

# Nachhaltige Häfen - Planung und Bewertung

## Lebenszyklusanalyse von Kaiwänden



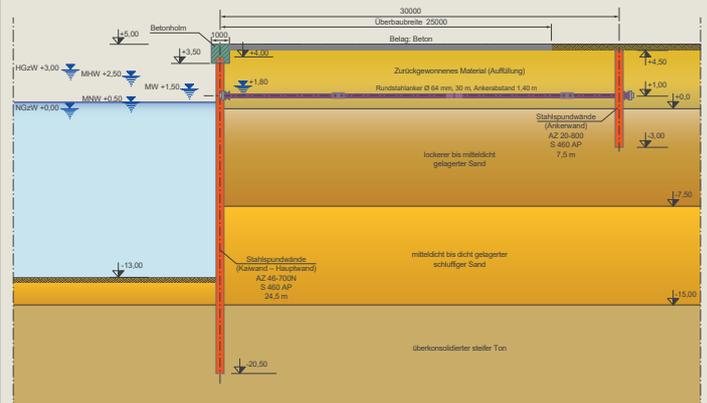
Lösungen für Häfen und Binnenwasserstraßen

© Canals Port, 2015 | Frankreich

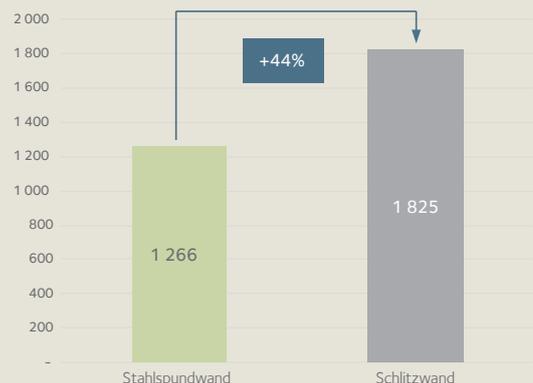
Wie baut man einen nachhaltigen Hafen?  
Vor der Planung eines neuen Hafenbauwerks ist es sinnvoll, eine mögliche Verlängerung der Nutzungsdauer bestehender Anlagen zu prüfen. Dies ist aus ökologischer Sicht die beste Option, da ohnehin alte Bauwerke oftmals nachgerüstet werden müssen. Wenn es darum geht, größere Sohliefen für Schiffe mit höherem Tiefgang zu erreichen oder wenn die bestehenden Anlagen bald nicht mehr nutzbar sind, kann der Bau einer neuen Kaiwand die einzige praktikable Alternative sein. Zur fundierten Entscheidungsfindung ist eine ökonomische und ökologische Analyse sicherlich hilfreich.

2019 beauftragte ArcelorMittal *Tractebel*, ein unabhängiges belgisches Ingenieurbüro, mit der Analyse dieses recht vielschichtigen Themas [1]. Die Ingenieure schlugen vor, sich auf drei wesentliche Indikatoren zur Bewertung zu konzentrieren: technische, finanzielle und ökologische Kriterien. Ihre Aufgabe bestand darin, drei verschiedene technische Lösungen zu vergleichen.

### + Ökobilanz einer Kaiwand



Globales Erwärmungspotenzial [t CO<sub>2</sub>-Äq.]



