

Das gefrorene Gedächtnis

Temperatur und Erinnerung in Biobanken

Veit Braun

Beitrag zur Ad-Hoc-Gruppe »Zwischen heiß und kalt. Perspektiven einer Soziologie des Thermischen«

Biobanken sind in den letzten Jahrzehnten zu zentralen Einrichtungen der Medizin und der Biologie geworden. In allen Feldern der Lebenswissenschaften wird eine immer größere Zahl an Proben, Zelllinien und Forschungsobjekten in gekühlten Sammlungen aufbewahrt; von Blut (Radin 2017) über Saatgut (Peres 2016; 2019) bis hin zu Eizellen (Bach und Kroløkke 2020). Die Motivationen dafür sind ebenso vielseitig wie das eingelagerte Material. Zugänglichmachung für Dritte, Dokumentation und Konservierung für die Zukunft sind nur einige der Beweggründe für den Trend zum Biobanking. Den Sozialwissenschaften ist diese Entwicklung freilich nicht entgangen: In der jüngeren Vergangenheit hat sich eine Vielzahl an Publikationen mit dem Phänomen Biobank auseinandergesetzt (Radin und Kowal 2017; Karafyllis 2018). Im Zentrum dieser Auseinandersetzung steht dabei zumeist die Frage nach den Wertlogiken und -praktiken in Biobanken sowie ihrer Rolle im weiteren Kontext eines wissenschaftlichen Feldes oder eines Wirtschaftssektors (Swanson 2014; Beltrame und Hauskeller 2019; Liburkina 2023). Selten sind Biobanken dagegen als thermische Räume in den Blick genommen worden, was vor allem deshalb überraschend ist, weil die Reihen an Gefrierschränken und Flüssigstickstofftanks vor Ort unübersehbar sind.¹

In diesem Beitrag möchte ich deshalb die thermische Logik von Biobanken, der darin aufbewahrten „Kryo-Objekte“² und der von ihnen verwendeten Kältetechnik in den Vordergrund stellen und danach fragen, welche Implikationen sie für verschiedene Metaphern von Biobanken – als Bank, als Versicherung, als Datenbank und als Archiv – hat (siehe Tabelle 1). Diese vier Paradigmen stehen in der Literatur weitgehend unverbunden, zumindest aber in jeweiliger Abgrenzung nebeneinander und betonen jeweils unterschiedliche Zeitlichkeiten und Werte, die in den eingelagerten Objekten verortet werden. Das erstgenannte Paradigma etwa hängt sich an der Metapher der „Bank“ auf. Es versteht sie aber nicht etwa im Sinne eines Sparkontos oder eines Schließfaches, sondern generalisiert das Bild der Bank, indem es Parallelen zu weiteren Finanzdienstleistungen und -produkten im Rahmen eines Biokapitalismus (Barla et al. 2022) zieht. Swanson (2014) etwa stellt Gewebe- und Zellbanken in den Kontext der

¹ Professionelle Biobanken lagern Material v.a. auf zwei Arten: in ursprünglich für die Pharmaindustrie und Labormedizin entwickelten Tiefkühlschränken, die mit Propan und Ethan bei -80 °C betrieben werden, und zylindrischen Tanks, die mit Flüssigstickstoff als Kühlmittel eine Temperatur von -196 °C erreichen.

² In Anlehnung an Vermeulens, Tamminens und Websters (2012) „Bio-Objekte“. „Objekt“ ist an dieser Stelle ein pragmatischer Begriff, der die Ambiguität von Blutproben, Embryonen oder Tierzellen ausblendet. Zur Verortung von gefrorenen Proben zwischen bzw. abseits von Person und Objekt siehe u.a. Strathern (1995), Swanson (2014) und Karafyllis (2018).

Kommerzialisierung und Kommodifizierung von Teilen des Körpers; Breithoff und Harrison (2020a, S. 13) sehen in der Sammlung gefrorenen Tiermaterials eine Akkumulation spekulativen Biokapitals. Die Metapher von Biobanken als Versicherung betont ebenfalls den spekulativen, zukunftsgewandten Charakter dieser Einrichtungen. Anders als das Banken-Paradigma richtet sie den Blick aber nicht auf kommende Profite, sondern vor allem auf die Absicherungsfunktion der dort gefrorenen Objekte, die unerwünschte Zukünfte abwenden sollen (Folkers 2019).

