

Was kostet der Permafrost?

Text von Ksenia Litvinenko & Anastasiya Halauniova

Der Permafrost taut infolge der Erderwärmung auf. Dies führt zu Schäden an Gebäuden und zu astronomischen Kosten. Dass Permafrost als Kostenfaktor wahrgenommen wird, ist jedoch nicht neu. Seit über 100 Jahren arbeiten Staaten mit arktischen, polarnahen und hochalpinen Gebieten sich an den besonderen Bedingungen von Permafrostböden ab. Der Wunsch, industriell nach Norden zu expandieren, forcierte eine enge Zusammenarbeit von Ingenieurwesen, Bodenkunde und Raumplanung.

Landschaft mit tauendem Permafrost in der Provinz Nunavut (Kanada). Foto: A. Cassidy, UBC Geography/Flickr. Lizenz: CC BY 2.0.

Als Permafrost wird Boden bezeichnet, dessen Temperatur zwei aufeinanderfolgende Jahre oder länger bei oder unter Null Grad Celsius bleibt. Er liegt unter ungefähr 15 Prozent der Landfläche der Nordhalbkugel – hauptsächlich in Sibirien, Alaska, Kanada und Grönland. Die menschengemachte Erderwärmung lässt ihn großflächig auftauen und setzt dabei Kohlendioxid und Methan in die Atmosphäre frei, was die globale Erwärmung beschleunigt. Der Tau verursacht auch Straßenschäden, er gefährdet die Pipeline-Infrastruktur in Alaska, er lässt Wohnblocks in Sibirien absinken und Industrieanlagen einstürzen. Regierungen in Washington, Moskau, Ottawa oder Oslo stellen den Permafrost zunehmend als Quelle drohender wirtschaftlicher Verluste und Kosten dar. Das russische Umweltministerium schätzt, dass sich die Schäden bis zum Jahr 2050 auf 57 Milliarden Euro belaufen werden. Für Alaska rechnet eine Studie in der Fachzeitschrift *Communications Earth & Environment* mit 37 bis 51 Milliarden Dollar an Gebäude- und Straßenschäden bis zur Jahrhundertmitte.

Man könnte meinen, diese Auseinandersetzung mit dem Permafrost als finanzielle Größe sei ein neues Phänomen, verursacht durch den Klimawandel und seine Folgen. Doch schon seit über 100 Jahren wird der Permafrost als Kostenfaktor verhandelt. Er wurde zum Gegenstand eigener Zweige der Bodenforschung und Ingenieurwissenschaft. Er gab Anlass zu komplexen Risikokalkulationen und Kostenabwägungen. Und in unserem Untersuchungsfall Russland, später der Sowjetunion, wurde der Umgang mit dem Permafrost zu einem viele Jahrzehnte andauernden Staatsprojekt. Wir interessieren uns für diese historische Verbindung zwischen Staat, Wert und Permafrost, da sie uns Aufschluss darüber geben kann, wie Wirtschafts- und Machtinteressen unser akademisch organisiertes Wissen über Naturphänomene und den Umgang damit heute beeinflussen.

