



SmartSheetPile

Monitoring von innovativen Infrastrukturen
(Structural Health Monitoring)



Inhaltsverzeichnis

1. Einführung	2
2. Die wichtigsten Vorteile von SmartSheetPile	3
3. Prozessablauf	4
3.1. Wählen Sie die für das Projekt relevante Kombination von Phänomenen aus	4
3.2. Detaillierte Vorschläge (Anzahl und Positionen der Sensoren)	5
3.3. Installation und Inbetriebnahme	6
3.4. Rammversuch	6
3.5. Langfristige Online-Überwachung und Auslösung von Warnmeldungen	9
4. SmartSheetPile-Standardpaket-Lösungen: Basic/Advanced/Expert	11
4.1. Wassertransport	11
4.2. Lösungen zum Schutz vor Naturkatastrophen	12
4.3. Mobilitätsinfrastruktur	12
4.4. Umweltschutz	13
5. Stromversorgung, Wartung und Lebensdauer	14
6. F.A.Q. (Häufig gestellte Fragen)	15

1. Einführung

Im modernen Infrastrukturmanagement hat die Gewährleistung von Sicherheit, Nachhaltigkeit und optimaler Funktionalität für kritische Anlagen wie Häfen, Deiche und andere auf Stahlspundwänden basierende Bauwerke weiterhin höchste Priorität.

Angesichts der steigenden Nachfrage nach effizienteren und widerstandsfähigeren Infrastrukturlösungen etabliert sich SmartSheetPile als innovative Lösung für **die Strukturüberwachung (Structural Health Monitoring)**.

Die Kernziele bestehen darin, die Integrität der Infrastruktur zu sichern, das digitale Bewusstsein zu stärken und Umweltverantwortung zu fördern.

SmartSheetPile integriert fortschrittliche Technologien wie eingebettete Sensoren, Big Data Analyse, Digital-Twin-Technologie und künstliche Intelligenz, um ein umfassendes Echtzeit-Überwachungssystem mit präventiven und prädiktiven Warnfunktionen bereitzustellen.

Durch die kontinuierliche Strukturüberwachung wichtiger Parameter wie Korrosion, Anprall, Belastungen, Verformungen, Wasserspiegel usw. hilft SmartSheetPile dabei, frühe Anzeichen von Umwelt-

und Bauwerksphänomene zu erkennen und ermöglicht vorbeugende Maßnahmen, bevor es zu Zwischenfällen kommt.

KI-gestützte Algorithmen verarbeiten und analysieren die für die Spundwände gesammelten Daten und liefern umsetzbare Erkenntnisse und Vorhersagen, um potenzielle Betriebsprobleme oder Umweltrisiken zu identifizieren, bevor diese eskalieren.



2. Die wichtigsten Vorteile von SmartSheetPile

Echtzeitüberwachung

Hochentwickelte Sensoren liefern Daten in Echtzeit an Dashboards und ermöglichen so die präzise Überwachung kritischer Parameter wie Verformung, Korrosion, Stöße und anderer struktureller Indikatoren.

Rechtzeitige Warnmeldungen

Personalisierte Benachrichtigungen gewährleisten eine schnelle Reaktion auf betriebliche Schäden oder Umweltgefahren wie Überschwemmungen und reduzieren so Risiken für Anlagen und Personal.

Digital-Twin-Technologie

Eine mehrdimensionale virtuelle Nachbildung des Designs und der Leistung der Anlage ermöglicht ein tieferes Verständnis der aktuellen Bedingungen und unterstützt die prädiktive Modellierung für zukünftige Szenarien.

Datengestützte Entscheidungsfindung

Eine robuste Datenintegration konsolidiert kritische Informationen in einem einzigen, einheitlichen Modell und ermöglicht es den Beteiligten, fundierte, strategische Entscheidungen zu treffen.

Nachhaltigkeit und Effizienz

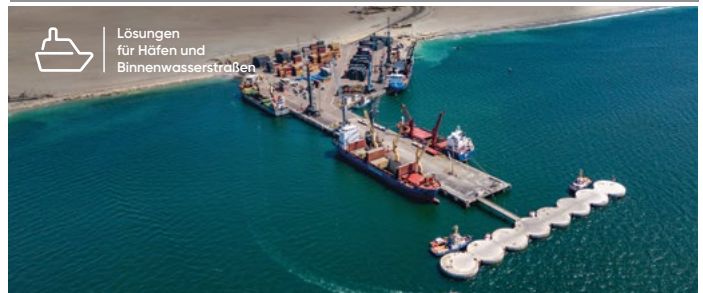
Durch die Optimierung der Infrastrukturplanung, die Minimierung des Materialverbrauchs und die Senkung der CO₂e-Emissionen trägt SmartSheetPile zu globalen Umweltzielen bei und verbessert gleichzeitig die operative Exzellenz.

