

Zeitschrift: Geomatik Schweiz : Geoinformation und Landmanagement =
Géomatique Suisse : géoinformation et gestion du territoire =
Geomatica Svizzera : geoinformazione e gestione del territorio

Herausgeber: geosuisse : Schweizerischer Verband für Geomatik und
Landmanagement

Band: 120 (2022)

Heft: 1-2

Artikel: Sicher unterwegs : nachhaltige Auftausalz-Logistik dank
Geoinformation : Logistik der Streusalzbereitstellung in der Schweiz =
En route en toute sécurité : une logistique durable du sel à dégeler
grâce à la géoinformation : logistique de la mise à dispo...

Autor: Bereuter, Pia

DOI: <https://doi.org/10.5169/seals-981173>

Nutzungsbedingungen

Die ETH-Bibliothek ist die Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Zeitschriften und ist nicht verantwortlich für deren Inhalte. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern beziehungsweise den externen Rechteinhabern. [Siehe Rechtliche Hinweise.](#)

Conditions d'utilisation

L'ETH Library est le fournisseur des revues numérisées. Elle ne détient aucun droit d'auteur sur les revues et n'est pas responsable de leur contenu. En règle générale, les droits sont détenus par les éditeurs ou les détenteurs de droits externes. [Voir Informations légales.](#)

Terms of use

The ETH Library is the provider of the digitised journals. It does not own any copyrights to the journals and is not responsible for their content. The rights usually lie with the publishers or the external rights holders. [See Legal notice.](#)

Download PDF: 17.03.2025

ETH-Bibliothek Zürich, E-Periodica, <https://www.e-periodica.ch>

Sicher unterwegs: Nachhaltige Auftausalz- Logistik dank Geoinformation

Logistik der Streusalzbereitstellung in der Schweiz

Die Salzlagerhaltung für den Winterdienst ist in der Schweiz dezentral organisiert. Die unterschiedlichen Zuständigkeiten liegen bei den einzelnen Akteuren ASTRA, Kantone, Gemeinden und Privaten. Diese Akteure steuern weitgehend die Logistik und räumliche Verteilung der dezentralen Aussenlager unter Berücksichtigung der saisonal differenzierten Salzliefertarife. In Zusammenarbeit mit den Schweizer Salinen haben die Institute Geomatik und Ecopreneurship der Fachhochschule Nordwestschweiz FHNW Optimierungspotenzial einer nachhaltigen, zukünftigen Auftausalz-Logistik untersucht.

P. Bereuter

Variable Nachfrage und dezentrale Logistik als Herausforderung

Einer der wenigen Rohstoffe, die in der Schweiz abgebaut werden, ist Salz. Das Hoheitsrecht zur Salzgewinnung haben in der Schweiz die Kantone inne. Mit dem 1973 in Kraft getretenen Konkordatsvertrag übertrugen die Kantone die Rechte und Pflichten des Salzhandels an die Schweizer Salinen AG. Ein wichtiger Aspekt ist dabei die Sicherstellung der Mobilität, besonders im Winter. 30–50 % des geförderten Salzes wird als Auftausalz im Winterdienst eingesetzt (zwischen 100 000–400 000 t/a). Die Nachfrage ist stark abhängig vom Wetter. So verzeich-

nete der Januar 2021 das höchste bisherige monatliche Bestellvolumen von 110 000 t, dies im Vergleich zu 9 000 t im Januar 2020.

Modellierung in Zusammenarbeit mit Praxis und Forschung

In Zusammenarbeit mit den Schweizer Salinen haben die Institute Geomatik und Ecopreneurship der Fachhochschule Nordwestschweiz FHNW Optimierungspotenzial einer nachhaltigen, zukünftigen Auftausalz-Logistik untersucht. Dabei wurde das bestehende System auf die Versorgungssicherheit und allfälliges Potenzial zur ökologischen und ökonomischen Optimierung in Bezug auf die Grössenstruktur, die bereitgestellten La-

gerkapazitäten und die räumliche Verteilung der dezentralen Aussenlager sowie das Nachschubregime analysiert.