An der Grenze der Staatsmacht

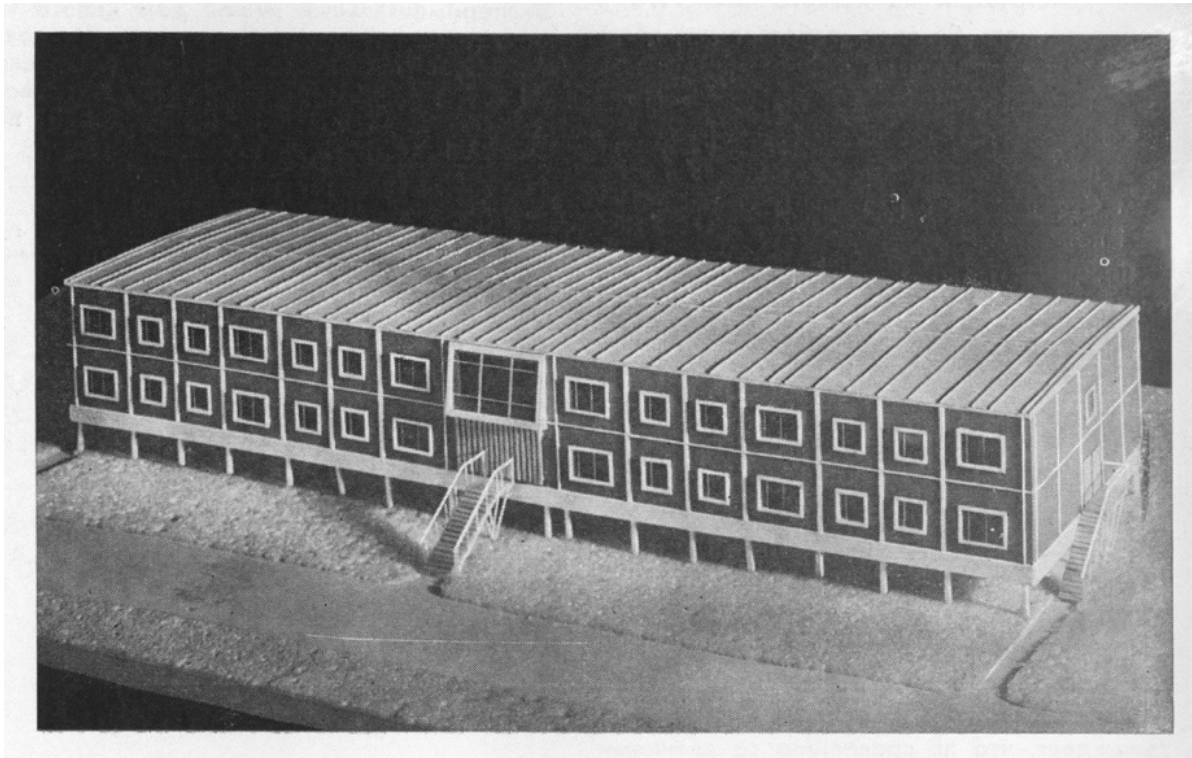
Einen der ersten Anstöße für das infrastrukturelle Engagement der Regierung mit dem Permafrost in Russland lieferten die Planung und der Bau der Transsibirischen Eisenbahn ab den 1870er-Jahren. Unter Zar Alexander III. verfolgte die russische Regierung das Ziel, Moskau mit der Hafenstadt Wladiwostok am Pazifik zu verbinden. Der Bau hatte wirtschaftliche und geostrategische Hintergründe: Es ging um Handel, die landwirtschaftliche Erschließung des östlichen Russlands und militärische Präsenz in Asien. Die Bahn wurde abschnittsweise

gebaut, und im Lauf der Zeit entstanden unterschiedliche Streckenvarianten.

Im Jahr 1895 begann der Bau der Trans-Baikal-Eisenbahn vom Ostufer des Baikalsees bis zur Kleinstadt Sretensk am Fluss Schilka. Daran beteiligt war auch der Eisenbahningenieur Nikolay Bogdanow. Auf diesem Streckenabschnitt sahen sich die Bauarbeiter mit den besonderen Eigenschaften des dort vereinzelt vorkommenden Permafrosts konfrontiert. Unter dem Gewicht und der thermischen Belastung durch die neuen Bauwerke blieb das im Boden enthaltene Eis nicht stabil. Durch periodisches Auftauen sanken die Bahndämme ab und die Gleise versanken im Boden. Oder umgekehrt führte der gefrierende Untergrund zu einer Anhebung des Bodens. An den Wänden großer Bahnbetriebswerke entstanden Risse aufgrund von Bodensenkungen und -hebungen. Bogdanow kam zu dem Schluss: Das unter „guten“ geologischen Bedingungen funktionierende „europäische“ Bauwissen, das im westlichen „Herzland“ des russischen Imperiums kultiviert wurde, stieß auf dem sibirischen Permafrostboden an eine physische und räumliche Grenze.

