliche Wirkung jedoch abhängig von einer Entschlüsselung des jeweiligen interpretativen Rahmens (nicht dargestellt) und daher wissenschaftsdidaktisch zu hinterfragen.

Neugestaltung fachkonformer Bilder: Gerade, weil disziplinäre Grundannahmen in der Fachgemeinschaft implizit vorausgesetzt werden, werden sie möglicherweise gar nicht anhand bestehender fachinterner Bildartefakte sichtbar. Sollen sie in anderen Verwendungskontexten wie der Hochschullehre oder der externen Wissenschaftskommunikation zugänglich gemacht werden, können disziplinär Enkulturierte jedoch gänzlich neue Artefakte gestalten, die sich zwar nicht an konkreten Vor-Bildern der fachinternen Kommunikation orientieren, aber doch auf tatsächliche implizite Praktiken verweisen (vgl. Abbildung 4D) und einige ihrer Grundannahmen deutlich machen. Dies ist allerdings von der Vielzahl für die Außenkommunikation neu geschaffener Bildartefakte zu unterscheiden, die weder einer Fachgemeinschaft entstammen noch deren Denk- und Arbeitsweisen zugänglich machen.

Welche Differenzerfahrungen die Begegnung mit einem Bildartefakt ermöglicht, und ob diese wissenschaftsdidaktisch genutzt werden können, hängt also nicht nur von seinem aktuellen Verwendungskontext ab (Fachgemeinschaft, Hochschullehre, Außenkommunikation), sondern auch von seiner konkreten Gestaltungsgeschichte. Irritationen und Missverständnisse lassen sich durch die Rekonstruktion wesentlicher Gestaltungsentscheidungen auflösen, und diese Rekonstruktion kann im Rahmen der Außenkommunikation sicher unvollständiger bleiben als in der Hochschullehre. In beiden Fällen müssen sich jedoch entsprechend Enkulturierte an ihr beteiligen. Wie für die Hochschuldidaktik vorgeschlagen (Reinmann & Vohle, 2023) könnte dies in Laborstrukturen gelingen. In diesen ließen sich Bilder auch inkrementell umgestalten und mit Alternativen vergleichen. Neben Fachwissenschaftler:innen und den Empfänger:innen externer Wissenschaftskommunikation könnten weitere Personen aus Hochschulpressestellen, Wissenschaftsjournalismus und Kunst eingebunden werden – auch, um kreative Impulse zur Gestaltung und Nutzung von Bildern aufzugreifen.

4.3 Wissenschaftskritische Impulse zum Umgang mit Ungewissheit

Angeichts der unterschiedlichen Interessen und Ressourcen all dieser Personengruppen scheint eine produktive Zusammenarbeit in Kommunikationslaboren womöglich allzu ambitioniert. Hier mag ein gezielter Zuschnitt auf solche Praktiken helfen, deren Bedeutung inner- und außerfachlich naheliegt. Dies scheint mir bei der Auseinandersetzung mit Ungewissheit gegeben zu sein. Denn zum öffentlichen Umgang mit Wissenschaft gehört auch jener mit

Nichtwissen, der in der externen Wissenschaftskommunikation aber meist zu kurz kommt (vgl. Nordmann, 2012). Epistemische, technische und diskursive Ungewissheiten sind für die Wissenschaften wesentlich und für Fachgemeinschaften (meist) selbstverständlich, werden aber nur unzureichend kommuniziert (Campbell, 2011; Gustafson & Rice, 2019; Gustafson & Rice, 2020). Wird Wissenschaft mittels Datenvisualisierungen kommuniziert, gilt es daher, die dahinter stehende Reduktion, das Vorläufige und Mehrdeutige deutlich zu machen (vgl. Böttinger et al., 2020). Geschieht dies nicht, werden falsche Erwartungen an die Planbarkeit, Eindeutigkeit und Abgeschlossenheit von Wissenschaft geweckt.

Doch lässt sich dieser Blick auch umkehren und eine in der externen Wissenschaftskommunikation beobachtete Wahrnehmungsdifferenz zum Anlass nehmen, die bereits fachintern erfolgende reduktionistische Transformation von Wissenschaft in Bilder zu hinterfragen. Zu klären ist also, ob in der Wissenschaftskommunikation beobachtete Fehlwirkungen nur auf die fehlende Kenntnis disziplinärer Sinnstrukturen oder doch bereits auf fachinterne Widersprüche verweisen: Konfligieren die tatsächliche Gestaltungspraxis wissenschaftlicher Bilder und ihre Begründungen, ist diese Praxis womöglich auch nicht (mehr) geeignet, die ihr fachintern zugewiesenen Kommunikationszwecke zu erfüllen.