Die Analyse basiert auf einem Grundmodell, für welches von einem beliebigen Hauptlager aus verschiedene Aussenlager beliefert werden, welche für die Feinverteilung in den jeweiligen Aussenlagerregionen mit den zugewiesenen Gebieten zuständig sind und deren Bedarf decken. Dieses Grundmodell ermöglicht eine dynamische Bildung von Standortscenarien für beliebige Aussenlager und Zuweisung der jeweiligen Aussenlagerregionen.

Randbedingungen wie Lagergrössen, Transportkapazitäten und zeitliche Dynamik auf Basis der Bestellhistorie definieren das Verhalten der Aussenlagerregionen. Dies ermöglicht einerseits das Modell zu testen und andererseits konkrete Optimierungsoptionen durchzurechnen in Bezug auf Transportkosten und -mengen, Versorgungssicherheit, Lagerkosten, Lagerkapazitäten, Einsparpotenziale oder ökologische Auswirkungen. Für die vergleichende Analyse wurden fünf Standortscenarien gewählt mit unterschiedlicher Anzahl Aussenlager und Zuweisung der Aussenlagerregionen. Auf Basis der Randbedingungen lassen sich über die Szenarien vergleichend Fragestellungen behandeln. Beispielsweise: wie verändern sich Risiken von Unterdeckungen oder wie verhalten sich die Transportkosten ökonomisch und ökologisch?

Optimierung durch Kollaboration und Koordination

Die durchgeführten Analysen zeigen, dass die Versorgungssicherheit durch das bestehende System im Hinblick auf die räumliche Verteilung und die lokal vorhandenen Lagerkapazitäten sehr effektiv sichergestellt ist. Wegen der saisonal teureren Auftausalztarife erfolgen Nachbestellungen während des Winters in der Regel nicht direkt nach jeder Ausbringung, sondern folgen einer Salzkosten-Risikoabwägung basierend auf den vorhandenen Restbeständen und zu erwartenden



Abb. 1: Drohnenaufnahme der Schweizer Salinen, 2018, A. Meyer.

Fig. 1: Vue par drone des Salines suisses, 2018, A. Meyer.

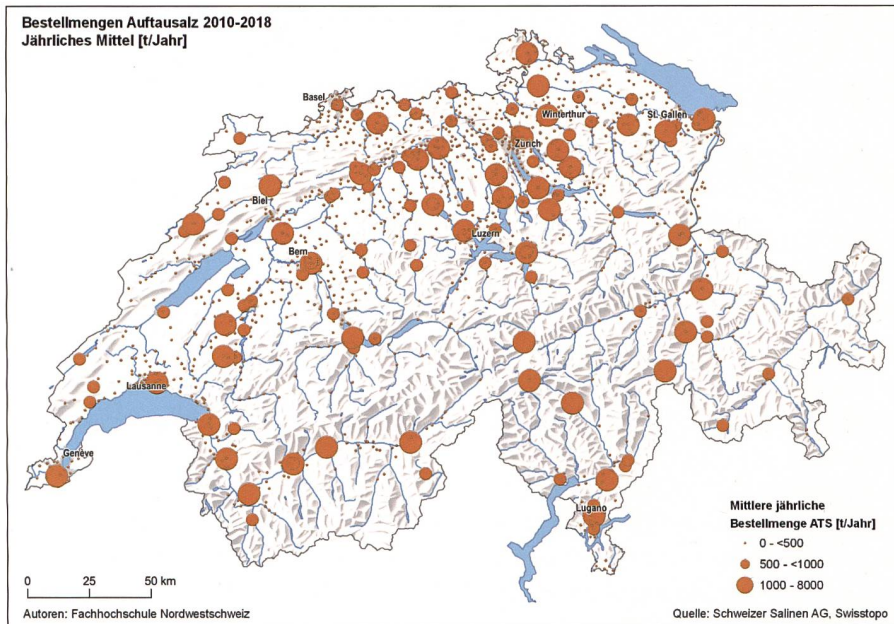


Abb. 2: Mittlere jährliche Auftausalz-Bestellmengen zwischen 2010 und 2018.