Ergebnisse der Lebenszyklusanalyse

## Realistische Fallstudie zum Vergleich

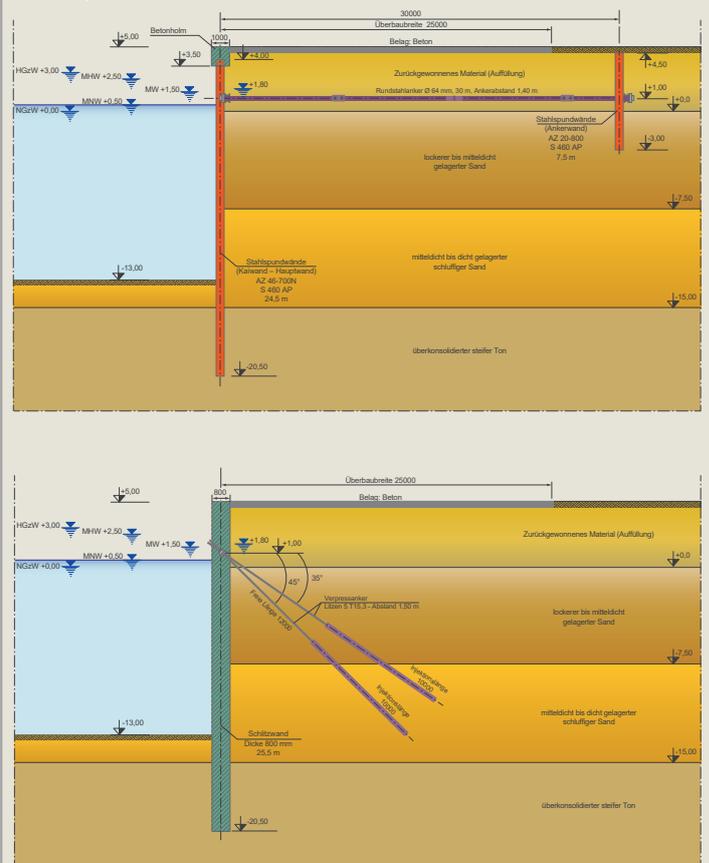
Um einen fundierten Vergleich von einer Stahlspundwandlösung mit alternativen Lösungen zu ermöglichen, wurde eine einfache aber realistische Fallstudie durchgeführt. Sie basiert auf einer Standardgeometrie eines 200 Meter langen Terminals für Kreuzfahrtschiffe mit einem Tiefgang von 13,0 Metern und einer Kaioberkante von 5,0 Metern über dem mittleren Meeresspiegel, der im Hafen von Antwerpen in Belgien unter den dort typischen Bodenverhältnissen gebaut werden würde (siehe Querschnitte). Die untersuchten Bauweisen beinhalteten eine Stahlspundwand, eine Schlitzwand und eine Pfahlrostkonstruktion mit aufliegender Deckplatte (sogenannte „deck on piles“).

Die technische und wirtschaftliche Analyse der Lösungen hat gezeigt, dass **die Stahlspundwand** unter den gewählten Annahmen ca. **20 % kostengünstiger als die Schlitzwand** ist. Die Kosten für die Pfahlrostkonstruktion mit Deckplatte fallen noch deutlich höher aus.

## Lebenszyklusanalyse untersucht und begutachtet verschiedene Phasen

Die Umweltaspekte der Lösungen wurden durch eine **Lebenszyklusanalyse (Ökobilanz)** umfassend analysiert, wobei nur die beiden Kostengünstigsten verglichen wurden. Ziel war es, die **gesamten Lebenszykluskosten**, einschließlich der Gutschriften und Lasten am Ende der Nutzungsdauer, d. h. Rückbau und Recycling der Bauteile, jedoch ohne Wiederverwendung der Komponenten, zu vergleichen. Die Lebenszyklusanalyse wurde von der F&E-Abteilung von ArcelorMittal im Jahr 2020 durchgeführt [2] und konzentrierte sich auf das globale **Treibhauspotential**. Sie basierte auf dem von *Tractebel* erstellten Leistungsverzeichnis und wurde von einem Gremium aus drei unabhängigen Experten begutachtet [3], um einen fairen und transparenten Vergleich zu gewährleisten.

## Geometrien der untersuchten Kaiwände



Obwohl dies von den ISO- und EN-Normen nicht gefordert wird, ist eine Lebenszyklusanalyse genauer und realistischer, wenn sie die **Umweltproduktdeklarationen (EPD) der Hersteller** verwendet, anstatt allgemeiner Werte aus Datenbanken. Die Studie wurde in Übereinstimmung mit den Normen ISO 14040 [4] und ISO 14044 [5] durchgeführt. Die Materialdaten basieren auf EPDs, die der EN 15804 [6] entsprechen. Die gesamte Lebenszyklusanalyse der Infrastruktur orientiert sich an der Methodik der EN 15978 [7], auch wenn diese nicht direkt anwendbar ist. Um ein möglichst einheitliches Verfahren zu garantieren, wurden für die Lebenszyklusanalyse die EPDs von ArcelorMittal für die Stahlelemente und die EPDs vom gleichen Programmhalter für die anderen Materialien verwendet.

