

PlaNeT SimTech Wettbewerb

In der Nordsee soll in Zukunft vermehrt CO₂ im Untergrund verpresst werden. Obwohl diese Verfahren gut untersucht sind, besteht trotzdem das Risiko, dass es zu spontanen Erdsenkungen kommt, die damit einen Tsunami auslösen würden.

Wie und wie schnell kann man in der touristischen Hochsaison von Sylt alle Menschen, Haus- und Nutztiere komplett evakuieren, wenn „von jetzt auf gleich“ evakuiert werden müsste?

Team: 4925

PlaNeT SimTech

09.03.2024

1. Inhaltsverzeichnis

1. Inhaltsverzeichnis	2.
2. Einführung in die Thematik	3.
3. Hauptteil	
3.1 Anzahl und Fläche der zu evakuierenden Lebewesen	4.
3.2 Transportmittel und ihre Kapazitäten	5.
3.3 Konkreter Evakuierungsplan	7.
3.4 Zeitliche Betrachtung	8.
3.5 Kosten	8.
3.6 Probleme	9.
4. Schlussfolgerung	10.
5. Literaturverzeichnis	11.
6. Anhang	13.

2. Einführung in die Thematik

Um die Umwelt zu schützen und die CO₂-Emission zu bremsen hat sich die Wissenschaft das Prinzip des verpressen überlegt. Bei diesem Verfahren wird CO₂ in den Meeresboden gepresst und beeinflusst das Klima und die Menschen somit nicht mehr. Dieses Verfahren scheint aufgrund seiner guten Ausarbeitung idiotensicher, birgt jedoch immer ein Risiko – spontane Erdsenkungen.

Diese Erdsenkungen allein sind zwar kein großes Problem, können jedoch fatale Tsunamis auslösen. Diese können nahegelegene Inseln erfassen und viele Menschenleben kosten.

Die Insel Sylt ist die nördlichste Insel Deutschlands. Sie liegt im Westen Schleswig-Holsteins in der Nordsee und erstreckt sich von Nord nach Süd. Sylt ist dafür bekannt die Heimat der schönen und reichen zu sein. Sie ist ein touristisches Hochgebiet und empfängt pro Jahr ca. 4,8 Mio. Touristen.

Nun wird eine CO₂-Verpressungsstation in der Nähe von Sylt aufgebaut und es stellt sich die Frage wie die Insel Sylt mit gegebenen Kapazitäten spontan in der touristischen Hochsaison mit all ihren Einheimischen, Touristen, Haus- und Nutztieren aufgrund eines solchen Tsunamis komplett evakuiert werden kann.

3. Hauptteil

3.1 Anzahl und Fläche der zu evakuierenden Lebewesen

Zunächst muss geklärt werden, welche Lebewesen evakuiert werden müssen. Die Anzahl der Einwohner auf Sylt beträgt ungefähr 18.000 Menschen. Hinzu kommen circa 109.000 Touristen während der touristischen Hochsaison. Da die Werte des Tourismus auf Sylt je nach Jahr variieren, runden wir auf 130.000 Menschen, welche am Tag des Tsunamis evakuiert werden müssen. Acht Menschen haben unter normalen Umständen stehend in einem Quadratmeter genügend Platz. Somit kommt man auf eine Gesamtfläche von 16.250 Quadratmeter für insgesamt 130.000 Menschen. ($130.000 \text{ Menschen} / 8 \text{ Personen pro m}^2 = 16.250\text{m}^2$)

Durchschnittlich haben 50% der Touristen ein Haustier. Von diesen 50% nehmen 40% ihr Haustier mit. Zusammengerechnet mit den Tieren der Sylter (7.200) befinden sich also ungefähr 31.200 Haustiere auf der Insel.