Fig. 2: Quantités annuelles moyennes de commande de sel à dégeler entre 2010 et 2018.

tendem Restbedarf für den Winter. Aus Sicht der Einsatzsicherheit und der Gesamttransportdistanzen sind eine möglichst grosse Anzahl von Aussenlagern verteilt und dimensioniert nach Bedarfsflächen optimal. Aus Kosten- und Umweltsicht sind grössere Aussenlager mit Schienenanbindung und einer minimalen Grösse von > 240 t anzustreben. Der Umwelteinfluss der Salzlogistik lässt sich durch die Transportart stark beeinflussen. Verlagerung auf die Schiene und alternative Antriebsarten bei Lastwagen bieten hier

Möglichkeiten zur weiteren Optimierung. Gesamtkosteneinsparungen könnten eine koordinierte Logistik und risikooptimierte Lagerhaltungen unter Nutzung digitaler Logistikprozesse in Kombination mit angepasster Preisgestaltung ermöglichen. Grundvoraussetzungen einer umfassenden Optimierung des Gesamtsystems sind eine gezielte Kollaboration und Koordination bei der Gesamtlagerhaltung, insbesondere bei der Festlegung der Kapazitäten gemeinsam genutzter Aussenlager, der optimalen räumlichen Ver-

teilung der Aussenlager, der Überwachung der Einsätze und Füllstände (online) und kontinuierlichen Bewirtschaftung der Aussenlager.

Reproduzierbare, modulare Datenanalysen und Sichtbarkeit

Das Projekt wurde als reproduzierbares räumliches Data Science Projekt in R mit parameterbasierten, dynamischen Randbedingungen, automatischer Generierung von beliebigen räumlichen Aussenlagerszenarien und Reporterstellung aufgebaut. Das Grundmodell und die Szenarienbetrachtung eignet sich in angepasster Form für weitere Projekte mit ähnlichen räumlichen Fragestellungen, wie für Betrachtungen der Logistik einer Kreislaufwirtschaft.

Dieses Projekt zeigt die Stärke der Geomatik in der interdisziplinären Zusammenarbeit, wie auch als Schnittstellenfunktion zwischen Praxis, Wissenschaft und Technologie. Als Wissenschaft, die sich in der Breite mit räumlichen Fragen inhaltlich und technisch auseinandersetzt, stehen wir vor der Aufgabe *sichtbarer* zu werden. Wir sind gefordert, in unseren Kernkompetenzen verstärkt interdisziplinär, divers und innovativ die Zukunft der Geomatik zu gestalten, aktiv eine nachhaltige, digitale Zukunft gesellschaftlich mitzugestalten und Aus- und Weiterbildung wie auch lebenslanges Lernen zu fördern. Die FHNW ermöglicht, mit dem CAS Spatial Data Analytics diese Kompetenzen weiter zu vertiefen.

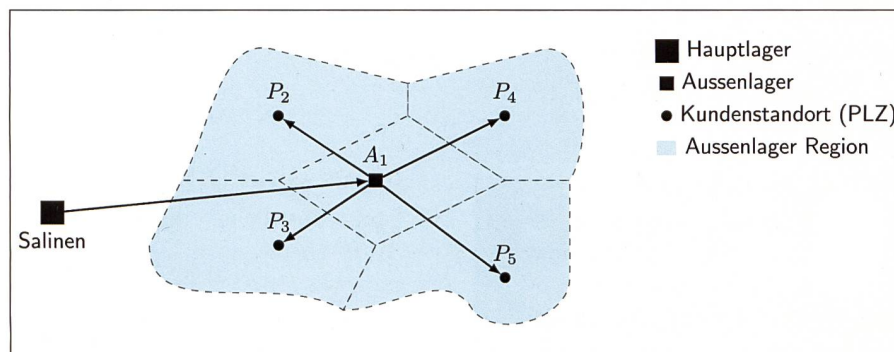


Abb. 3: Schematisches Grundmodell für ein Standortszenario in eine einzelne Aussenlagerregion mit deren zugewiesenen Gebiete.