Tabelle 1: Paradigmen der Biobank

Paradigma	Kryo-Objekte als
Bank	Biokapital
Versicherung	Rücklagen
Datenbank	digitale Information
Archiv	Dokument

Die Datenbank-Metapher stellt auf die Ent- bzw. Rematerialisierung von organischen Proben als DNA ab (Nadim 2016). Im Zuge der Molekularisierung der Lebenswissenschaften, d.h. des Durchbruchs der Genetik und eines Verständnisses von „Leben als Code“ (Fletcher 2020, S. 29), wurde es v.a. um die Jahrtausendwende immer üblicher, genetische Proben nicht nur physisch, sondern auch als digitale Sequenz zu hinterlegen. Die Grenzen zwischen Bio- und Datenbank verschwimmen auf dieser Ebene, was die Durchdringung der gelagerten Objekte durch eine digitalisierte Biologie suggeriert: Was einmal digital hinterlegt wurde, muss fortan nicht mehr physisch bereitgestellt oder beforscht werden. Im Gegensatz zur Zukünftigkeit der Bank und der Versicherung sowie der Gegenwärtigkeit der Datenbank weist die Metapher des Archivs (Anderson 2015; van Allen 2018) in die Vergangenheit: Hier bewahrt die Biobank die Zeugnisse vergangener Zeiten auf – ausgestorbene Arten, Sammlungsexemplare, Referenzproben. Versteht man gefrorene Sammlungen als Archiv, dann sind die dort gesammelten Objekte Dokumente, die in ihrer Gesamtheit ein gefrorenes Gedächtnis bilden (Bowker 2008).

Temperatur und Materialität

Allen diesen Zugängen gemein ist, dass sie ein bestimmtes Bild von Kryo-Objekten zugrunde legen, um dieses anschließend zu verallgemeinern und in seiner Logik zu radikalieren oder aber zu widerlegen. Selten findet jedoch eine Auseinandersetzung mit Materialität und Temperatur in Biobanken selbst statt. Unterstellt wird dabei jeweils, dass durch die Einfrierung organischen Materials dessen Lebens- und Sterbeprozesse tatsächlich zu einem Stillstand kommen (Bird Rose 2017) und die nunmehr inerten Kryo-Objekte zur bloßen Projektionsfläche für Spekulation, Erinnerung, oder Versicherheitlichung werden. Was dabei verloren geht, ist der konkrete Beitrag dieser Objekte zu diesen verschiedenen Logiken und ihre Einschreibung in technisch-organische Objekte in einer sozialen Umgebung, die sich zwischen mindestens drei verschiedenen Temperaturregimen spannt: Raumtemperatur, -80 °C und

-196 °C.³ Beregow (2021, S. 10 f.) beschreibt diese analytische Entrückung als eine doppelte: Temperatur wird einerseits als rein physikalisch und vorsozial (und damit der sozialwissenschaftlichen Betrachtung entzogen), andererseits als Metapher (etwa für die „gefrorene“ Zeit der Lebensprozesse) verstanden. Was dadurch übersehen wird, ist der tatsächliche Beitrag von Temperatur zu Schlüsseldetails sozialer Ordnungen ebenso wie die soziale Produktion von Temperatur.

An dieser Stelle möchte ich deshalb beispielhaft erläutern, wie Temperatur und die Konservierung von Gedächtnis in Biobanken zusammenwirken. Tatsächlich ist diese Interaktion alles andere als trivial, denn Kälte trägt nicht einfach nur zur Erhaltung der Vergangenheit bei, sondern macht diese auch in vielerlei Hinsicht unzugänglich. Nicht alle Elemente von Kryo-Objekten und den von ihnen verkörperten Erinnerungen und Informationen lassen sich in die Tiefkühlung überführen. Sie müssen daher unter einem anderen Temperaturregime verwaltet und aufbewahrt werden, das nach einer anderen Logik funktioniert, gleichwohl aber bei Bedarf eine Wiedervereinigung mit den gefrorenen Elementen eines Kryo-Objektes zulässt. Dies will ich anhand der Lagerung von tierischen Proben in einer britischen Biobank, die ich beforscht habe, hier kurz illustrieren.⁴