SmartSheetPile setzt neue Maßstäbe für die Widerstandsfähigkeit, Sicherheit und Nachhaltigkeit von Infrastruktur und bietet einen ganzheitlichen Ansatz für die Überwachung und Verwaltung von Anlagen. Es ist ein Beleg für Innovation und verbindet fortschrittliche Technologie mit dem Bedarf an zuverlässigen und umweltbewussten Infrastrukturlösungen.



Lösungen für die Mobilitätsinfrastruktur

Überwachung des Zustands, der Belastungen und der Verformung von Brückenwiderlagern in Echtzeit. Reduktion von Ausfallzeiten und Verkehrsbeeinträchtigungen durch effizientere vorbeugende Instandhaltung.



Lösungen für Häfen und Binnenwasserstraßen

Erschließung verborgener Kapazitäten von Kaimauern, um die Produktivität beim Anlagenbetrieb zu verbessern. Überwachung der Korrosion in Echtzeit durch präzise Messung der Restdicke.



Lösungen zum Schutz vor Naturkatastrophen

Alarm bei kritischen Wasserständen und Wasserdruckwerten. Früherkennung von Anzeichen potenzieller katastrophaler Ausfälle.



Lösungen für den Umweltschutz

Überprüfung der Integrität der Schlässe hinsichtlich Schlosssprengungen. Sicherstellung der Wasserdichtigkeit der Spundwand.

3. Prozessablauf

Jedes Projekt ist einzigartig, was bedeutet, dass ein spezifischer Ansatz erforderlich ist, um die optimale Lösung zu finden. Der Prozess umfasst, wie unten dargestellt, vier wesentliche Schritte:



3.1. Auswahl der für das Projekt relevanten Einflussgrößen

Der erste Schritt besteht darin, die für das jeweilige Projekt relevanten Phänomene auszuwählen. Diese Auswahl bestimmt eine Liste von Messparametern, die den Projektvorgaben sowie den Anforderungen der Projektverantwortlichen und Endnutzer entsprechen.

Abhängig von diesen Faktoren kann entweder eine der bereitgestellten Standardlösungen gewählt werden oder, falls erforderlich, eine maßgeschneiderte Lösung vorgeschlagen werden, um die genauen Spezifikationen zu erfüllen.

Die zu berücksichtigenden Parameter umfassen eine Reihe von Faktoren, die sich auf das Kernverhalten von Spundwänden und deren Wechselwirkung mit den Umgebungs- und Rahmenbedingungen beziehen. Die Tabelle gibt einen Überblick über die wichtigsten Parameter, die zur besseren Übersichtlichkeit in Kategorien unterteilt sind.

Auf Anfrage können weitere Parameter hinzugefügt werden, sofern die erforderlichen Daten verfügbar sind. Die Tabelle erhebt keinen Anspruch auf Vollständigkeit, und bei Bedarf können weitere Faktoren einbezogen werden, um spezifische Herausforderungen des Projekts zu bewältigen.

Umgebungsbedingungen

Erddruck

Bodenbewegungen

Wasserstände vor und hinter der Wand (Grundwasser, Gezeiten und Hochwasserstände)

Temperatur

Porendruck

Tragverhalten von Spundwänden

Korrosion / Materialverlust

Stoß / Anprall

Aufgebrachte Kraft / Last

Neigung / Kippung

Verformung

Ankerspannung

Setzung

3.2. Detaillierte Vorschläge (Anzahl und Positionen der Sensoren)

Sobald die primäre Liste der Parameter auf der Grundlage der Projektspezifikationen und Kundenwünsche festgelegt wurde, wird ein detaillierter Plan für die Sensorverteilung erstellt. Dies umfasst die Festlegung der konkreten Anzahl und Verteilung der Sensoren gemäß den technischen Anforderungen sowie die Ermittlung der kritischen Bereiche für jeden Parameter.