Fig. 3: Modèle de base schématique pour un scénario d'implantation dans une région de stockage extérieure avec ses zones attribuées.

Prof. Dr. Pia Bereuter
 Angewandte
 Geoinformationswissenschaften
 Fachhochschule Nordwestschweiz
 FHNW
 Hochschule für Architektur, Bau und
 Geomatik
 Institut Geomatik
 Hofackerstrasse 30
 CH-4132 Muttenz
 pia.bereuter@fhnw.ch

En route en toute sécurité: une logistique durable du sel à dégeler grâce à la géoinformation

Logistique de la mise à disposition de sel de déneigement en Suisse

En Suisse, le stockage du sel pour le service hivernal est organisé de manière décentralisée. Les différentes responsabilités sont assumées par les différents acteurs, à savoir l'OFROU, les cantons, les communes et les particuliers. Ces acteurs contrôlent en grande partie la logistique et la répartition géographique des entrepôts extérieurs décentralisés en tenant compte des tarifs de livraison de sel différenciés selon les saisons. En collaboration avec les Salines Suisses, les instituts Géomatique et Ecopreneurship de la Haute école spécialisée du Nord-Ouest de la Suisse FHNW ont étudié le potentiel d'optimisation d'une future logistique durable du sel à dégeler.

In Svizzera lo stoccaggio del sale per il servizio invernale è organizzato in modo decentralizzato. Le varie competenze spettano ai singoli attori: USTRA, cantoni, comuni e privati. Tali attori si occupano anche di gestire la logistica e la distribuzione territoriale dei depositi esterni decentralizzati, tenendo in considerazione le tariffe stagionalmente differenziate della fornitura di sale. In collaborazione con le saline svizzere, gli istituti di Geomatica ed Ecopreneurship della Scuola universitaria professionale della Svizzera nordoccidentale FHNW hanno analizzato il potenziale di ottimizzazione per il futuro di un sistema sostenibile della logistica del sale antigelo.

P. Bereuter

Demande variable et logistique décentralisée: un défi à relever

L'une des rares matières premières exploitées en Suisse est le sel. En Suisse, ce sont les cantons qui détiennent la souveraineté en matière d'exploitation du sel. Avec le contrat de concordat entré en vigueur en 1973, les cantons ont transféré les droits et obligations du commerce du sel aux Salines Suisses SA. Un aspect important est la garantie de la mobilité, en particulier en hiver. 30–50 % du sel extrait est utilisé comme sel de déneigement pour le service hivernal (entre 100 000–400 000 t/a). La demande dépend fortement des conditions météorologiques.

Ainsi, janvier 2021 a enregistré le volume de commande mensuel le plus élevé à ce jour, soit 110 000 t, contre 9000 t en janvier 2020.

Modélisation en collaboration avec la pratique et la recherche

En collaboration avec les Salines Suisses, les instituts Géomatique et Ecopreneurship de la Haute école spécialisée du Nord-Ouest de la Suisse FHNW ont étudié le potentiel d'optimisation d'une future logistique durable du sel à dégeler. Le système existant a été analysé en termes de sécurité d'approvisionnement et de potentiel éventuel d'optimisation écologique et économique en ce qui concerne la structure de taille, les capacités de

stockage mises à disposition et la répartition spatiale des entrepôts extérieurs décentralisés ainsi que le régime de ravitaillement.

L'analyse se base sur un modèle de base pour lequel un entrepôt principal quelconque approvisionne différents entrepôts extérieurs qui sont responsables de la distribution fine dans les régions d'entrepôts extérieurs respectives avec les zones attribuées et qui couvrent leurs besoins. Ce modèle de base permet une formation dynamique de scénarios d'emplacement pour n'importe quel entrepôt extérieur et l'attribution des régions d'entrepôt extérieur correspondantes.

