

Kritische Infrastrukturen und vulnerable Umwelt(en)

Madline Fischer, Florian Fockelmann, Elisabeth Wallmann

Das sibirische Norilsk gilt als eine der schmutzigsten Städte der Welt.¹ Am 29. Mai 2020 sackten nahe der vom Bergbau gezeichneten Stadt plötzlich Stützen eines Dieseltanks ab, die über 30 Jahre lang zuverlässig Teil der technischen Infrastruktur eines Kraftwerks waren. Der berstende Tank setzte rund 20.000 Tonnen Diesel frei, die in den folgenden Tagen für eine substantielle Schädigung des arktischen Flusssystems sorgten. Der Betreiber Norilsk Nickel ließ bald darauf verlautbaren, dass die Umweltkatastrophe wahrscheinlich von schmelzendem Permafrostboden verursacht worden sein könnte.² Der beschleunigte globale Temperaturanstieg lässt extreme Wetterereignisse zunehmen und Permafrostböden auftauen. Dies führt zu Bodenverformungen, wodurch die Fundamente technischer Infrastrukturen erodieren.³ Diese gegenwärtige Entwicklung verweist auf eine enge Verflechtung von Infrastrukturen mit ihren Umwelten, die in der historischen Forschung aus verschiedenen Perspektiven beleuchtet wurde. Ein Blick in die jüngste Wissenschaftsgeschichte zeigt, dass Infrastrukturen in einem reziproken Verhältnis mit der Zerstörung der Natur stehen. Bisherige Studien untersuchten die Kritikalität von Infrastrukturen und ihren Konnex zur Umwelt sowie den dadurch entstandenen Ressourcenverbrauch.⁴ Im Zentrum dieser Sektion steht die Untersuchung der Wechselwirkung zwischen kritischen Infrastrukturen und vulnerablen Umwelten. An dieser Schnittstelle ansetzend, bringen die nachfolgenden Beiträge Perspektiven der Wissens-, Umwelt- und Technikgeschichte auf vielfältige Infrastrukturen zusammen.

-
- 1 Vgl. Anonym: »Norilsk, Russland«, in: Der Spiegel, 13.09.2007, <https://www.spiegel.de/wissenschaft/natur/schmutzige-orte-8-norilsk-russland-a-505485.html>
 - 2 Vgl. Eydlin, Alexander: »Ölkatastrophe in sibirischem Kraftwerk«, in: Zeit online, 04.06.2020, <https://www.zeit.de/wissen/umwelt/2020-06/sibirien-russland-kraftwerk-diesel-oel-ausge-laufen-umweltkatastrophe>
 - 3 Vgl. Gartler, Susanna et al.: »A Transdisciplinary, Comparative Analysis Reveals Key Risks from Arctic Permafrost Thaw«, in: Commun Earth Environ 6 (2025), Nr. 21.
 - 4 Vgl. Bonan, Giacomo/Occhi, Katia (Hg.): Environment and Infrastructure, Berlin: DeGruyter 2023; Vgl. Göttler, Nils: Nach der Natur. Umwelt und Geschichte am Frankfurter Flughafen, Göttingen: Wallstein Verlag 2023, S. 7.

Als essenzielle Lebensadern für Gesellschaften erfüllen Infrastrukturen Versorgungsfunktionen.⁵ Sie wurden in Umwelten etabliert und bleiben im Alltag aufgrund ihrer selbstverständlichen Präsenz unsichtbar.⁶ Erst in Krisenzeiten tritt die Bedeutung dieser vulnerablen Systeme deutlich zutage.⁷ So wird die Relevanz von Warnsystemen für Sturmfluten, die heute teilweise auf Satelliten basieren, erst bei drohenden Überschwemmungen bewusst.⁸ Umwelten, so zeigt sich in den Einzelbeiträgen, treten dabei als vulnerabler, extremer oder bedrohlicher Akteur auf.