Diese der Wissenschaftsdidaktik immanente Gegenbewegung hin zu einer »Wissenschaftsanalyse und Wissenschaftskritik« ist schon früh herausgearbeitet worden (Klüver, 1979, S. 82; zitiert nach Siegfried-Laferi, 2022, S. 127) und kann der gesellschaftlichen Wirkung von Wissenschaft ebenso gelten wie den Grundlagen und Methoden der Wissenschaft selbst. Soll diese Kritik wirken, hilft es, sie spezifisch auf disziplinäre Praktiken zu beziehen (vgl. Jenert & Scharlau, 2022a, S. 166ff.). Die hier beschriebene doppelte Fokussierung – einerseits auf Bildgestaltung, die detailliert nachvollzogen werden kann, und andererseits auf den darin verschlüsselten Umgang mit Unsicherheit – erscheint mir deshalb als besonders reizvolle Möglichkeit, den wissenschaftsdidaktischen Kreis zu schließen.

5 Ausblick

Diesen Kreis zu schließen, erscheint umso wichtiger, als die öffentliche Legitimierung wissenschaftlicher Forschung und das aus ihr erwachsende Vertrauen auf der grundsätzlichen Befähigung ruhen, wechselseitige Kritik zu artiku-

lieren. Doch diese fehlt allzu oft. Daher bedarf es einer stärker epistemologisch orientierten Wissenschaftskommunikation.

Hierfür ermöglicht die im vorliegenden Beitrag angeregte wissenschaftsdidaktische Betrachtung von Bildwirkungen in der Wissenschaftskommunikation, disziplinäres Systemwissen zu identifizieren, das mitkommuniziert werden sollte. Dabei ist die Beobachtung von Differenzerfahrungen in der Wissenschaftskommunikation komplementär zu jener in der Hochschullehre, kann unter Beteiligung derselben Fachwissenschaftler:innen erfolgen und sich an hochschuldidaktischen Laborstrukturen orientieren. Designpraktisch bleibt aber zu klären, wie die verschiedenen Personengruppen ko-produzierend eingebunden werden können. Insbesondere müssen Gelingensbedingungen der wechselseitigen Verständigung und der Selbstreflexion identifiziert, wo nötig in Qualifizierungsangebote übersetzt und entsprechende Forschungsbedarfe benannt werden.

Vielversprechend scheint mir jedenfalls, dass Bildartefakte wesentlicher Teil des fachinternen Austauschs mancher Disziplinen sind, denen nachgesagt wird, einer epistemologisch-kritischen Reflexion des eigenen Alltags eher skeptisch gegenüberzustehen. So lädt gerade die Betrachtung wissenschaftlicher Bilder dazu ein, bislang Unbeteiligte einzubinden und ihre kreativen Impulse aufzunehmen.

Literatur

- Alexander, K.R. & Shansky, M.S. (1976). Influence of hue, value, and chroma on the perceived heaviness of colors. *Perception & Psychophysics*, 19, 72–74. <https://doi.org/10.3758/BF03199388>
- Allred, S.C., Schreiner, W.J. & Smithies, O. (2014). Still too many red–green figures. *Nature*, 510, 340. <https://doi.org/10.1038/510340e>
- Archut, A., Born, G., Casutt, G., Dehmelt, F.A., Depenbusch, A., Duscher, T., Greußing, E., Hans, D., Hoffmann, E., Hübl, G., Kleidt, C., Knuth-Herzig, K., Koch, C., Lugger, B., Müller, S., Morgner, S., Ries, R., Schrögel, P., Stumpf, K., ... & Ziegler, R. (2022). *Siggener Impulse 2021: Bilder in der Wissenschaftskommunikation*. Bundesverband Hochschulkommunikation. Abgerufen unter https://www.bundesverband-hochschulkommunikation.de/fileadmin/user_upload/projekte/siggener-kreis/Siggener-Impuls-Bilder_2021_Final_0215.pdf