Das gespaltene Objekt: Gefrorene Proben und ihr Doppelleben

CryoArks ist eine 2018 ins Leben gerufene Initiative, die eine landesweite Biobanking-Infrastruktur für Großbritannien schaffen soll. Unter Förderung durch den Forschungsrat für Biotechnologie und Biowissenschaften (BBSRC) sollen sowohl bestehende Sammlungen von tierischen Forschungsproben inventarisiert als auch Kapazitäten für die Gefrierlagerung neuen Materials geschaffen werden (Breithoff und Harrison 2020b). Das Projekt verfügt über zwei Biobanken mit Gefrierschränken und Stickstofftanks an den Naturkundemuseen in London und Edinburgh, sieht aber auch die dezentrale Lagerung von Sammlungen vor Ort an Universitäten, Zoos, Museen und anderen Einrichtung vor, wobei in letzterem Fall nur die inventarisierten Daten zentral gespeichert werden. Damit weist CryoArks sowohl Elemente einer Datenbank als auch eines biologischen Archivs auf.

Die Lagerung von Proben erfolgt im ersten Fall in einem standardisierten System, das auf einem Box-in-Box-Prinzip fußt. Material muss zunächst in kleine Röhrchen aus temperaturbeständigem Spezialplastik, sogenannte Cryo-Vials, überführt werden, die wiederum im Boden einer perforierten Plastik-Kassette Platz finden. Diese Kassetten wiederum lassen sich in „Cryo-Towern“ stapeln, längliche Metallgestelle, die an CD-Ständer erinnern und sich entweder horizontal in die Fächer eines Gefrierschranks oder aber vertikal in einen Stickstofftank versenken lassen. Der Vorteil dieses Systems ist vor allem eine räumlich sehr effiziente Nutzung knapper und teurer tiefgekühlter Lagerkapazitäten. Der Nachteil ist, dass Proben nie einzeln, sondern immer nur im Verbund eingelagert und entnommen werden können: Es muss stets der gesamte Schrank geöffnet, das gesamte Metallgestell herausgezogen, die komplette Kassette aus der Kühlung geholt werden, bevor ein einzelnes Cryo-Vial inspiziert werden kann.

Da der Wechsel der Temperatur die Qualität der Proben wie der Behältnisse gefährdet, kann man anders als etwa in einem Schriftarchiv nicht einfach auf gut Glück Schränke und Schübe öffnen, um sich anschließend mit ihrem Inhalt auseinanderzusetzen. Zugleich lässt die standardisierte Form der Aufbewahrung und die kleinste Einheit des Cryo-Vials nur Kryo-Objekte von wenigen Millimetern Größe zu –

³ Siehe Fußnote 1 zu den letzteren beiden. Oft tritt mit Kühlschränken für Reagenzien noch eine vierte Temperaturebene hinzu, die sich zwischen 8 und 2 °C bewegt.

⁴ Die diesem Beitrag zugrundeliegende Forschung wurde von 2019 bis 2022 im Rahmen des ERC-Projekts „Suspended Life: Exploring Cryopreservation Practices in Contemporary Societies“ (Fördernr. 788196, Leitung Thomas Lemke) durchgeführt.

Blutproben, Gewebeschnipsel, extrahierte DNA, Zellkulturen – deren Erscheinungsbild wenig bis gar nichts über ihre Identität verrät. Zusätzlich erschweren die extremen Temperaturen die Handhabung und Inspektion; nur mit dicken Spezialfäustlingen lassen sich die Gefrierbehälter öffnen und bewegen. Damit unterscheiden sich die gefrorenen Tierproben etwa von klassischen taxidermischen Sammlungsobjekten, die Museen für gewöhnlich bei Zimmertemperatur aufbewahren (van Allen 2017). Im gleichen Maße, in dem Kryo-Objekte in Biobanken verfügbar gehalten werden, werden sie auch *unverfügbar* (Block 2020) gehalten.