In der Infrastrukturforschung haben sich zwei Ansätze zur Bestimmung der Kritikalität einer Infrastruktur etabliert: die systembasierte und konsequenzbasierte Kritikalität. Kritische Infrastrukturen werden in der Infrastrukturforschung im Kontext von (politischen) Bedrohungs- oder Schutzszenarien als konsequenzbasierte Kritikalität untersucht. Beispielsweise wird die Kritikalität als Merkmal der Bedeutung der Infrastruktur für die Versorgungssicherheit der Gesellschaft bei einem Funktionsausfall angesehen.⁹ Dagegen fokussiert der Ansatz der systembasierten Kritikalität auf die technischen Elemente der Infrastruktur und zielt auf die relevanten Relationen der Systemkomponenten oder Subsysteme ab.¹⁰

Die Infrastrukturgeschichte versteht Infrastrukturen als soziotechnische Systeme: eine strikte Trennung von Sozialem und Technischem existiert nicht.¹¹

⁵ Vgl. Laak, Dirk van: Alles im Fluss. Die Lebensadern unserer Gesellschaft. Geschichte und Zukunft der Infrastruktur, Frankfurt a.M.: S. Fischer Verlag 2018.

⁶ Vgl. ebd., S. 190–191. Mehr zu den technischen Entwicklungen und Infrastrukturen vgl. Heine, Eike-Christian/Zumbrägel, Christian: »Technikgeschichte«, in: Docupedia-Zeitgeschichte (2018), S. 15–20.

⁷ Vgl. Bundesamt für Bevölkerungsschutz und Katastrophenhilfe (BBK): »Kritische Infrastrukturen. Schutz durch Zusammenarbeit«, in: Bevölkerungsschutz-Magazin 10/3 (2010), S. 2.

⁸ Vgl. Schütte, Dieter B.: »Hochwasserschutz und kommunale Daseinsvorsorge«, in: Wasser und Abfall 9 (2021), S. 13–18.

⁹ Vgl. Bundesministerium des Inneren (Hg.): Nationale Strategie zum Schutz kritischer Infrastrukturen (KRITIS-Strategie), Paderborn 2009, S. 3.

¹⁰ Vgl. Engels, Jens Ivo: »Relevante Beziehungen. Vom Nutzen des Kritikalitätskonzepts für Geisteswissenschaftler«, in: Jens Ivo Engels/Alfred Nordmann (Hg.), Was heißt Kritikalität? Zu einem Schlüsselbegriff der Debatte um Kritische Infrastrukturen, Bielefeld: transcript 2018, S. 17–46.

¹¹ Vgl. Moss, Timothy: Remaking Berlin. A History of the City through Infrastructure, 1920–2020 (= Infrastructures series), Cambridge/London: MIT Press 2020, S. 8–10; Schnitzler, Antina von: Democracy's Infrastructure. Techno-Politics & Protest after Apartheid, Princeton: Princeton University Press 2016, S. 21; Vleuten, Erik van der: »Understanding Network Societies. Two Decades of Large Technical System Studies«, in: Erik van der Vleuten/Arne Kaijser (Hg.), Networking Europe. Transnational Infrastructure and the Shaping of Europe 1850–2000, Sagamore Beach: Science History Publications 2006, S. 279–314; Bijker, Wiebe E./Hughes, Thomas P./Pinch, Trevor (Hg.): The Social Construction of Technological Systems, Cambridge/London: MIT Press 1987.

Großtechnische Infrastrukturen können zwar als rein technische Artefakte analysiert werden, doch sind sie in soziale, politische und kulturelle Kontexte eingebettet. So existiert eine Dynamik zwischen Infrastrukturen und Macht.¹²

In der Kolonialgeschichte wurden technische Infrastrukturen als Machtinstrumente des europäischen Imperialismus erforscht.¹³ Jüngere Ansätze lassen dagegen eine solche eurozentrische Sichtweise hinter sich und nehmen die Aneignung und Umnutzung von Infrastrukturen in den Blick.¹⁴ Infrastrukturen können als Speicher, Werkzeuge und Symbole von Macht gedeutet werden.¹⁵ Im Fokus der Beiträge stehen hierzu pointiert staatlich organisierte Infrastruktursysteme, die eng mit politischen Zielen verknüpft sind. Sei es das Herstellen von Sicherheit, ökonomischer oder militärischer Vorteile: Infrastrukturen waren hier stets Ausdruck staatlicher Machtansprüche, nach innen wie nach außen.¹⁶