- Bauernschmidt, S. (2018). Öffentliche Wissenschaft, Wissenschaftskommunikation & Co. In S. Selke & A. Treibel (Hrsg.), *Öffentliche Gesellschaftswissenschaften. Öffentliche Wissenschaft und gesellschaftlicher Wandel* (S. 21–42). Wiesbaden: Springer VS. https://doi.org/10.1007/978-3-658-16710-3_2
- Bontems, V.K. (2011). How to accommodate to the invisible? The ›halo‹ of ›nano‹. *Nanoethics*, 5(2), 175–183. <https://doi.org/10.1007/s11569-011-0121-3>
- Borland, D. & Taylor II, R.M. (2007). Rainbow color map (still) considered harmful. *IEEE Computer Graphics and Applications*, 27(2), 14–17. <https://doi.org/10.1109/MCG.2007.323435>
- Böttinger, M., Kostis, H.N., Velez-Rojas, M., Rheingans, P. & Ynnerman, A. (2020). Reflections on visualization for broad audiences. In M. Chen, H. Hauser, P. Rheingans & G. Scheuermann (Eds.), *Foundations of Data Visualization*. Cham: Springer (pp. 297–305). https://doi.org/10.1007/978-3-030-34444-3_16
- Bresciani, S. & Eppler, M.J. (2015). The pitfalls of visual representations: a review and classification of common errors made while designing and interpreting visualizations. *SAGE Open*, 5(4). <https://doi.org/10.1177/2158244015611451>
- Bugden, E. (2019, 3. Dez.), *Do you really understand the influential warming stripes?* Voilà. Abgerufen am 23. März 2023 unter <https://chezvoila.com/blog/warmingstripes/>
- Campbell, P. (2011). Understanding the receivers and the reception of science’s uncertain messages. *Philosophical Transactions of the Royal Society A*, 369, 4891–4912. <http://doi.org/10.1098/rsta.2011.0068>
- Châtelain, H. (1718). Chaîne de l’histoire sacrée / Chaîne de l’histoire profane. In H. Châtelain & N. Guedeville, *Atlas Historique*, Band I, Nr. 3. Amsterdam: L’Honoré & Châtelain. Bereitgestellt von der David Rumsey Map Collection, David Rumsey Map Center, Stanford Libraries. urn:davidrumsey:list-no:13272.023. Abgerufen am 26. Oktober 2023 unter https://archive.org/details/dr_chaine-de-lhistoire-sacree--chain-de-lhistoire-prophane-n3-to-accomp-13272023
- Chen, M., Hauser, H., Rheingans, P. & Scheuermann, G. (2020). *Foundations of Data Visualization*. Cham: Springer. <https://doi.org/10.1007/978-3-030-34444-3>
- Coleman, T. (2019). Causality in the time of cholera: John Snow as a prototype for causal inference. *Social Science Research Network*, 3262234. <https://doi.org/10.2139/ssrn.3262234>

- Crameri, F., Shephard, G.E., Heron, P.J. (2020). The misuse of colour in science communication. *Nature Communications*, 11, 5444. <https://doi.org/10.1038/s41467-020-19160-7>
- Desnoyers, L. (2011). Toward a taxonomy of visuals in science communication. *Technical Communication*, 58(2), 119–134. <https://www.jstor.org/stable/26464332>
- Fandrych, C. (2018). Wissenschaftskommunikation. In A. Deppermann & S. Reineke (Hrsg.), *Sprache im kommunikativen, interaktiven und kulturellen Kontext* (S. 148–168). Berlin/Boston: De Gruyter. <https://www.jstor.org/stable/j.ctvbkjxbp.10>
- Fleck, L. (1980). *Die Entstehung einer wissenschaftlichen Tatsache. Einführung in die Lehre vom Denkstil und Denkkollektiv*. Frankfurt a.M.: Suhrkamp.
- Franck, G. (1998). *Ökonomie der Aufmerksamkeit. Ein Entwurf*. München: Hanser.
- Gantenberg, J. (2016, 5.-7. Dez.). *Keine Kommunikation für die Tonne*, 9. Forum Wissenschaftskommunikation, Bielefeld.
- Gretsch, P. & Holzäpfel, L. (2016). *Lernen mit Visualisierungen: Erkenntnisse aus der Forschung und deren Implikationen für die Fachdidaktik*. Münster: Waxmann.
- Griem, J. (2022). Wissenschaftskommunikation als Kontaktzone und Kontakt-szene. *Zeitschrift für Literaturwissenschaft und Linguistik*, 52, 423–441. <https://doi.org/10.1007/s41244-022-00259-x>
- Grube, G. (2006). Digitale Abbildungen – ihr prekärer Zeichenstatus. In M. Heßler (Hrsg.), *Konstruierte Sichtbarkeiten: Wissenschafts- und Technikbilder seit der Frühen Neuzeit* (S. 179–196). München: Fink.
- Gu, J., Wang, X., Li, C., Zhao, J., Fu, W., Liang, G. & Qiu, J. (2022). AI-enabled image fraud in scientific publications. *Patterns*, 3(7), 100511. <https://doi.org/10.1016/j.patter.2022.100511>
- Gustafson, A. & Rice, R.E. (2019). The effects of uncertainty frames in three science communication topics. *Science Communication*, 41(6), 679–706. <https://doi.org/10.1177/1075547019870811>
- Gustafson, A. & Rice, R.E. (2020). A review of the effects of uncertainty in public science communication. *Public Understanding of Science*, 29(6), 614–633. <https://doi.org/10.1177/0963662520942122>
- Hawkins, E. (2015). Scrap rainbow colour scales. *Nature* 519, 291. <https://doi.org/10.1038/519291d>
- Hawkins, E. (2018, 4. Dez.). *visualisation update / Warming stripes for 1850–2018 using the WMO annual global temperature dataset*. Climate Lab Book. Abgerufen am 10. April 2024 unter <https://web.archive.org/web/20231209023655/https://www.climate-lab-book.ac.uk/2018/2018-visualisation-update/>