Was für das Volumen des Cryo-Vials gilt, gilt auch für seine Oberfläche: Nicht alles findet darauf Platz.⁵ Die wenigen Quadratcentimeter Oberfläche sind zwar einer hohen Abkühlungsrate beim Einfrieren und damit einer homogenen Qualität aller Proben zuträglich, lassen aber maximal den abgekürzten Artnamen des Inhalts zu, wenn dieser mit einem Folienstift aufgetragen wird. Kein Platz dagegen ist für all jene Informationen, die zum Verständnis des Inhalts und seiner sozialen Verortung zusätzlich nötig sind: Ort und Zeitpunkt der Sammlung, Bezug zu anderen Proben in der Biobank, Name der Verantwortlichen für Sammlung und Inventarisierung, Geschlecht und Alter des Tieres etc. Da die Kryo-Objekte, sind sie einmal eingefroren, aber „identitätslos“ sind, stellt sich das gleiche Problem wie in der heimischen Gefriertruhe: Was war das noch gleich, und von wann ...? All diese Erinnerungen finden weder im noch auf dem Cryo-Vial Platz und müssen daher notgedrungen in anderer materieller Form aufbewahrt werden. Da beide Hälften des Kryo-Objekts aber für sich genommen wertlos sind – Inhalt und Kontext lassen sich nicht aufeinander reduzieren – ist es wichtig, eine Verbindung zwischen beiden zu schaffen, die in allen unterschiedlichen Temperaturregimen Bestand hat und die Wiedervereinigung des Kryo-Objekts zulässt.



Abb. 1: Verknüpfung von Inhalt und Kontext über die Oberfläche des Cryo-Vials

⁵ Auch hier stütze ich mich auf Beregows (2018) Überlegungen zu Oberflächen und Temperatur.

Dieser „materiell-semiotische Knoten“ (Beregow 2021, S. 37) nimmt in den von CryoArks betriebenen Biobanken die Form eines Aufklebers an, der bei der Aufnahme einer Probe in die Biobank auf die Oberfläche der Plastikröhrchen geklebt wird. Er ist mit einer Inventarnummer und einem QR-Code versehen, der sich mittels eines handelsüblichen Handscanners auslesen lässt (Abb. 1).⁶ Der Scanvorgang öffnet eine verlinkte Datei in der Datenbank eines Laborverwaltungssystems, in dem sich der räumliche Standort der Probe innerhalb des Systems *Tank/Schrank – Gestell – Kasette – Cryo-Vial* eintragen lässt und eine Reihe weiterer sogenannter „Metadaten“ (Bowker 2008, S. 116ff.) hinterlegt werden kann. Das Laborverwaltungssystem vollzieht den räumlichen Aufbau der Gefrierbehältnisse in einer Baum- oder Ordnerstruktur nach, wodurch sich die Proben virtuell durchsuchen lassen, ohne sie entnehmen und öffnen zu müssen. Die Unterscheidung zwischen Daten, d.h. Inhalt der Plastikröhrchen, und Metadaten, d.h. ihrem Kontext, ist dabei eine, die durch die Aufspaltung der Kryo-Objekte in verschiedene Bestandteile und ihre Verteilung auf unterschiedliche Temperaturregime erst geschaffen wird. Das Cryo-Vial und andere Behältnisse werden in diesem Zuge zu thermischen Medien (Starosielski 2021), die einerseits Inhalte transportieren, andererseits Informationen übertragen, ohne sie selbst zu enthalten.

Ewiges und vergängliches Eis: Biobanken als Ort der Instabilität

Die Zerlegung des Kryo-Objekts in Material und Information, Daten und Metadaten, gefrorene Proben und bei Raumtemperatur zugängliche Datenbankeinträge erlaubt es, unterschiedliche Ziele miteinander in Einklang zu bringen. Während das gefrorene Material konserviert wird, lässt sich sein digitaler Widerpart zirkulieren und modifizieren. Labore, die sich sträuben, „ihr“ Material aus der Hand zu geben, können dennoch freigiebig ihre Metadaten zur Verfügung stellen, wohl wissend, dass sie ohne Zugriff auf die „eigentlichen“ Daten im Gefrierschrank unbrauchbar sind.⁷ Gleichwohl ist das geteilte Arrangement in Biobanken kein unschuldiges. Der Umstand, dass Kryo-Objekte in zwei Teile zerlegt werden müssen, stellt Biobanken vor die Schwierigkeit, festzulegen, welche Metadaten in der fernen Zukunft notwendig sein werden, um die Probe zu rekontextualisieren und beide Hälften des Kryo-Objekts wieder erfolgreich zusammensetzen. Hier deutet sich neben der Archiv- und der Datenbankdimension eine dritte Konzeptebene an: die des vorausschauenden Planens, oder wie es Joanna Radin (2015) treffender nennt, des „geplanten Rückblicks“. Welche Informationen wird eine Forscherin in 60 Jahren brauchen, um nachzuvollziehen, welches Material ein Cryo-Vial enthält?