Allerdings müssen ebenfalls noch Nutztiere ausgesiedelt werden:

- 20.000 Schafe	→ $1,5\text{m} * 0,75 * 20.000$	= 22.500m ²
- 1.000 Rinder (geschätzt)	→ $3\text{m} * 0,75\text{m} * 1.000$	= 2.250m ²
- 5.000 Geflügel (geschätzt)	→ $5000 / 18$	= 277,78m ²
- 300 Schweine	→ $2,35 \text{ Schweine pro m}^2$	= 127,7m ²
- 600 Pferde	→ $2\text{m} * 1,10\text{m} * 600$	= 1.320m ²
26.900 Nutztiere	→	26.475,5m²
- 26.900 Nutztiere	→	26.475,5m ²
- 31.200 Haustiere	→ $31.200 / 3$	= 10.400m ²
58.100 Tiere	→	36.875,5m²
- 58.100 Tiere	→	36.875,5m ²
- 130.000 Menschen	→	16.250m ²
188.100 Lebewesen	→	53.125,5m²

3.2 Transportmittel und ihre Kapazitäten

Sylt ist durch mehrere Transportmittel zu erreichen, und somit auch wieder zu verlassen:

Der Hindenburgdamm ist ein Damm, welcher eine Verbindung zwischen Sylt und dem deutschen Festland schafft. Auf diesem sind Schienen gelegt. Die Schienen sind zweispurig und halten auf höchster Auslastung vier Züge aus. Die Züge mit der größten Kapazität, welche auf dieser Strecke verfügbar sind, sind vier Autozüge.

Außerdem gibt es eine Fähre, den Rømø - bzw. Syltexpress, welche alle zwei Stunden zwischen List und dem Hafen Havneby in Dänemark fährt.

Die letzte Möglichkeit, welche genutzt werden könnte, ist der Sylter Flughafen. Dieser ist jedoch zu klein, um viele Personen auf einmal zu transportieren. Es wäre also einfacher sich auf die beiden oben genannten Transportmittel zu konzentrieren und den Luftraum zu sperren, um Chaos am Flughafen und somit große Zeitverluste zu umgehen.

Per Autozug:

Der Autozug fährt auf einer Strecke von insgesamt 40 Kilometern und benötigt ca. 35 Minuten für eine Fahrt. Der Zug hat eine Kapazität von 175 Autos bei einer Autolänge von 6 Metern und einer Breite von 2,86 Metern. Da zum Beladen des Zuges mit dem Auto gefahren werden muss, kann man die Gesamtbreite des Zuges auf etwa 3 Meter runden. Die dabei entstehende Nutzfläche von 3150m² kann man verwenden, um die Menschen und Tiere zu transportieren. Dabei fahren die Züge nicht die volle Strecke von 40 Kilometern, stattdessen beginnen die Züge bei Westerland und am Anfang des Hindenburgdamms bis kurz über den Damm. Die Fahrzeit von Westerland dauert rund 7,5 Minuten und von Morsum etwa 3,5 Minuten. Die normale Geschwindigkeit des Zuges beträgt etwa 70 Kilometer pro Stunde, kann jedoch auf 160 Kilometer pro Stunde erhöht werden.

Auf einem Quadratmeter können acht Menschen transportiert werden, wodurch sich bei einem Zug etwa 25.200 Menschen transportieren lassen. Große Tiere wie Rinder und Schafe sowie Haustiere eignen sich ebenfalls für den Transport mit dem Zug, wobei wir eine Transportfläche von 3.150m² pro Zug erhalten.

Fläche pro Autofeld:

6m Länge * 3m Breite = **18m² Fläche**

Maximale Pkw-Anzahl: **175**

Einzelfläche → 18m²

Autos → 175

Fläche jedes Zuges → **3150m²** | *8 Menschen pro m²

| *4 fahrende Züge

Menschen, in 4 Zügen → **100.800 Personen**

Per Fähre:

Nutzt man eine Fähre als Evakuierungsmittel, so bietet sich eine Fahrt vom Hafen in List (Sylt) zum Hafen in Havneby (Rømø, Dänemark) an. Diese Route würde pro einfache Fahrt 45 Minuten Zeit in Anspruch nehmen.

Doch würden die Fährenkapazitäten überhaupt reichen, und welche Lebewesen würden am besten über diesen Weg in Sicherheit gebracht werden?