Die industrialisierte Kriegsführung wäre ohne Infrastrukturen in ihrem Ausmaß und ihrer Komplexität nicht denkbar gewesen.¹⁷ Das meteorologische Warnwesen kann ebenso wie Schienen- und Kommunikationsnetzwerke als Beispiel für militarisierte Infrastrukturen gelten.¹⁸ Infrastrukturen wurden so zunehmend mit einem Dual-Use-Anspruch entworfen und betrieben, der militärische wie zivile Anwendungsbereiche umfasste.¹⁹ Gleichzeitig wuchs die Verwundbarkeit von Infrastrukturen wegen ihres Machtcharakters: Sie wurden zu militärischen Zielen. So konnten Pipelines nicht nur zu Kriegszeiten, sondern auch im Frieden Objekte militärischer Planungen für Sabotageakte werden, wie der Beitrag von Elisabeth Wallmann zeigt.

12 Vgl. Engels, Jens Ivo/Schenk, Gerrit Jasper: »Infrastrukturen der Macht – Macht der Infrastrukturen. Überlegungen zu einem Forschungsfeld«, in: Birte Förster/Martin Bauch (Hg.), Wasserinfrastrukturen und Macht von der Antike bis zur Gegenwart, Berlin/München: De Gruyter Oldenburg 2015, S. 22–58.

13 Vgl. Headrick, Daniel. R.: *The Tools of Empire. Technology and European Imperialism in the Nineteenth Century*, New York: Oxford University Press 1981; Laak, Dirk van: *Imperiale Infrastruktur. Deutsche Planungen für eine Erschließung Afrikas 1880–1960*, Paderborn: Ferdinand Schöningh 2004.

14 Vgl. Straeten, Jonas van der/Hasenöhrl, Ute: »Connecting the Empire: New Research Perspectives on Infrastructures and the Environment in the (Post)Colonial World«, in: NTM Zeitschrift für Geschichte der Wissenschaften, Technik und Medizin 24/4 (2016), S. 355–391.

15 Vgl. J. Engels/G. Schenk: »Infrastrukturen der Macht – Macht der Infrastrukturen«, S. 23–24.

16 Vgl. ebd.; Im europäischen Kontext ist die zwischenstaatlich integrative Wirkung von Infrastrukturen erforscht worden: Högselius, Per/Kaijser, Arne/Vleuten, Erik van der: *Europe's Infrastructure Transition. Economy, War, Nature (= Making Europe: Technology and Transformations, 1850–2000)*, New York: Palgrave MacMillan 2015.

17 Vgl. ebd., S. 189.

18 Vgl. ebd., S. 185–188.

19 Vgl. T. Moss: *Remaking Berlin*, S. 132–135. Zum Aspekt des Dual-Use: Alic, John A.: »The Dual Use of Technology. Concepts and Policies«, in: *Technology in Society* 16 (1994), S. 155–172.

Als technische Großprojekte stehen Infrastrukturen in einer Wechselwirkung mit ihrer Umwelt.²⁰ Die Natur übt als Akteur mit ihrer *agency* Macht auf Infrastrukturen aus; Bedrohungen durch Naturkatastrophen gefährden vulnerable Infrastruktursysteme und führen zu »envirotech«-Disastern.²¹ Durch Raumübernutzung oder irreversible Umweltschäden, wie die Anhäufung von Weltraummüll oder die Kontamination ökologischer Systeme, wird die sonst unsichtbare Wechselwirkung kritischer Infrastrukturen in vulnerablen Umwelten offensichtlich.²²

Vulnerabilität ist je nach Wissenschaftsdisziplin ein unterschiedlich belegter Begriff. Sie kann allgemein als Verletzlichkeit gegenüber bestimmten Risiken beschrieben und damit sowohl auf Menschen, Umwelten als auch Infrastrukturen bezogen werden. Innerhalb der Umweltgeschichte finden sich Anwendungen des Vulnerabilitätskonzeptes besonders in der vormodernen Klima- und Hungerforschung.²³ Dabei stehen die physischen und sozioökonomischen Verwundbarkeiten der Menschen im Fokus. Anknüpfend daran, wird Vulnerabilität in unserem Verständnis auf Umwelten und Infrastrukturen gleichermaßen angewendet.