Während diese Frage zumindest mit Blick auf die räumliche Verortung in der Biobank noch relativ einfach zu beantworten ist, wird dies umso schwieriger, je mehr Kontext einbezogen werden soll. Das beginnt bereits mit dem Namen der Tierarten, deren Fragmente in den Tanks und Tiefkühlschränken der Biobanken landen: Wenn heute zwei Proben der gleichen Tierart zugeordnet werden, muss dies morgen noch lange nicht der Fall sein (Daston 2004). Wie aber soll man diese Proben in der Zukunft rückblickend auseinanderhalten, wenn in der Vergangenheit davon ausgegangen wurde, dass sie zusammengehören? Wie kann man heute für den Fall der Fälle planen, dass die Identität dieser Proben in der Welt „draußen“ revidiert wurde, während sie im Cryo-Vial konserviert bleibt? Für CryoArks sind dies

⁶ Daneben verwenden einige Biobanken auch kleinere QR-Code-Aufkleber, die bereits bei Lieferung auf den Boden der Plastikröhrchen aufgeklebt sind. Damit lassen sich die Cryo-Vials zusätzlich mit einem Aufлагescanner identifizieren, ohne dass man sie vorher aus der Kasette entnehmen muss.

⁷ Forschungssamples sind meist das Ergebnis langer Sammlungs- und Auswertungsarbeit und eine entsprechend harte Währung in der Biologie (Knorr Cetina 2002). Der physische Besitz großer und einzigartiger Sammlung macht Forschungseinrichtungen für Kollaborationen wie Projektanträge oder Publikationen interessant und wird im Idealfall zu einem monopolisierten Durchgangspunkt für die Forschung Dritter (Latour 1994; Callon 2006).

grundlegende Fragen, weil durch die Antworten auf sie Weichenstellungen vorgenommen werden, deren Richtigkeit oder Falschheit sich erst mittel- und langfristig erweisen wird.

Zwar lassen sich Informationen auf der Datenbankseite der Biobank relativ leicht editieren und angleichen, allerdings nur dann, wenn die bei der Einlagerung hinterlegten Metadaten – etwa der Fundort, bestimmte genetische Marker oder morphologische Eigenschaften – dafür genug Grundlage bieten. Damit diese aber überhaupt hinterlegt werden können, muss es in den virtuellen Einträgen entsprechende Felder und Parameter geben, die eine solche Dokumentation aufnehmen können. Die Biobank kann sich an nichts erinnern, was sie nie gewusst hat. Das ist zwar grundsätzlich das Problem jeder Sammlung und ihrer Revision (Bowker 2008), allerdings zieht die Unverfügbarkeit der physischen Hälfte der Kryo-Objekte nach sich, dass diese für eine solche Neuordnung nicht herangezogen werden können – anders als zum Beispiel die weitgehend vollständigen Bälge einer naturkundlichen Sammlung (Van Allen 2018) oder der Vermehrungsanbau von Samenbanken (Karafyllis 2018).

Die Einlagerung biologischer Proben bei Tiefsttemperaturen setzt daher stets eine Entscheidung über deren Zerlegung voraus. Dabei werden Zukunft, aber auch Vergangenheit in die gefrorene Sammlung eingeschrieben – paradoxerweise vor allem dadurch, dass eine Vielzahl von Informationen und Verknüpfungen aus den physischen Proben *ausgeschrieben*, d.h. entfernt und anderweitig gelagert werden. Nur auf den ersten Blick handelt es sich dabei um Elemente, die keiner gesonderten Konservierung bedürfen, weil sie anders als etwa DNA oder Proteine nicht dem biologischen Zerfall unterliegen. Tatsächlich sind auch Namen, Herkünfte, Objektgeschichten und -identitäten hochgradig instabil. In Biobanken verschärft sich dieses Problem, weil es einerseits den Anspruch dieser Einrichtungen konterkariert und es andererseits durch den Drift zwischen gefrorenem Material und digitalisierter Information noch deutlicher zutage tritt als in „kontemporierten“ Sammlungen.