Da der Überseeweg größtenteils in geschlossenen Räumen vonstattengeht, ist jenes Transportmittel idealer für primär leichtere Tiere nutzbar.

Zur räumlichen Verfügung stehen hier der standardmäßige Passagierraum, andere Pufferräume – wie Küche, Mitarbeiterbereiche, Flure, Essbereich, ... – und das äußere Auto-Deck. Der Innenbereich umfasst, vor Abzug von Wänden und Möbeln, ungefähr die Fläche des Pkw-Bereichs. Das Parkdeck hat eine durchschnittliche Kapazität für 124 Personenkraftwagen. Auch leichte Tiere dürften mit aufs Autodeck, da sich die Fähre nicht zu schnell fortbewegt.

Ungefähre Berechnung Parkdeck:

$4,36\text{m Autolänge} * 1,81\text{m Autobreite} = 7,89\text{m}^2 \text{ pro Auto}$

$7,89 * 124 \text{ Autos} = 978,5584\text{m}^2 \approx \mathbf{980\text{m}^2 \text{ Parkfläche}}$

Ungefähre Berechnung Innenbereich:

Ca 980m^2 - ugf. 10m^2 für Wände $\approx \mathbf{970\text{m}^2 \text{ Innenraum}}$

Überschlagener Gesamtbereich: 1.950m^2

Wie viele Tiere würden denn nun beherbergt werden und gäbe es noch Kapazitäten für weitere Menschen? Geflügelte Tiere wie Hühner gehören wegen ihrer geringen Größe und wegen ihres geringen Gewichts per Fähre transportiert. Außerdem ist es möglich, alle Pferde und Schweine parallel zu fahren.

Geflügel $\rightarrow -277,78 \text{ m}^2$

Pferde $\rightarrow -1.320 \text{ m}^2$

Schweine $\rightarrow -127,70 \text{ m}^2$

Verbrauchter Platz: Tiere $\rightarrow -1.725,48\text{m}^2$

+ Gesamtkapazität Fähre $\rightarrow 1.950 \text{ m}^2$

Platz für Menschen $\rightarrow 224,52 \text{ m}^2$ | *8 Menschen pro m^2

Menschenkapazität $\rightarrow 1.796,16 \text{ Personen}$

Demnach können neben allen Geflügeltieren, Pferden und Schweinen auch noch 1.796 Menschen über die Fähre evakuiert werden.

3.3 Konkreter Evakuierungsplan

Etappe 1:

Fähre von List nach Rømø:	Geflügel, Schweine, Pferde Rest Menschen
Zug 1 und 2 von Morsum:	Menschen
Zug 3 und 4 von Westerland:	Menschen

Zug 1, 2, 3 und 4 → 100.800 Menschen von 130.000 → 29.200 Menschen übrig
 Fähre → 1.796 Menschen von 29.200 → 27.404 Menschen übrig

Etappe 2:

Zug 1 und 2 von Morsum:	1: Menschen; 2: Menschenrest & Rinder
Zug 3 und 4 von Westerland:	jeweils 3150 Schafe

Zug 1 → 25.200 Menschen von 27.404 → 2.204 Menschen übrig
 Zug 2 → 2.204 Menschen → 3150m² - 275,5m²
 → 2874,5m² Nutzfläche übrig → 1000 Rinder (2250m²)
 → 0 Rinder und 624,5m² übrig

Etappe 3:

Zug 1 und 2 von Morsum:	je 3150m ² Schafe
Zug 3 und 4 von Westerland:	je 3150m ² Schafe

Zug 1, 2, 3 und 4 → 4 * 3150m² von 22.500m² Schafen → 9900m² Schafe übrig

Etappe 4:

Zug 1 und 2 von Morsum:	je 3150 Schafe
Zug 3 und 4 von Westerland:	
- 3	→ 3150 Schafe
- 4	→ 3150 Rest Schafe und Haustiere