1912 veröffentlichte Nikolay Bogdanow ein Buch mit dem Titel *„Wetschnaja merslota i stroitel'stwo na nej“* („Gefrorene Erde und die gebauten Strukturen auf ihr“). Darin führte er seine Diagnose zur Grenze von Wissen und Staatsmacht – und erklärte den Eisenbahnbau zum Startpunkt einer systematischen ingenieurwissenschaftlichen Auseinandersetzung mit dem Permafrost. Bogdanow argumentierte, dass das Fehlen geeigneter Bautechniken für Permafrostbedingungen die Entwicklung der Landwirtschaft, des Wasserbaus und die Ansiedlung von Regierungsbeamten behinderte. Diese Schritte waren Schlüsselkomponenten eines viel größeren Projekts, das mit dem Bau der Transsib einen entschiedenen Schub bekam: der Kolonisierung Sibiriens und damit der Ausdehnung russischer Staatsmacht. Bogdanows Buch richtete sich zwar überwiegend an ein ingenieurwissenschaftliches Fachpublikum. Er gab aber auch weitreichende Empfehlungen für eine möglichst effektiven Lenkung staatlicher Investitionen, die helfen sollten, die Grenzen der Staatsmacht zu verschieben.

So plädierte er für die Einrichtung von Wetterstationen, die den gefrorenen Boden und seine Wechselwirkung mit Bauwerken kontinuierlich beobachten sollten. Bogdanow argumentierte, dass ein solches geologisches und meteorologisches Überwachungsnetzwerk weitaus kostengünstiger sei als die Instandsetzung mangelhaft



Modell (realisiert) des Labor- und Wohngebäudes des Permafrost-Labors in Amderma, bestehend aus einem Stahlrahmen und isolierten Aluminiumplatten. Ein am Institut LenSNIEP umgesetztes Versuchsprojekt. Architekten: V. Tankayan und N. Vasilyeva; Ingenieure: Yu. Novichkova und A. Kostrov. Veröffentlicht in *Architectura SSSR*, 1975.

errichteter Gebäude. Er veranschaulichte diesen Punkt am Beispiel der Eisenbahnwerkstätten in Tschita: Nach dem Auftauen des Bodens unter ihnen waren die Werkstätten teils abgesackt. Das habe den Staat allein an Reparaturkosten fast „eine Million Rubel“ gekostet. Nikolay Bogdanow machte also die Erforschung des Permafrostbodens zu einer staatsökonomischen Frage, für die sich auch Verwaltungsbeamte und politische Entscheidungsträger zuständig fühlen sollten. Wissenschaftliches Wissen sollte helfen, Kosten zu senken.

Gut investiertes Geld

Nach dem Zusammenbruch des Russischen Reiches und der Gründung der Sowjetunion wurden Erschließungsprojekte in Sibirien, im Fernen Osten und in der Arktis vorangetrieben. Bogdanows Ideen kamen dabei zur Anwendung. Ab Ende der 1920er-Jahre finanzierte die Regierung der Sowjetunion die ersten experimentellen Permafrost-Forschungsstationen. Eine der frühesten, die experimentelle Permafrost-Station in Skovorodino nahe der chinesischen Grenze, wurde 1927 im Zuge von Instandhaltungsarbeiten an der Amur-Eisenbahn

(ebenfalls ein Abschnitt der Transsibirischen Eisenbahn) errichtet. Die Station untersuchte die Druckfestigkeit gefrorener Böden und verglich die Leistungsfähigkeit verschiedener Fundamenttechniken im Zeitverlauf. Damit half sie dabei, neue Bauprinzipien zu etablieren, die später zur gängigen Praxis wurden: zum Beispiel Pfahlfundamente, die im Permafrost verankert sind. Solche Fundamente verhindern eine Wärmeübertragung vom Gebäude in den Boden und helfen so, ihn gefroren zu halten.

Das Permafrostlabor in der arktischen Hafensiedlung Amderma an der Küste der Karasee veranschaulicht vielleicht am besten, warum Investitionen in teure Forschungsstationen als notwendig angesehen wurden – und warum sie der richtige Weg waren, um die Stabilität gebauter Strukturen zu sichern. Das Labor wurde Mitte der 1970er-Jahre in einer Siedlung errichtet, die ursprünglich für den Fluoritabbau gegründet und später für militärische Zwecke umgenutzt worden war. Das in Leningrad ansässige und auf „Bau im Norden“ spezialisierte Büro LenSNIEP hatte es entworfen. Die Architekt*innen konzipierten den Amderma-Komplex sowohl als Forschungseinrichtung als auch als architektonisches Experiment. Er umfasste Permafrostlabore, Unterkünfte

für Personal, einen Wintergarten und mehr. Das Gebäude selbst wurde mit der genannten Pfahlbaumethode auf Permafrost errichtet (siehe Abbildung links).