Les conditions marginales telles que la taille des entrepôts, les capacités de transport et la dynamique temporelle sur la base de l'historique des commandes définissent le comportement des régions de stockage extérieur. Cela permet d'une part de tester le modèle et d'autre part de calculer des options d'optimisation concrètes en termes de coûts et de quantités de transport, de sécurité d'approvisionnement, de coûts de stockage, de capacités de stockage, de potentiels d'économie ou d'impact écologique. Pour l'analyse comparative, cinq scénarios d'implantation ont été choisis, avec un nombre différent d'entrepôts extérieurs et l'attribution de régions d'entreposage extérieur. Sur la base des conditions marginales, les scénarios permettent de traiter des questions de manière comparative. Par exemple: comment les risques de rupture de stock évoluent-ils ou comment les coûts de transport se comportent-ils sur le plan économique et écologique?

Optimisation par la collaboration et la coordination

Les analyses effectuées montrent que la sécurité d'approvisionnement est assurée de manière très efficace par le système existant en ce qui concerne la répartition géographique et les capacités de stockage disponibles localement. En raison

des tarifs saisonniers plus élevés du sel à dégeler, les commandes de sel supplémentaires pendant l'hiver ne sont généralement pas effectuées directement après chaque épandage, mais suivent une évaluation des risques liés aux coûts du sel sur la base des stocks restants et des besoins résiduels attendus pour l'hiver. Du point de vue de la sécurité d'utilisation et des distances totales de transport, il est optimal de disposer du plus grand nombre possible d'entrepôts extérieurs répartis et dimensionnés en fonction des surfaces nécessaires. Du point de vue des coûts et de l'environnement, il convient d'opter pour des entrepôts extérieurs plus grands, reliés par des rails et d'une taille minimale de > 240 t. L'impact environnemental de la logistique du sel peut être fortement influencé par le mode de transport. Le transfert sur le rail et les modes de propulsion alternatifs des camions offrent ici des possibilités d'optimisation supplémentaires. Une logistique coordonnée et un stockage optimisé en termes de risques, utilisant des processus logistiques numériques et une tarification adaptée, pourraient permettre de réduire les coûts globaux. Les conditions de base d'une optimisation globale du système sont une collabora-

tion et une coordination ciblées lors de la gestion globale des stocks, en particulier lors de la définition des capacités des entrepôts extérieurs utilisés en commun, de la répartition spatiale optimale des entrepôts extérieurs, de la surveillance des interventions et des niveaux de remplissage (en ligne) et de la gestion continue des entrepôts extérieurs.

Analyse de données modulaire reproductible et visibilité

Le projet a été conçu comme un projet de science des données spatiales reproductible en R avec des conditions marginales dynamiques paramétrées, la génération automatique de scénarios de stockage extérieur spatiaux quelconques et la création de rapports. Le modèle de base et l'analyse des scénarios peuvent être utilisés sous une forme adaptée pour d'autres projets avec des questions spatiales similaires, comme les considérations de la logistique d'une économie circulaire. Ce projet montre la force de la géomatique dans la collaboration interdisciplinaire, ainsi que dans sa fonction d'interface entre la pratique, la science et la

technologie. En tant que science traitant des questions spatiales dans leur globalité, tant au niveau du contenu que de la technique, nous sommes confrontés à la tâche d'être *plus visibles*. Nous sommes appelés à façonner l'avenir de la géomatique de manière plus interdisciplinaire, diversifiée et innovante dans nos compétences clés, à participer activement à la construction d'un avenir numérique durable pour la société et à promouvoir la formation initiale et continue ainsi que l'apprentissage tout au long de la vie. Avec le CAS Spatial Data Analytics, la FHNW permet d'approfondir ces compétences.

Prof. Dr. Pia Bereuter
Angewandte
Geoinformationswissenschaften
Fachhochschule Nordwestschweiz
FHNW
Hochschule für Architektur, Bau und
Geomatik
Institut Geomatik
Hofackerstrasse 30
CH-4132 Muttenz
pia.bereuter@fhnw.ch

n|w Fachhochschule Nordwestschweiz
Hochschule für Architektur, Bau und Geomatik

EinBlick
22 | MÄRZ | 22

Infoanlässe: EinBlick in die Hochschule für Architektur, Bau und Geomatik FHNW

Dienstag, 22.03.2022 | ab 16.30 Uhr
Präsentation der Studiengänge & Fachvorträge

www.fhnw.ch/einblick