Zug 1, 2 und 3 → 3 * 3150m² von 9900m² → 450m² Schafe übrig
 Zug 4 → 3150m² - 450m² Schafe → 2700m² Nutzfläche übrig
 → 2700m² Haustiere von 10.400m² → 7.700m² Haustiere übrig

Etappe 5:

Zug 1 und 2 von Morsum:	je 3150m ²
Zug 3 von Westerland:	Rest

Zug 1 und 2 → 2 * 3150m² von 7.700m² Schafen → 1.400m² Haustiere übrig
 Zug 3 → 1400m² von 1400m² Schafen → 0m² Schafe übrig

3.4 Zeitliche Betrachtung

Jede Etappe umfasst 4 Phasen, dazu gehören das Beladen, die Überfahrt, das Entladen und die Rückfahrt. Das Beladen sowie das Entladen sind der Langwierigste Teil der Prozedur, deren Zeit aufgrund von Faktoren wie Unruhe, Drängerei, Alter der Menschen und anderen Unvorhersehbaren Ereignissen erheblich erhöht werden kann. Unter normalen Umständen dauert das Be-/Entladen des Zuges etwa 10 Minuten, unter Bedingungen, die es erfordern, schneller zu Arbeiten und dem Zusatz, dass die Menschen von der Seite auf den Zug kommen können, kann man die Zeit auf etwa 5 Minuten reduzieren. Angesichts der Fahrtzeiten die einmal 3,5 Minuten und einmal 7,5 Minuten betragen, kommt man auf eine Gesamtzeit pro Zug, einmal 25 Minuten für den Zug von Westerland und einmal 16 Minuten für den Zug von Morsum. Da es fünf Etappen benötigt, um alle Tiere und Menschen in Sicherheit zu bringen, kommen wir auf eine Zeit von 2 Stunden und 5 Minuten. Die Zeit der Fähre ist irrelevant, da diese lediglich 45 Minuten benötigt.

3.5 Kosten

Die Evakuierung von ganz Sylt samt Haus- und Nutztieren ist auch in einer Notsituation mit hohen Geldsummen verbunden. Da alle Personen mit in Sicherheit gebracht werden sollen, fällt somit der finanzielle Faktor des persönlichen Einkommens und Besitzes weg. Das bedeutet also, dass die Evakuierung staatlich finanziert werden sollte. Alle Kosten würden also im Nachhinein durch das Land Schleswig-Holstein oder gar durch den Bund finanziert werden.

Eine einfache Fährnfahrt mit dem „Rømø-Express“ von List nach Havneby kostet im Normalfall mit Autoplatz **63,00€**. Nun stellt sich uns jedoch die Frage, ob in einer Gefahrensituation dieselben Kosten erhoben werden sollten: Sollte überhaupt Geld berechnet werden, oder sollten gerade wegen der Ausnahmesituation höhere Geldbeträge anfallen?

Der ursprünglich für Autos vorgesehene Parkbereich wird nun für Menschen und Tiere verwendet. Daher wird hier dieselbe Fläche in Anspruch genommen. Dies gilt allerdings nicht für die Innenräume: hier werden Extrabereiche geräumt, damit mehr Lebewesen aufgenommen werden können. Da hierdurch andere Verhältnisse als die von den Fahrveranstaltern Vorgesehenen (399 Sitzplätze) herrschen, lässt sich bei solch einer Evakuierungsfahrt mit weitaus höheren Kosten rechnen. Hinzu kommt eine mögliche Sachbeschädigung wegen Überfüllung. Diese würde zwar nicht absichtlich geschehen, müsste den Veranstaltern jedoch trotzdem erstattet werden. Als Vergleichswert lässt sich also exemplarisch die Geldstrafe für Sachbeschädigung (StGB; max. 360 Tagessätze; hier ein Viertel: $\approx 90 * 7.500€$ [1/4 von max. Tagessatz] \approx **675.000€**)

Unsere Idee ist es, dass für jede fliehende Person gezahlt werden muss und die Preise für Tiere durch den zuvor berechneten Geldbetrag wegen möglicher Sachbeschädigung abgedeckt.