In der jüngeren Infrastrukturgeschichte wird Vulnerabilität auch im Zusammenhang mit dem Kritikalitätskonzept untersucht: »Kritisch ist, was vulnerabel ist und Relationen, wie Interdependenzen und Systemkopplungen zu anderen Infrastrukturen, aufweist.«²⁴ Im Beitrag von Florian Fockelmann wird die Störanfälligkeit von Satelliten durch den externen Faktor der Sonnenstürme aufgezeigt. Vulnerabilität wird auch hier als Folge interdependenten technischer Infrastruk-

²⁰ Vgl. Pritchard, Sara B./Zimring, Carl A.: *Technology and the Environment in History*, Baltimore: Johns Hopkins University Press 2020.

²¹ Pritchard, Sara B.: »An Envirotechnical Disaster: Nature, Technology, and Politics at Fukushima«, in: *Environmental History* 17/2 (2012), S. 219–243.

²² Zur Kollisionsgefahr von Weltraummüll vgl. Kessler, Donald J./Cour-Palais, Burton: »Collision Frequency of Artificial Satellites. The Creation of a Debris Belt«, in: *Journal of Geophysical Research* 83 (1978), S. 2637–2646. Zu Ölkatostrophen vgl. Griesbach, Florian: »Ölkatastrophen: der Fluch des schwarzen Goldes«, in: National Geographic, 09.11.2017, <https://www.nationalgeographic.de/umwelt/oelkatastrophen-der-fluch-des-schwarzen-goldes>

²³ Übersicht bei Rückert, Peter: »Vulnerabilität als Konzept der Umweltgeschichte«, in: Cécile Lignereux/Stéphane Macé/Steffen Patzold/Klaus Ridder (Hg.), *Vulnerabilität. Diskurse und Vorstellungen vom Frühmittelalter bis ins 18. Jahrhundert*, Tübingen: Mohr Siebeck 2020, S. 27–43. Collet, Dominik: »Vulnerabilität« als Brückenkonzept der Hungerforschung«, in: Dominik Collet/Thore Lassen/Ansgar Schanbacher (Hg.), *Handeln in Hungerkrisen. Neue Perspektiven auf soziale und klimatische Vulnerabilität*, Göttingen: Universitätsverlag Göttingen 2012, S. 13–25.

²⁴ Vgl. Schuhmacher, Cleopatra: *Die Stadtrohrpost. Geschichte einer kritischen Infrastruktur in Berlin und Hamburg im 19. und 20. Jahrhundert (= Infrastrukturen – Umwelt – Ressourcen. Beiträge zur Geschichte der Neuzeit, Band 1)*, Baden-Baden: Nomos 2023, S. 32.

turen verstanden.²⁵ Je enger verzahnt Infrastrukturen sind, desto höher ist ihre Vulnerabilität, weil sich Schäden kaskadierend auf vernetzte Systeme ausbreiten können.²⁶ Dies wirkt sich auf das Sicherheitsempfinden aus, da reibungslose Versorgungsfunktionen gestört werden.²⁷

Sind Infrastrukturen vulnerabel, geht dies mit einem erhöhten Risiko einher. In den folgenden Beiträgen stellt sich die Frage, inwieweit sich Gesellschaften der potenziellen Risiken bewusst waren. Dabei variierte der Umgang mit Risiken je nach raumzeitlichem Kontext.²⁸ Kritische Infrastrukturen erleichterten vieles, wenngleich neue Risiken entstanden. So transportieren Pipelines fossile Rohstoffe zwar effizienter, steigern aber die potentielle Gefahr für Umweltschäden. Das Risiko ist nicht nur diese Gefahr selbst, sondern inkludiert deren Wahrnehmung und Analyse.²⁹ Risikobewusstsein unterliegt daher der subjektiven Erkennung von Gefahr. Es umfasst die Fähigkeit, potenzielle Gefahren wahrzunehmen, deren Eintrittswahrscheinlichkeiten und das mögliche Ausmaß zu berechnen.³⁰ Andererseits neigen unterschiedliche Akteure dazu, Risiken aus Kalkül oder Nicht-Wissen zu ignorieren.³¹ Als Antriebskraft für nachhaltige Entwicklungsprozesse kann Risikobewusstsein die Bildung eines Umweltbewusstseins bewirken.³² Die Integration neuer Wissensbestände sowie Technologien beeinflussten den Umgang mit Risiken.