- Hawkins, E. [ed_hawkins] (2019, 24. Sep.). *Thanks! Had made the colour scale so long ago I had forgotten I had removed the really pale colours from the 9 reds/blues option*. Abgerufen am 24. März 2023 unter https://twitter.com/ed_hawkins/status/1176439780701327360
- Heintz, B. & Huber, J. (2001). Der verführerische Blick. Formen und Folgen wissenschaftlicher Visualisierungsstrategien. In B. Heintz & J. Huber (Hrsg.), *Mit dem Auge denken. Strategien der Sichtbarmachung in wissenschaftlichen und virtuellen Welten* (S. 9–40). Zürich: Edition Voldemeer.
- Heißmann, N. (2012) »...und schreiben Sie uns einen schönen Artikel!« Zum Verhältnis der Wissenschaftsjournalisten zu Wissenschaftskommunikatoren. In B. Dernbach, K. Christian & H. Münder (Hrsg.), *Handbuch Wissenschaftskommunikation*. Wiesbaden: Springer VS. https://doi.org/10.1007/978-3-531-18927-7_30
- Hempel, A. (2023). Grundlagenbeitrag: Nutzungsdatenanalyse digitaler Medien als Instrument der evaluativen Wissenschaftskommunikationsforschung. In P. Niemann, V. van den Bogaert & R. Ziegler (Hrsg.), *Evaluationmethoden der Wissenschaftskommunikation*. Wiesbaden: Springer VS. https://doi.org/10.1007/978-3-658-39582-7_10
- Huber, L. (1983). Hochschuldidaktik als Theorie der Bildung und Ausbildung. In L. Huber (Hrsg.), *Enzyklopädie Erziehungswissenschaft, Band 10, Ausbildung und Sozialisation in der Hochschule* (S. 114–138). Stuttgart: Klett-Cotta.
- Hüppauf, B. & Weingart, P. (2009). Wissenschaftsbilder – Bilder der Wissenschaft. In B. Hüppauf & P. Weingart (Hrsg.), *Frosch und Frankenstein. Bilder als Medium der Popularisierung von Wissenschaft* (S. 11–44). Bielefeld: transcript. <https://doi.org/10.1515/9783839408926-001>
- Irfan, U. (2019, 30. Mai) *Why this climate change data is on flip-flops, leggings, and cars*. Vox Media. Abgerufen am 24. März 2023 unter <https://www.vox.com/2019/3/4/18246245/climate-change-warming-stripes>
- Isberner, M.-B., Richter, T., Maier, J., Knuth-Herzig, K., Horz, H. & Schnotz, W. (2013). Comprehending conflicting science-related texts: Graphs as plausibility cues. *Instructional Science*, 41(5), 849–872. <https://doi.org/10.1007/s11251-012-9261-2>
- Jenert, T. & Scharlau, I. (2022a). Wissenschaftsdidaktik als Verständigung über wissenschaftliches Handeln – eine Auslegeordnung. In G. Reinmann & R. Rhein (Hrsg.), *Wissenschaftsdidaktik I. Einführung* (S. 155–179). Bielefeld: transcript. <https://doi.org/10.14361/9783839460979-008>