<sup>1)</sup> Die Schlussfolgerungen können nicht einfach auf andere Situationen oder Länder übertragen werden, ohne entsprechende Korrekturfaktoren anzuwenden. In der Lebenszyklusanalyse wurden einige vereinfachte Annahmen getroffen.

<sup>2)</sup> Die EcoSheetPile™-Reihe wird zu 100 % aus recyceltem Stahl im Elektrolichtbogenofenverfahren hergestellt. Diese Stahlspundbohlen sind mehrfach verwendbar und können nach ihrer Nutzungsdauer recycelt werden.

## Einfluss der Rückbau- und Nachnutzungsphase

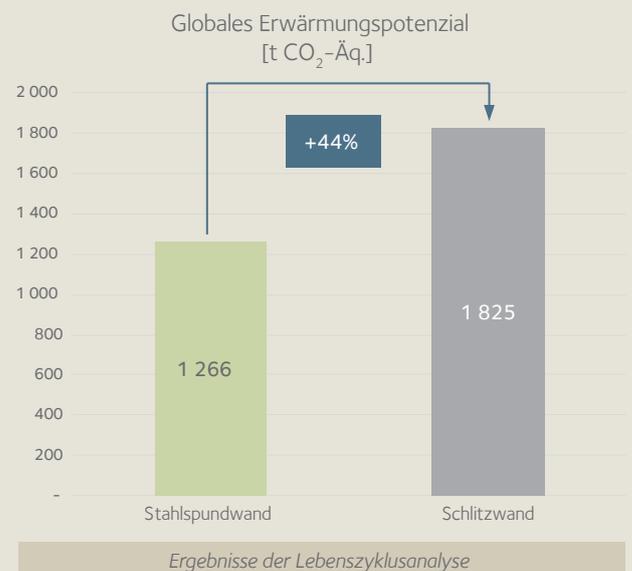
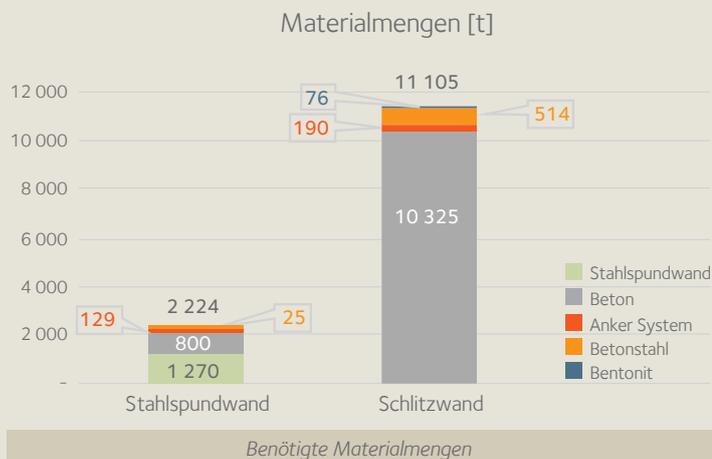
Das Nutzungsende-Szenario kann einen großen Einfluss auf die ökologischen Auswirkungen haben und eine Vernachlässigung der Recycling-/Wiederverwendungsphase kann unter Umständen zu einer Unterschätzung der ökologischen Auswirkungen führen. In der Studie wird davon ausgegangen, dass am Ende der geplanten Nutzungsdauer von 50 Jahren alle Spundbohlen aus dem Boden gezogen und zu 99 % recycelt werden. Nur 1 % wird als Abfall deklariert. Da diese Annahme von der ursprünglichen Umweltproduktdeklaration abweicht, entwickelte unsere F&E-Abteilung ein Berechnungstool auf Basis der ursprünglichen Deklaration, um die projektspezifischen Umweltkennzahlen zu ermitteln.