Die Wahl des Baumaterials spiegelte wider, dass es vor Ort keine Bauindustrie mit eigenen Materialquellen gab: Aluminiumplatten mit einer zusätzlichen Isolierschicht zur Wärmedämmung wurden im rund 900 Kilometer entfernten Hafen von Dikson maßgefertigt. Stahlrahmen wurden aus Leningrad (heute Sankt Petersburg) angeliefert, das über 2.000 Kilometer südwestlich von Amderma liegt. Aluminium war teuer und kam in der sowjetischen Bauindustrie sonst nur selten zum Einsatz. Aber in diesem Fall wurde viel Geld und Arbeit investiert, um leichte, vorgefertigte Systeme zu entwickeln, die sich für den Ferntransport und die schnelle Montage in nördlichen Regionen eigneten. Viele zeitgenössische Versuchsprojekte blieben Prototypen. Die Anlage in Amderma wurde dagegen tatsächlich realisiert.

Ihre hohen Kosten sowie ihre technische und logistische Komplexität zeigen, dass Verantwortliche derartige maßgeschneiderte Konstruktionen für die Permafrostforschung als langfristig wirtschaftlich ansahen. Das durch sie gewonnene Wissen ermöglichte tatsächlich eine zuverlässigere Vorhersage des Bodenverhaltens. Permafrostboden galt zwar noch als eine sensible Umwelt für Bauprojekte, aber Fachleute sahen das Risiko zunehmend als kalkulierbar an. Es konnte mit Hilfe wissenschaftlicher und ingenieurtechnischer Eingriffe beherrscht werden – wenn auch zu hohen Kosten.

Kolonisierung 2.0?

Während Ingenieure in der späten Zarenzeit die Erforschung des Permafrostbodens als Mittel der Kolonisierung betrachteten, kam im sowjetischen Diskurs ein alternativer Begriff auf: *Oswojenije*. Das Wort ist nicht eindeutig zu übersetzen. Es bedeutet wörtlich „sich zu eigen machen“ und kann sich auf so unterschiedliche Vorgänge beziehen wie das Erlernen eines Berufs, das Urbarmachen von Land und die Erschließung des Welt-raums. Die Inbesitznahme von Land kann – vom Ergebnis her – mit *Oswojenije* gemeint sein, aber dem Wort selbst fehlt die Konnotation von Gewalt, die einer Kolonisierung oder Eroberung innewohnt. In den 1920er- und 1930er-Jahren gewann es im sowjetischen Sprachgebrauch zur Expansion in Sibirien an Bedeutung und ersetzte zunehmend (wenn auch nicht vollständig) den Begriff der Kolonisierung. Der akademische Diskurs stellte *Oswojenije* oft als eine gemeinnützige Beziehung zwischen

dem „Kernland“ und den weniger industrialisierten und integrierten Gebieten dar. Das Konzept wurde mit einer positiven Idee von regionaler Entwicklung in Verbindung gebracht, mit staatlichen Infrastruktur-Investitionen und der Kultivierung von Fachwissen. Ressourcen sollten im Interesse des Gemeinwohls umverteilt werden – auch dies war gemeint, wenn von *Oswojenije* die Rede war.

Die Praxis sah anders aus. Während der stalinistischen Industrialisierung stützte sich *Oswojenije* häufig auf Zwangsmaßnahmen. Indigene Gemeinschaften wie die Nenzen, die Sacha und die Ewenken wurden enteignet und vertrieben, um ihr Land für industrielle Zwecke nutzen zu können. Bei den Bauarbeiten wurde routinemäßig Zwangsarbeit durch Gulag-Häftlinge eingesetzt. Boden, Luft und Wasser erlitten durch industrielle Verschmutzung und mangelnde Aufsicht dauerhafte Schäden. In der Permafrosttechnik betraf die „Erschließung“ auch indigenes Wissen und indigene Konzepte: In der Sprache der Sacha bezeichnet das Wort „alaas“ eine sogenannte Thermokarst-Senke – eine Senkung in der Permafrostlandschaft, die durch abschmelzendes Eis entsteht, und in der sich Seen und Wiesen bilden können. Die in Nordostsibirien lebenden Sacha nutzen diese nassen Inseln saisonal zum Weiden von Pferden oder als Hauwiesen. Während ihre Lebensweise durch den aggressiven Abbau von Rohstoffen (vor allem Diamanten, Gold und Zinn) und durch Assimilationspolitik an den Rand gedrängt wurde, fand also eines ihrer Wörter Eingang in den technischen Wortschatz der sowjetischen Permafrost-Experten.