- Jenert, T. & Scharlau, I. (2022b). Wissenschaftskommunikation als Verständigung: Chance für die Hochschulentwicklung?! *Zeitschrift für Hochschulentwicklung*, 17(2), 263–280. <https://doi.org/10.3217/zfhe-17-02/14>
- Kahn, B. (2018, 25. Mai). *This Climate Visualization Belongs in a Damn Museum*. Gizmodo. Abgerufen am 25. März 2023 unter <https://gizmodo.com/this-climate-visualization-belongs-in-a-damn-museum-1826307536>
- Kiprijanov, K. S. (2021). Wissenschaftskommunikation. In T. Schmohl & T. Philipp (Hrsg.) *Handbuch Transdisziplinäre Didaktik* (S. 383–394). Bielefeld: transcript. <https://doi.org/10.1515/9783839455654-035>
- Klüver, J. (1979). Wissenschaftsdidaktik als Wissenschaftskritik am Beispiel der Naturwissenschaften. *Blickpunkt Hochschuldidaktik* 53. Hamburg: Arbeitsgemeinschaft für Hochschuldidaktik e.V.
- Kulesza, J.A., Spencer, J.B. & Sood, A. (2017). *White Paper LA-UR-17-24665: Standardization of Color Palettes for Scientific Visualization*. Los Alamos National Laboratory, Los Alamos, New Mexico, USA. Abgerufen unter https://sites.nationalacademies.org/cs/groups/dbassesite/documents/webpage/dbasse_179889.pdf
- Mersch, D. (2009). Wissen in Bildern. Zur visuellen Epistemik in Naturwissenschaft und Mathematik. In B. Hüppauf & P. Weingart (Hrsg.), *Frosch und Frankenstein. Bilder als Medium der Popularisierung von Wissenschaft* (S. 107–134). Bielefeld: transcript.
- Metag, J. (2017). Rezeption und Wirkung öffentlicher Wissenschaftskommunikation. In H. Bonfadelli, B. Fährnich, C. Luthje, J. Milde, M. Rhomberg & M. Schäfer (Hrsg.), *Forschungsfeld Wissenschaftskommunikation* (S. 251–274). Wiesbaden: Springer VS. https://doi.org/10.1007/978-3-658-12898-2_20
- Metag, J. (2019). Visuelle Wissenschaftskommunikation. In K. Lobinger (Hrsg.), *Handbuch Visuelle Kommunikationsforschung* (S. 291–312). Wiesbaden: Springer VS. https://doi.org/10.1007/978-3-658-06508-9_35
- National Centre for Atmospheric Science [NCAS] (2019, 18. Sep.). *Ed Hawkins' warming stripes add colour to climate communication*. Abgerufen am 25. März 2023 unter <https://ncas.ac.uk/ed-hawkins-warming-stripes-add-colour-to-climate-communication/>
- Nordmann, A. (2012). Defizite im Überschuss. Zur Notwendigkeit verstärkter Nichtwissenskommunikation. In B. Dernbach, C. Kleinert & H. Mündler (Hrsg.), *Handbuch Wissenschaftskommunikation* (S. 37–46). Wiesbaden: Springer VS. https://doi.org/10.1007/978-3-531-18927-7_5
- Nothe, M. [maxnoethe] (2019, 24. Sep.). *I finally managed to **exactly** reproduce this*. Script here: github.com/s4f-dortmund.de/m... The colors are the