Fazit

Was lässt sich aus dem Fall von Biobanken für eine Soziologie des Thermischen schließen? Zunächst einmal, dass der stabilisierende, konservierende Effekt von Kälte von einem Bezugsrahmen abhängt: Er mag innerhalb des Stickstofftanks zutreffen; außerhalb des Tanks aber kommt es womöglich gerade deshalb zu Verwerfungen und Instabilitäten, weil die Objekte in seinem Inneren stabilisiert und der Außenwelt entzogen werden. Die Effekte von Temperatur sind damit eine Frage der Bezugspunkte, in diesem Fall der beiden Hälften des Kryo-Objekts, und der Probleme, die sich zwischen diesen aufspannen.

Daneben zeigt dieser Beitrag eine der Schwächen existierender thermischer Soziologien auf: Sie denken Temperatur v.a. als Extrem und Abweichung und nehmen damit eine normative Setzung vor. Temperatur ist in dieser Perspektive kein Zustand, sie ist Differenz. Nicht zuletzt diesem normativen Bias dürfte es geschuldet sein, dass Temperatur in den Gesellschaftswissenschaften weitgehend unsichtbar geblieben ist (Beregow 2021). Über die Raumtemperatur von rund 20 °C, die in vielen Bereichen der Biobank vorherrscht, kann denn auch dieser Beitrag wenig sagen. Sie bleibt maximal Kontrastfolie und Normalzustand, an dem die Außergewöhnlichkeit und Polarität sehr tiefer und hoher Temperaturen gemessen und veranschaulicht wird.⁸ Gleichwohl kann eine Soziologie des Thermischen Gesellschaft nicht allein über Temperaturextreme und -differenzen begreifen. Wenn aber Temperatur nicht Abweichung von der Norm ist, welche soziologischen Begrifflichkeiten stehen uns dann zur Verfügung, um ihre Rolle in der Gesellschaft zu beleuchten?

⁸ Die Ausnahme bilden für gewöhnlich Arbeiten, die die Herstellung von Raum- und gemäßigter Temperatur analysieren (Shove et al. 2014; Hobart 2023). Aber auch sie können die Normaltemperatur kaum anders beschreiben als die Abwesenheit (negativ empfundener) thermischer Abweichungen.

Gerade die von Beregow betonten Oberflächen bieten sich als Ausgangspunkt für die Auseinandersetzung mit Temperatur an: Was wird hier verknüpft und zugleich getrennt? Wie erlauben es Oberflächen, Objekten gleichzeitig auf unterschiedlichen Temperaturskalen zu existieren? Die Oberfläche führt weg vom Ausnahme- und Extremzustand hin zu einer Vereinbarung vieler auf den ersten Blick widersprüchlicher Existenzweisen. Für die Soziologie des Thermischen ist das vielversprechend: Was ich denn auch mit diesem Text zu zeigen versucht habe, ist wie sie der Materialität und Sozialität von Temperatur nachspüren kann, ohne notwendigerweise in die Gegensätze von heiß und kalt, von Physik und Metaphorik zu verfallen.