Insgesamt hat man also einen Fährnbetrag von $1.796 \text{ Menschen} * 63€ + 675.000€$
= 788.148€

Eine Zugfahrt pro Person kostet im Normalfall als Sparpreis circa 20€. Berechnet man nun erneut den Normalbetrag pro Person, und es werden 128.204 Menschen mit dem Autozug transportiert, so kommt man auf einen Pauschalbetrag von **2.564.080€** für alle per Zug evakuierten Menschen. Erneut gehen wir von einer Geld Höhe von **675.000€** für Tiere und mögliche Beschädigung am Zug aus.

Fährenbetrag Mensch	→	113.148€
Autozugbetrag Mensch	→	2.564.080€
2x Tierpauschale	→	675.000€ * 2
Gesamtkosten Evakuierung	→	4.027.228€

Somit lässt sich festhalten, dass der Bund Deutschland oder das Land Schleswig-Holstein einen Evakuierungsbetrag von knapp über Viermillionen Euro bezahlen muss. Schäden neben Fähre und Zug – beispielsweise Autos, Häuser – gehören im Normalfall von der Versicherung übernommen.

3.6 Probleme des Konzepts

Wenn man viele Menschen schnell bewegen muss, kommen natürlich immer Probleme auf. Dies wird auch beim Evakuieren von Sylt passieren. Die Menschen müssten geordnet zu Bahnhof und der Fähre Anlegestelle gelangen und die Züge und das Boot ebenfalls geordnet betreten. Das Hauptproblem liegt darin, dass die Menschen in einer Krisensituation in Panik geraten und sämtliche Regeln und Vorschriften missachten. Man müsste mit perfektem Verhalten rechnen, damit ein Evakuierungsprozess Reibungslos abläuft. Die Menschenmassen an den Bahnhöfen und der Anlegestelle werden die Evakuierung unweigerlich ausbremsen.

Außerdem müssen die Menschen von Sylt alle ihrer nicht portablen Besitztümer zurücklassen. Die meisten Menschen werden versuchen das Wichtigste zu retten und nicht verstehen warum Auto etc. nicht mitgenommen werden können und den ganzen Prozess somit verlangsamen.

Natürlich kostet unser Konzept auch eine ganze Menge Geld, dies ist jedoch gerechtfertigt, wenn man bedenkt, dass eine gesamte Insel von 0 auf 100 samt Touristen und Nutz- und Haustieren leergeräumt wird.

4. Schlussfolgerung

Mit dem von uns erarbeiteten Konzept und seinen Möglichkeiten kann die Insel Sylt in ca. 2 Stunden evakuiert werden. Im Falle eines Tsunamis, welcher auf hoher See entsteht, wäre dies gerade so genügend Zeit um auch ohne große Vorbereitung die Menschen und Tiere der touristischen Hochsaison auf das sichere Festland zu retten.

Falls man noch mehr Vorbereitungszeit hat, könnte man mehrere Evakuierungstunnel unter den Meeresgrund graben, welche mehrere Ein- bzw. Ausgänge auf der Insel haben und von noch größeren Zügen mit Abteilen für Menschen und Tiere ausgestattet sind durchfahren werden und somit die Evakuierung noch effizienter machen.

Die gelbe Linie des Bildes zeigt eine mögliche Struktur des Evakuierungstunnels, dieser wird durch die Größeren Orte gehen und so einen möglichst kurzen und schnellen Fluchtweg zu garantieren. Dieser Tunnel sollte die Möglichkeit haben, mechanisch verschlossen zu werden, um das Eindringen von Wasser zu verhindern.