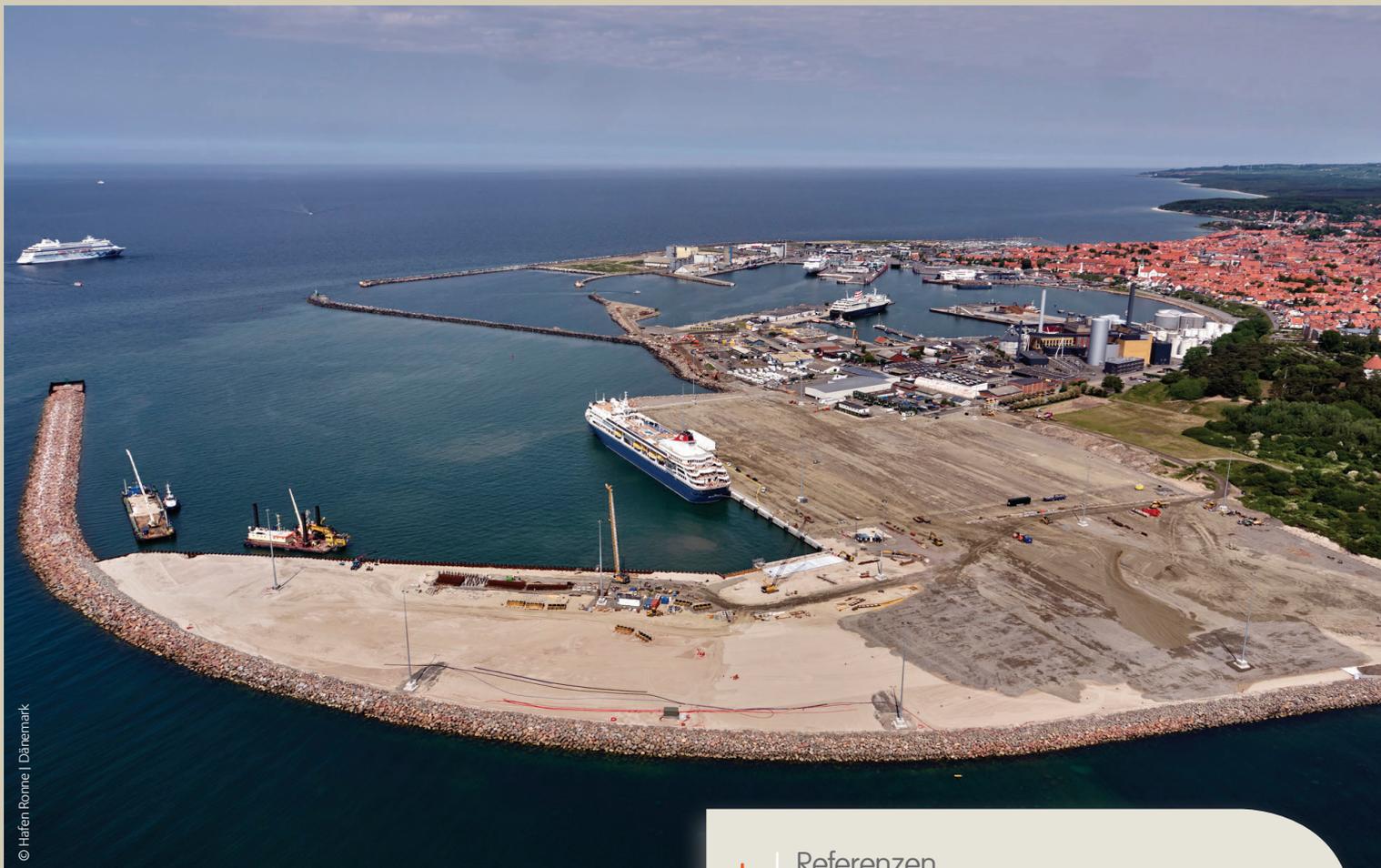
In dieser Fallstudie, wie auch bei allen in Europa hergestellten und verwendeten Spundbohlen, tragen Transport und Einbau nur geringfügig zur CO<sub>2</sub>-Bilanz bei: gewöhnlich mit weniger als 10 % der gesamten Treibhausgasemissionen.