Literatur

- Anderson, Warwick. 2015. The Frozen Archive, or Defrosting Derrida. *Journal of Cultural Economy* 8:379–387.
- Bach, Anna Sofie, und Charlotte Kroløkke. 2020. Hope and Happy Futurity in the Cryotank: Biomedical Imaginaries of Ovarian Tissue Freezing. *Science as Culture* 29:425–449.
- Barla, Josef, Vicky Kluzik und Thomas Lemke, Hrsg. 2022. *Biokapital. Beiträge zur Kritik der politischen Ökonomie des Lebens*. Frankfurt New York: Campus Verlag.
- Beltrame, Lorenzo, und Christine Hauskeller. 2019. Assets, Commodities and Biosocialities. Multiple Biovalues in Hybrid Biobanking Practices. *TECNOSCENZA: Italian Journal of Science & Technology Studies* 9:5–32.
- Beregow, Elena. 2018. Thermal Objects: Theorizing Temperatures and the Social. *Culture Machine* 17:1–18.
- Beregow, Elena. 2021. *Fermente des Sozialen. Thermische Figuren in der Sozialtheorie*. Erste Auflage. Weilerswist: Velbrück Wissenschaft.
- Bird Rose, Deborah. 2017. Reflections on the Zone of the Incomplete. In *Cryopolitics, Frozen Life in a Melting World*, Hrsg. Joanna Radin und Emma Kowal, 145–156. Cambridge, Mass.: The MIT Press.
- Block, Katharina. 2020. Die Corona-Pandemie als Phänomen des Unverfügbaren. In *Die Corona-Gesellschaft*, Hrsg. Michael Volkmer und Karin Werner, 155–164. Bielefeld: transcript Verlag.
- Bowker, Geoffrey C. 2008. *Memory Practices in the Sciences*. Cambridge, Mass.: MIT.
- Breithoff, Esther, und Rodney Harrison. 2020a. From ark to bank: extinction, proxies and biocapitals in ex-situ biodiversity conservation practices. *International Journal of Heritage Studies* 26:37–55.
- Breithoff, Esther, und Rodney Harrison. 2020b. Banking time: Trading in futures. In *Heritage Futures, Comparative Approaches to Natural and Cultural Heritage Practices*, 101–120. London: UCL Press.
- Callon, Michel. 2006. Einige Elemente einer Soziologie der Übersetzung: Die Domestikation der Kammuscheln und der Fischer in der St.-Brieuc-Bucht. In *ANTHology: Ein einführendes Handbuch zur Akteur-Netzwerk-Theorie*, Hrsg. Andréa Belliger und David J Krieger. Bielefeld: transcript.
- Daston, Lorraine. 2004. Type Specimens and Scientific Memory. *Critical Inquiry* 31:153–182.
- Folkers, Andreas. 2019. Freezing time, preparing for the future: The stockpile as a temporal matter of security. *Security Dialogue* 50:493–511.
- Hobart, Hi'ilei Julia. 2023. *Cooling the Tropics: Ice, Indigeneity, and Hawaiian Refreshment*. Durham: Duke University Press.
- Karafyllis, Nicole C., Hrsg. 2018. *Theorien der Lebendsammlung. Pflanzen, Mikroben und Tiere als Biofakte in Genbanken*. Freiburg; Munich: Karl Alber.
- Knorr-Cetina, Karin. 2002. *Wissenskulturen. Ein Vergleich naturwissenschaftlicher Wissensformen*. Frankfurt am Main: Suhrkamp.
- Latour, Bruno. 1994. Der Biologie als wilder Kapitalist. Karrierestrategien im internationalen Wissenschaftsbetrieb. *Lettre Internationale* 27:77–83.
- Liburkina, Ruzana. 2023. Cryovalues beyond High Expectations: Endurance and the Construction of Value in Cord Blood Banking. *Science, Technology, & Human Values* 48:777–804.

- Nadim, Tahani. 2016. Data Labours: How the Sequence Databases GenBank and EMBL-Bank Make Data. *Science as Culture* 25:496–519.
- Peres, Sara. 2016. Saving the gene pool for the future: Seed banks as archives. *Studies in History and Philosophy of Science Part C: Studies in History and Philosophy of Biological and Biomedical Sciences* 55:96–104.
- Peres, Sara. 2019. Seed Banking as Cryopower: A Cryopolitical Account of the Work of the International Board of Plant Genetic Resources, 1973–1984. *Culture, Agriculture, Food and Environment* 41:76–86.
- Radin, Joanna. 2015. Planned Hindsight. *Journal of Cultural Economy* 8:361–378.
- Radin, Joanna. 2017. *Life on Ice: A History of New Uses for Cold Blood*. Chicago: The University of Chicago Press.
- Radin, Joanna, und Emma Kowal, Hrsg. 2017. *Cryopolitics: Frozen Life in a Melting World*. Cambridge, MA: MIT Press.
- Shove, Elizabeth, Gordon Walker und Sam Brown. 2014. Material culture, room temperature and the social organisation of thermal energy. *Journal of Material Culture* 19:113–124.
- Starosielski, Nicole. 2021. *Media Hot & Cold*. Durham: Duke University Press.
- Strathern, Marilyn. 1995. *The Relation: Issues in Complexity and Scale*. Cambridge, UK: Prickly Pear Press.
- Swanson, Kara W. 2014. *Banking on the Body: The Market in Blood, Milk, and Sperm in Modern America*. Cambridge, Massachusetts: Harvard University Press.
- Van Allen, Adrian. 2017. Bird Skin to Biorepository: Making Materials Matter in the Afterlives of Natural History Collections. *Knowledge Organization* 44:529–544.
- Van Allen, Adrian. 2018. Pinning beetles, biobanking futures: practices of archiving life in a time of extinction. *New Genetics and Society* 37:387–410.
- Vermeulen, Niki, Sakari Tamminen und Andrew Webster, Hrsg. 2012. *Bio-Objects*. Farnham: Ashgate.