Das Konzept des *Oswojenije* wurde im Lauf des 20. Jahrhunderts immer wieder neu interpretiert. Nach Stalins Tod im Jahr 1953 folgte in der UdSSR für kurze Zeit eine als „Tauwetter-Periode“ bekannte Phase. Der Ökonom Samuil Slavin war zu dieser Zeit Leiter der Kommission für Nördliche Probleme an der Akademie der Wissenschaften der UdSSR und der zentralen staatlichen Planungskommission Gosplan. Er nutzte diese Gelegenheit für eine Umdeutung der Nordexpansion. Im Gegensatz zum früheren stalinistischen Denken, das Industrialisierung als wichtigste Zielmarke definiert hatte, betonte Slavin – auch – die „menschliche Dimension“. Er hob die Bedeutung der Lebensqualität der Siedler sowie die Bereitstellung von Wohnraum und sozialer Infrastruktur als Erfolgsindikatoren hervor. An ihnen sollte sich nun orientieren, ob eine Region als „assimiliert“ oder „nicht assimiliert“ galt. Auch betrachtete er den „sowjetischen Norden“ nicht mehr als statische Einheit, sondern als eine flexible Größe mit einer Grenze, die sich im Lauf

der Zeit verschob: Je weiter *Oswojenije* und industrielle Integration voranschritten, desto kleiner wurde nach Slavins Auffassung der verbleibende „Norden“.

Nach Norden teurer

Die Permafrostforschung bildete auf dem Weg nach Norden, gemeinsam mit Architektur, Stadtplanung und weiteren angewandten Disziplinen, eine wichtige Entscheidungsgrundlage. Der Permafrostforscher Nestor Tolstikhin hob sein Fachgebiet allerdings besonders hervor. In seinem 1974 erschienenen Buch, „Obschtscheje Merslotowedenije“ („Allgemeine Geokryologie“), schrieb er, das Ergebnis der Expansion werde „weitgehend durch den Entwicklungsstand der Permafrostforschung als Wissenschaft und den Grad bestimmt, in dem die Errungenschaften der Permafrostwissenschaft in der Praxis genutzt wurden“.

Ganz praktisch geschah das zum Beispiel mit Hilfe von Zonierungskarten und Diagrammen, die Planungsexpert*innen erstellten und den Entscheidungsverantwortlichen vorlegten. Ein Beispiel dafür findet sich in einem Bericht aus dem Jahr 1975 über die industrielle Entwicklung Westsibiriens (siehe Abbildungen unten). Das Leningrader Forschungs- und Projektinstitut für Stadt-

planung hatte das Dokument erarbeitet und legte es dem Staatlichen Komitee für Bauwesen vor. Darin empfahl das Institut, in dem riesigen Gebiet zwischen Tjumen und der arktischen Karasee die Förderung von Erdöl und Erdgas strategisch voranzutreiben.

Die Planer*innen prognostizierten dabei einen durchgängigen Anstieg der Erschließungskosten von Süden nach Norden. In der wird der von Permafrost bedeckte, aber vom Meer aus schwer zugängliche Teil Nordwestsibiriens (auf der Karte mit der Nummer 1 gekennzeichnet) als „besonders komplex“ für die „Erschließung“ eingestuft. Je weiter man nach Norden käme, desto komplexer und kostspieliger sei das Bauen, und der Permafrost sei ein entscheidender Grund dafür. Nordwestsibirien, das von durchgehendem Permafrost, „extremen“ kalten Temperaturen und dünner Verkehrserschließung geprägt war, stuften die Autoren als besonders kostspielig ein: Klimaangepasste Wohnformen, speziellen Fundamenttechniken, transportable Ausrüstung, erhöhter Arbeits- und Logistikaufwand – all das müsse bezahlt werden. Die Baukosten schätzten sie auf bis zu „121 Prozent“ höher als in den Städten in der zentral-westlichen Sowjetunion. Zahlen wie diese flossen in Entscheidungen über große Industrie- und Infrastrukturprojekte ein.