## Untersuchungsergebnisse

Die Lebenszyklusanalyse zeigt, dass die **EcoSheetPile™ Stahlspundwand die geringste CO<sub>2</sub>-Bilanz mit einer Einsparung von 44 % im Vergleich zur Schlitzwand aufweist<sup>1)</sup>**. Eine Sensitivitätsanalyse bestätigte, dass die Änderung einiger Schlüsselp Parameter, trotz Variationen in der Differenz (von 19 % bis 76 %) das Ergebnis des Basisszenarios nicht umkehrt. Es bleibt zu erwähnen, dass die neuen, seit 2021 erhältlichen **EcoSheetPile™<sup>2)</sup> Plus-Spundbohlen** ca. 30 % weniger CO<sub>2</sub> Emission im Vergleich zur vorherigen Produktreihe verursachen. Diese Spundbohlen werden mittels Elektrolichtbogenofen unter Verwendung von 100 % erneuerbarem Strom hergestellt. Daher verbessert die Verwendung der neuen EcoSheetPile™ Plus-Reihe die Bilanz zwischen der Stahl- und der Schlitzwandlösung noch weiter.

### + Materialmengen & Ökobilanz





© Hafn Romme | Dänemark

## Fazit

Zusammenfassend lässt sich festhalten, dass bei der Auswahl einer nachhaltigen Lösung mehrere Schlüsselindikatoren zu berücksichtigen sind. Die Baukosten (einschließlich der Planung) sind definitiv einer der primären Indikatoren. Die wichtigste Umweltkennzahl, die in dieser Fallstudie analysiert wurde, war die **CO<sub>2</sub>-Bilanz**. Sie kann in ein Schema, das die nachhaltigste Lösung (d. h. das wirtschaftlich günstigste Angebot) ermittelt, wie z. B. die in den Niederlanden verwendete **Monetarisierungsmethode**, einbezogen werden [8]. Die Grundlage dieser niederländischen Methode ist die Bewertung eines *Umweltkostenindikators* mit Hilfe **mehrerer Umweltindikatoren** aus niederländischen Umweltproduktdeklarationen, multipliziert mit geeigneten Gewichtungsfaktoren. Dieser recht einfache Umweltkostenindikator ist Teil der Auswahlkriterien der nachhaltigsten Lösung, die nicht unbedingt die preisgünstigste sein muss.

## + Referenzen

- [1] TRACTEBEL ENGINEERING S.A., Methodic comparison of retaining wall solutions, 2018
- [2] ArcelorMittal Global R&D, LCA methodological report – Comparative study of steel sheet pile and concrete slurry wall in quay infrastructure application, Luxembourg, 2020
- [3] Solinen & al – panel review of 3 experts, Critical review of the LCA – Comparative study of steel sheet pile and concrete slurry wall in quay infrastructure application, 2020
- [4] ISO, ISO 14040:2006-07 – Umweltmanagement – Ökobilanz – Grundsätze und Rahmenbedingungen, 2006
- [5] ISO, ISO 14044:2006+A1:2018 – Umweltmanagement – Ökobilanz – Anforderungen und Anleitungen, 2018
- [6] CEN, EN 15804:2012+A1:2013 – Nachhaltigkeit von Bauwerken – Umweltproduktdeklarationen – Grundregeln für die Produktkategorie Bauprodukte; Brüssel, 2014
- [7] CEN, EN 15978:2011 – Nachhaltigkeit von Bauwerken – Bewertung der umweltbezogenen Qualität von Gebäuden – Berechnungsmethode; Brüssel, 2012
- [8] Stichting Bouwkwiteit, Determination Method – Environmental performance – Buildings and civil engineering works, Rijswijk, 2019

*Bemerkung: Literaturquellen [1], [2] und [3] sind unveröffentlichte Berichte, die für oder von ArcelorMittal erarbeitet wurden.*