Fachleute legen die Anzahl und die optimale Positionierung der mit Messgeräten ausgestatteten Spundbohlen innerhalb der Konstruktion fest. Diese Entscheidungen basieren auf den technischen Anforderungen des Projekts, um eine genaue Datenerfassung und eine effektive Überwachung zu gewährleisten.

Mehrere Faktoren beeinflussen diese Entscheidungen, darunter:

Gesamtlänge der Wand: Längere Wände erfordern möglicherweise mehr Sensoren, um eine gleichmäßige Überwachung über ihre gesamte Länge zu gewährleisten.

Länge der Spundbohlen: Längere Bohlen erfordern möglicherweise zusätzliche Sensoren, um Schwankungen entlang ihrer Tiefe zu erfassen.

Sensitive Bereiche: Kritische Zonen, wie z. B. Stellen mit hoher Belastung, Spritzwasserzone, Verformung oder Umweltgefahren, erfordern möglicherweise besondere Aufmerksamkeit.

Bodenverhältnisse: Unterschiede in Bodentypen und -eigenschaften erfordern möglicherweise Anpassungen bei der Sensorverteilung.

Hydraulische Bedingungen: Grundwasserströmung, Gezeitenbeeinflussung und Wasserstände können eine spezifische Sensorplatzierung erforderlich machen.

Lastverteilung: Ungleichmäßige oder konzentrierte Belastungen in bestimmten Bereichen können eine zusätzliche Überwachung erfordern.

Strukturelle Komplexität: Komplexe Konstruktionen oder unregelmäßige Formen erfordern möglicherweise individuellere Sensoranordnungen.

Umweltfaktoren: Die Einwirkung extremer Temperaturen, Eislasten oder korrosiver Umgebungen kann die Sensorplatzierung beeinflussen.

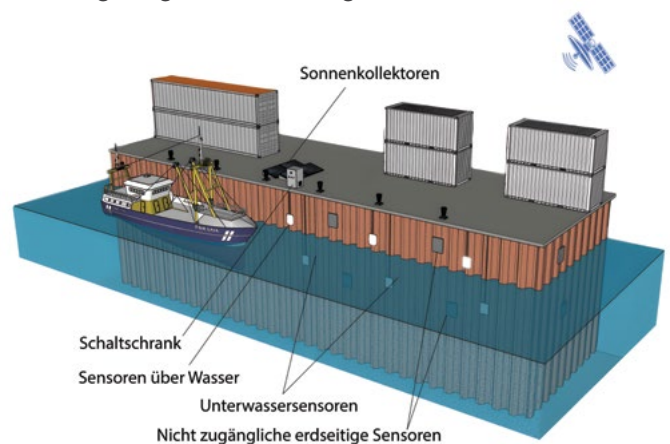
Dynamische Belastungen: Bereiche, die Vibrationen, Stößen oder anderen dynamischen Kräften ausgesetzt sind, erfordern möglicherweise eine gezielte Instrumentierung.

Soweit möglich, können Sensoren an derselben Stelle gruppiert und in einem einzigen Gehäuse untergebracht werden. Die konkrete Positionierung der Sensoren hängt von den Eigenschaften der jeweils zu überwachenden Parameter ab. Sensoren können an der Vorder-, Rück-, Erd- oder Wasserseite der Konstruktion positioniert und entweder abgedeckt oder freiliegend angebracht werden.

Zudem kann die Zugänglichkeit der Sensoren variieren:

- Zugängliche Sensoren: an Orten platziert, an denen eine regelmäßige Wartung oder ein Austausch möglich ist.
- Nicht zugängliche Sensoren: an Orten positioniert, an denen der physische Zugang eingeschränkt oder unpraktisch ist, wobei häufig auf robuste und langlebige Konstruktionen gesetzt wird, um den Wartungsaufwand zu minimieren.

Durch sorgfältige Berücksichtigung dieser Faktoren gewährleistet die Sensoraufstellung sowohl optimale Funktionalität als auch praktische Wartungsstrategien für eine langfristige Überwachungseffizienz.



Schematische Darstellung eines Überwachungssystems für eine Anlage

3.3. Installation und Inbetriebnahme

In der Installations- und Inbetriebnahmephase wird sichergestellt, dass alle Überwachungskomponenten für eine nahtlose Integration vor Ort vorbereitet sind. Sensoren, Schutzgehäuse und Verkabelung werden vollständig installiert und gesichert, bevor die Spundwände an die Baustelle geliefert werden.