- 8 more saturated colors if you select 9 blues/reds from colorbrewer2.org. Abgerufen am 24. März 2023 unter <https://twitter.com/maxnoethe/status/1176398931208671232>
- Ornes, S. (2023). Peering inside the black box of AI. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*, 120(22), e2307432120. <https://doi.org/10.1073/pnas.2307432120>
- Pallesche, M. (2021). Mediendidaktische Konzepte und die Kultur der Digitalität. In U. Hauck-Thum & J. Noller (Hrsg.), *Was ist Digitalität? Philosophische und pädagogische Perspektiven* (Digitalitätsforschung / Digitality Research DDR). Berlin: Metzler. https://doi.org/10.1007/978-3-662-62989-5_7
- Parkes, E.A. (1855). Mode of communication of cholera. By John Snow, MD. Second Edition. *British & Foreign Medico-Chirurgical Review*, 15, 449–456. Nachdruck (2013) im *International Journal of Epidemiology*, 42(6), December 2013, 1543–1552. <https://doi.org/10.1093/ije/dyt193>
- Pfenning, U. (2012). Zur Evaluation von Modellprojekten zur Wissenschaftskommunikation. In B. Dernbach, C. Kleinert & H. Münster (Hrsg.), *Handbuch Wissenschaftskommunikation* (S. 341–352). Wiesbaden: Springer VS. <https://doi.org/10.1007/978-3-531-18927-7s>
- Phillips, T., Porticella, N., Constas, M. & Bonney, R. (2018). A framework for articulating and measuring individual learning outcomes from participation in citizen science. *Citizen Science: Theory and Practice* 3(2), 1–19. <https://doi.org/10.5334/cstp.126>
- Reinmann, G. & Vohle, F. (2023). Wie Wissenschaftsdidaktik die Hochschuldidaktik verändern könnte. Entwurf einer erweiterten Architektur. In G. Reinmann & R. Rhein (Hrsg.), *Wissenschaftsdidaktik III. Perspektiven* (S. 253–275). Bielefeld: transcript. <https://doi.org/10.14361/9783839462966-013>
- Rhein, R. (2022). *Theorieperspektiven zur Grundlegung von Wissenschaftsdidaktik*. In G. Reinmann & R. Rhein (Hrsg.), *Wissenschaftsdidaktik I. Einführung*. Bielefeld: transcript. <https://doi.org/10.14361/9783839460979-002>
- Rhein, R. & Reinmann, G. (2022). Einleitung. In G. Reinmann & R. Rhein (Hrsg.), *Wissenschaftsdidaktik I. Einführung* (S. 9–20). Bielefeld: transcript. <https://doi.org/10.14361/9783839460979-001>
- Rieger-Ladich, M. (2022). Die akademische Streitkultur weiterentwickeln. Über ein männliches Phantasma und feministische Alternativen. In G. Reinmann & R. Rhein (Hrsg.), *Wissenschaftsdidaktik III. Perspektiven* (S. 203–224). Bielefeld: transcript. <https://doi.org/10.14361/9783839462966-01>

- Robbins, R.A. & Klotz, S.A. (2013). Profiles in medical courage: John Snow and the courage of conviction. *Southwest Journal on Pulmonary and Critical Care* 7(2), 87–99. <https://doi.org/10.13175/swjpc063-13>
- Schein, E.H. (1996). Culture: the missing concept in organization studies. *Administrative Science Quarterly*, 41(2), 229–240. <https://doi.org/10.2307/2393715>
- Schmid, S. (2019, 4. Aug.). Die schönste Klimagrafik der Welt. *Republik.ch*. Abgerufen am 28. März 2023 unter <https://www.republik.ch/2019/04/08/die-schoenste-klimagrafik-der-welt>
- Schrögel, P., Humm, C., Leßmöllmann, A., Kremer, B., Adler, J. & Weißkopf, M. (2018). *Nicht erreichte Zielgruppen in der Wissenschaftskommunikation: Literatur-Review zu Exklusionsfaktoren und Analyse von Fallbeispielen*. Wissenschaft im Dialog gGmbH, Karlsruher Institut für Technologie (KIT) Institut für Technikzukunft (ITZ) Teilinstitut Wissenschaftskommunikation. <https://doi.org/10.5445/IR/1000094529>
- Siegfried-Laferi, M. (2022). Hochschuldidaktik als Wissenschaftskritik. Grundüberzeugungen wissenschaftsdidaktischer Beiträge um 1970. In G. Reinmann & R. Rhein (Hrsg.), *Wissenschaftsdidaktik I. Einführung*. Bielefeld: transcript. <https://doi.org/10.14361/9783839460979-006>
- Smith, L.D., Best, L.A., Stubbs, D.A., Archibald, A.B. & Roberson-Nay, R. (2002). Constructing knowledge. The role of graphs and tables in hard and soft psychology. *American Psychologist*, 57(10), 749–761. <https://doi.org/10.1037/0003-066X.57.10.749>
- Snow, J. (1855). *On the mode of communication of cholera* (2nd ed.). London: John Churchill. URN urn:oclc:record:1040667175. Abgerufen unter <https://archive.org/details/b28985266s>. Hochauflösende Abbildung bereitgestellt vom Institute of Epidemiology, UCLA School of Health. Abgerufen am 25. Oktober 2023 unter <https://www.ph.ucla.edu/epi/snow/highressnowmap.html>
- Sowka, A. (2016). *Wissenschaftskommunikation zwischen Sozialforschung und Praxis*. Wiesbaden: Springer VS. <https://doi.org/10.1007/978-3-658-11354-4>
- Stimm, M. (2020). Relevanz einer erwachsenenpädagogischen Perspektive für die Wissenschaftskommunikation. In P. Niemann, V. van den Bogaert & R. Ziegler (Hrsg.), *Evaluationsmethoden der Wissenschaftskommunikation* (S. 181–198). Wiesbaden: Springer VS. https://doi.org/10.1007/978-3-658-28861-7_10