5. Literaturverzeichnis:

Menschen auf Sylt:

<https://hansenhof-sylt.de>

Haustiere in Deutschland:

<https://de.statista.com/statistik/daten/studie/859229/umfrage/anteil-der-haushalte-in-deutschland-mit-haustieren>

<https://www.abendzeitung-muenchen.de/panorama/studie-mehr-als-jeder-zweite-deutsche-hat-ein-haustier-art-476131>

Touristen auf Sylt:

www.natuerlich-sylt.com/wieviele-betten-wieviele-menschen-sind-taeglich-auf-sylt-ruf-nach-praeziser-statistik-wird-lauter

Anzahl der Haustiere die Touristen mitbringen:

<https://de.statista.com/statistik/daten/studie/1034833/umfrage/umfrage-zur-mitnahme-von-haustieren-in-den-urlaub-in-deutschland/>

Tiere auf Sylt und ihre Maße:

Schafe: https://www.ndr.de/nachrichten/schleswig-holstein/Hunde-Angriffe-auf-Sylt-Rangerin-soll-Schafe-beschuetzen_rangerin104.html

<https://de.wikipedia.org/wiki/Schafe>

Pferde: <https://www.sylt.de/entdecken/sport/reiten>

<https://www.novus-hm.com/wie-viel-platz-benoetigt-ein-pferd-stall/>

<https://www.pavo-futter.de/beratung/das-gewicht-deines-pferdes-berechnen/>

Rind:

<https://www.elite-magazin.de/news/newsticker/kuh-durchschnittlich-73-cm-breit-6991.html>

<https://www.prosieben.de/serien/galileo/news/kuh-kuehe-steckbrief-gewicht-groesse-alter-verhalten-rinder-329396>

Huhn:

www.vier-pfoten.de/kampagnen-themen/themen/nutztiere/huehner/haltungsformen-bei-legehennen

Schwein:

<https://www.km-bw.de/pb/site/pbs-bw-new/get/documents/MLR.LEL/PB5Documents/lel/pdf/t/Tiertransporte%20-%20Merkblatt%20Schweine.pdf>

Fähre von Sylt aus: <https://www.frs-syltfaehre.de/reederei/flotte>

<https://www.welt.de/motor/news/article244937978/Jedes-Jahr-ein-Zentimeter-mehr-Laengenwachstum-bei-Pkw.html>

https://www.frs-syltfaehre.de/buchung?lang=de&bookingRoute=LH&bookingOutward=2024-03-09&bookingReturn=2024-03-09&bookingType=2&adults=1&infants=0&tab=1&utm_source=Google&utm_medium=AdWords&utm_campaign=Autofaehre_nach_Sylt&utm_term=60091&utm_content=none

<https://www.schiffswerft-diedrich.de/project/schnellfaehre-für-150-personen>

Karte von Sylt (Google Maps):

<https://earth.google.com/web/search/sylt>

Fährenroute:

<https://www.google.com/maps/dir/Hafen+von+List,+List/Havneby,+Dänemark/@55.0151415,8.4304104,15z/am=t/data=!4m13!4m12!1m5!1m1!1s0x47b4da847d019dab:0xa1a7cabf339ff79f!2m2!1d8.439799!2d55.015779!1m5!1m1!1s0x47b4ce6e661d54d5:0xa00afcc1d515bf0!2m2!1d8.5582048!2d55.087448?entry=ttu>

Autozug-Kapazität:

<https://www.autozug-sylt.de/de/faq>

- [Breite 2,86m](#)
- [110 Fahrzeuge](#)

<https://www.bahndampf.de/autoreisezug/sylt-shuttle-autozug>

- [6m länge](#)

Maße von Menschen:

<https://www.swr.de/wissen/1000-antworten/wie-gross-muesste-eine-kugel-sein-damit-alle-menschen-darauf-einen-stehplatz-faenden-100.html>

Karte von Sylt(Anhang):

<https://de.m.wikipedia.org/wiki/Datei:Syltkarte.png>

Gesetz Sachbeschädigung:

www.gesetze-im-internet.de/stgb/_303.html

www.strafrecht24.at/ratgeber/vermoegensdelikte/sachbeschaedigung

<https://de.wikipedia.org/wiki/Tagessatz>

Autozug Preis:

<https://www.autozug-sylt.de/de/preise/online-tickets/>

Tsunami:

<https://www.aktion-deutschland-hilft.de/de/mediathek/infografiken/infografik-entstehung-eines-tsunami>

6. Anhang