„Einstufung der Region nach dem Komplexitätsgrad der Stadtentwicklung“. Die Karte erschien im Bericht „Methodische Leitlinien für die Stadtentwicklung in den nördlichen Regionen Westsibiriens (Siedlungsentwicklung, Planung und Ausbau der technischen Infrastruktur von Siedlungsgebieten)“, 1975.



Erneute Grenzverschiebung?

Ähnlich wie heute ist Permafrostboden also schon seit dem 19. Jahrhundert nicht nur ein Naturphänomen, sondern ein Kostenfaktor – und als solcher Gegenstand strategischer Analysen und Wirtschaftlichkeitsrechnungen. Der Zeitraum ist dabei kein Zufall. Er fällt zusammen mit der Kolonisierung des Nordens und der industriellen Expansion des modernen Staates. Was sich heute allerdings geändert hat, ist die Dringlichkeit, mit der Regierungen und Unternehmen angesichts des auftauenden Permafrosts um Lösungen ringen; wie sie versuchen, umweltadaptives ingenieurwissenschaftliches Wissen zu mobilisieren, um den Auswirkungen der menschengemachten Erderwärmung im Norden Herr zu werden.

Den ursprünglich an den Permafrost angepassten Bauten entzieht tauender Permafrost buchstäblich das Fundament. Ein solches Absacken wurde auch als Ursache eines großen Industrieunglücks im sibirischen Norilsk im Mai 2020 ausgemacht: Die Stützpfeiler eines Dieseltanks konnten die Last nicht mehr tragen und der Tank brach, woraufhin rund 21.000 Tonnen Diesel in die Umwelt gelangten. Dieses Beispiel zeigt die dramatischen Folgen der Schmelze. Der Wandel ist jedoch nicht nur schwerwiegend, er beschleunigt sich auch über alle bestehenden Berechnungen hinaus. Wieder einmal stößt also das vorhandene Wissen über den Permafrost an eine Grenze. Bestehende Modelle bilden das Verhalten des Bodens nur noch unzureichend ab. Das Versprechen, dass Forschung und Planung langfristige Kosten zuverlässig kompensieren können, gilt nicht mehr.

Zugleich läuft bereits ein neues Rennen um Rohstoffe in den nördlichen Regionen: Seltene Erden, Öl, Gas, Gold, Kupfer, Eisenerz, Diamanten und viele weitere Ressourcen wurden unter dem arktischen Meeresboden oder unter tauenden Permafrostschichten an Land gefunden. Ihre Förderung wird unweigerlich erneut schwere Umweltschäden und neue Treibhausgasemissionen verursachen. Erneut können wir uns industrielle Vorstöße in die sich wandelnde Landschaft wie eine kontinuierliche Verschiebung von Grenzen vorstellen. Und erneut könnte die Forschung zum Anhang des Expansionsstrebens werden.

Statt jedoch das beschleunigte Auftauen des Permafrosts als ein Problem zu behandeln, das weitere technokratische Lösungen erfordert, könnten wir diesen Moment auch als Chance nutzen: als Gelegenheit, den Glauben an die Notwendigkeit einer weiteren industriellen Expansion und Ressourcenausbeutung im Norden kritisch zu hinterfragen.

Autorinnen

Dr. Ksenia Litvinenko ist Architekturstudienhistorikerin und Walter-Benjamin-Stipendiatin im Forschungsschwerpunkt „Zeitgeschichte und Archiv“. Sie erforscht die Entwicklung von bautechnischem und architektonischem Wissen im Sozialismus.



Dr. Anastasiya Halauniova ist Stadt- und Umweltsoziologin und Assistenzprofessorin an der Durham University. Sie erforscht die Beziehung zwischen politischer Macht, Wissen und „natürlicher“ Umwelt.



Zum Weiterlesen

Chu, Pey-Yi (2020).

The Life of Permafrost: A History of Frozen Earth in Russian and Soviet Science.

University of Toronto Press, Toronto / Buffalo, NY.