- Taddicken, M. & Reif, A. (2020). Between evidence and emotions: Emotional appeals in science communication. *Media and Communications*, 8(1), 101–106. <https://doi.org/10.17645/mac.v8i1.2934>
- Tufte, E. (2007). *The visual display of quantitative information* (2. Aufl.). Cheshire, Connecticut: Graphics Press.
- von Campenhausen, J. (2014). *Wissenschaft vermitteln. Eine Anleitung für Wissenschaftler*. Wiesbaden: Springer VS. https://doi.org/10.1007/978-3-531-19361-8_1
- von Hentig, H. (1970). Wissenschaftsdidaktik. In H. von Hentig, L. Huber & P. Müller (Hrsg.), *Wissenschaftsdidaktik* (S. 13–40). Göttingen: Vandenhoeck & Ruprecht.
- Warden, A.C., Witt, J.K. & Szafir, D.A. (2022). Visualizing temperature trends: Higher sensitivity to trend direction with single-hue palettes. *Journal of Experimental Psychology: Applied*, 28(4), 717–745. <https://doi.org/10.1037/xap0000411>
- Weber, W. (2019). Multidisziplinäre Forschungsperspektiven auf Infografiken und Datenvisualisierungen. In: K. Lobinger (Hrsg.), *Handbuch Visuelle Kommunikationsforschung* (S. 335–359). Wiesbaden: Springer VS. https://doi.org/10.1007/978-3-658-06508-9_38
- Whitley, R. (1985). Knowledge producers and knowledge acquirers. Popularisation as a relation between scientific fields and their publics. In T. Shinn & R. Whitley (Eds.), *Expository science: forms and functions of popularisation* (pp. 3–28). Dordrecht: D. Reidel Publishing Company.
- Wicke, N. (2021). Citizen Science – eine »erfolgreiche« Entwicklung in der Wissenschaftskommunikation? In J. Milde, I. Vogel & M. Dern (Hrsg.), *Intention und Rezeption von Wissenschaftskommunikation* (S. 177–206). Köln: Herbert von Halem.
- Ziegler, R. & Fischer, L. (2020). *Ziele von Wissenschaftskommunikation – Eine Analyse der strategischen Ziele relevanter Akteure für die institutionelle Wissenschaftskommunikation in Deutschland, 2014–2020*. Wissenschaft im Dialog, Berlin. Abgerufen am 28. März 2023 unter https://www.wissenschaft-im-dialog.de/fileadmin/user_upload/Projekte/Impact_Unit/Dokumente/210701_Ergebnisbericht_Strategische_Ziele_der_Wissenschaftskommunikation.pdf
- Ziegler, R., Kremer, B. & Weißkopf, M. (2018). *Medizin und neue Technologien, Analysen und Erkenntnisse, Intelligenz und Ausdauer – Welche Vorstellung hat die Bevölkerung von Wissenschaft und Forschenden? Ergebnisse der offenen Fragestellungen im Wissenschaftsbarometer 2017*. Wissenschaft im Dialog gGmbH,

Berlin. Abgerufen am 30. März 2023 unter https://www.wissenschaft-im-dialog.de/fileadmin/user_upload/Projekte/Wissenschaftsbarometer/Dokumente_17/WiD-Wissenschaftsbarometer_Hintergrundpapier_Vorstellung_Wissenschaft_Forschende.pdf