25 Vgl. Bouchon, Sara: *The Vulnerability of Interdependent Critical Infrastructure Systems: Epistemological and Conceptual State-of-the-Art*, Luxembourg 2006.

26 Vgl. Little, Richard G.: »Managing the Risk of Cascading Failure in Complex Urban Infrastructures«, in: Stephen Graham (Hg.), *Disrupted Cities. When Infrastructure Fails*, New York/London: Routledge 2010, S. 27–40.

27 Zum Verletzlichkeitsparadoxon vgl. Bundesministerium des Inneren (Hg.): *Nationale Strategie zum Schutz Kritischer Infrastrukturen (KRITIS-Strategie)*, Paderborn 2009, S. 8.

28 Siehe Langer, Hans: »Der Mensch und das Risiko«, in: *Studie zum Thema Mensch und Umwelt* (2014), S. 2–13; Bernstein, Peter: *Wider die Götter. Die Geschichte von Risiko und Risikomanagement von der Antike bis heute*, München: Gerling Akademie Verlag 1997; Luhmann, Niklas: *Soziologie des Risikos*, Berlin/New York: De Gruyter 1991; Beck, Ulrich: *Die Risikogesellschaft. Auf dem Weg in eine andere Moderne*, Frankfurt a.M.: Suhrkamp 1986.

29 Ewald, François: *Der Vorsorgestaat*, Frankfurt a.M.: Suhrkamp 1993. Zitiert nach vgl. Conze, Eckart: *Geschichte der Sicherheit*, Göttingen: Vandenhoeck & Ruprecht 2018, S. 110. Mehr zur Einordnung von Gefahren bei Hannig, Nicolai: *Kalkulierte Gefahren. Naturkatastrophe und Vorsorge seit 1800*, Göttingen: Wallstein Verlag 2019.

30 Vgl. Bogun, Roland: *Umwelt- und Risikobewusstsein als Voraussetzung für Verhaltensänderungen in Richtung Nachhaltigkeit*, Artec-Paper Nr. 132, Bremen: Universität Bremen 2006, S. 7.

31 Vgl. Proctor, Robert N./Schiebinger, Londa (Hg.): *Agnotology. The Making and Unmaking of Ignorance*, Stanford: Stanford University Press 2008.

32 Vgl. R. Bogun: *Umwelt- und Risikobewusstsein als Voraussetzung für Verhaltensänderungen in Richtung Nachhaltigkeit*, S. 13–15, 18–25.

In Folge wurden Gefahrensituationen neu bewertet, wie der Beitrag von Madline Fischer zur Sturmflutwarnung in Hamburg zeigt. Sie untersucht diese Warninfrastruktur im Kontext von Bewältigungs- und Vorsorgestrategien von 1791 bis 1860 und fragt danach, wie diese funktionierte. Im Beitrag zur Central European Line (CEL) von Elisabeth Wallmann wird der Bau des österreichischen Teilabschnitts dieser Erdölpipeline in den 1960er Jahren und der Umgang mit daraus resultierenden Risiken für Mensch und Naturraum beleuchtet. Im Fokus stehen Formierungsprozesse von Risikobewusstsein, Risikomanagement sowie sich historisch wandelnde Verhältnisse der Bevölkerung zur Umwelt. In seinem Beitrag betrachtet Florian Fockelmann Satelliten-Infrastrukturen in ihrer Wechselwirkung mit der extremen Umwelt des erdnahen Weltraums. Am Beispiel der US-Raumfahrt zwischen 1980 und 1999 wird so gezeigt, dass kritische Infrastruktur und extreme Umwelt durch eine besondere Verschmutzungsgeschichte verbunden sind. Diese drei Beiträge sind Versuchsbälle für künftige Forschung zu den historischen Verflechtungen kritischer Infrastrukturen mit ihrer vulnerablen Umwelt.