Instrumentierte SmartSheetPile

Um Haltbarkeit und Schutz während des Transports und der Installation zu gewährleisten:

- **Sensorschutz:** Bei der Handhabung der Bohlen ist besondere Vorsicht geboten, insbesondere bei herabhängenden Kabeln. Alle Sensoren sind in geschweißten, robusten Stahlgehäusen untergebracht, um sie vor physischen Beschädigungen, Umwelteinflüssen und äußeren Kräften zu schützen.
- **Kabelschutz:** Wo erforderlich, werden die Kabel durch Stahlrohre geführt, um zusätzlichen Schutz vor mechanischer Beanspruchung, Feuchtigkeit und Korrosion zu bieten.

Dieser Vorab-Installationsprozess minimiert den Arbeitsaufwand vor Ort, verringert das Risiko von Beschädigungen während der Handhabung und stellt sicher, dass die Spundbohlen sofort einsatzbereit auf der Baustelle eintreffen, was zur Effizienz und Zuverlässigkeit des Gesamtprojekts beiträgt. Bei Ankunft auf der Baustelle wird ein Überprüfungsverfahren vor der Installation durchgeführt, um die Unversehrtheit und Konnektivität der Sensoren zu bestätigen.

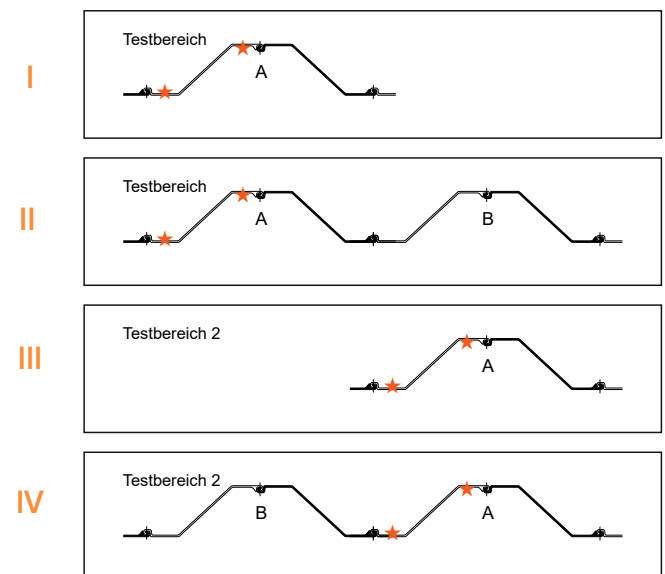
3.4. Rammversuch

Es wurden zahlreiche vorläufige Rammversuche durchgeführt, um die Robustheit der Kabel, Sensoren und Schutzgehäuse unter realen Rammbedingungen zu bewerten.

Der erste Test wurde in zwei Phasen durchgeführt: In der ersten Phase kam ein Vibrationshammer zum Einsatz, während in der zweiten Phase ein Schlaghammer mit unterschiedlichen Geschwindigkeiten verwendet wurde.

Für den Test wurden zwei Paare von Spundbohlen AZ 26-700 mit einer Länge von 18 m verwendet. Nur eine der Spundbohlen wurde während des Tests instrumentiert und überwacht.

Die zweite Bohle dient dazu, mögliche Sensorschäden durch seitliche Stöße und Erwärmung aufgrund von Reibung zwischen den Spundbohlen zu erkennen.



Ablauf der Rammversuche

Phase 1

Ein Vibrationshammer vom Typ PVE 2350 wurde verwendet, um zwei ineinandergreifende Bolen – die mit Sensoren ausgestatteten Spundbohle A und die Standardbohle B – einzurammen und wieder zu extrahieren, während die Sensordaten aufgezeichnet wurden.

Zunächst wurden, während die Bohlen auf dem Boden auflagen, Sensordaten erfasst, um Basiswerte zu ermitteln. Anschließend wurde Bohle A unter zeitweiliger Unterbrechung der Datenerfassung in den linken Testbereich gerammt (Diagramm I). Bohle B wurde anschließend rechts von Bohle A eingeführt und eingerammt (Diagramm II); die Sensoren wurden nach Abschluss der Rammung protokolliert.

Anschließend wurde Bohle B entfernt und an einer Stelle mit ähnlichen Bodenbedingungen erneut eingerammt, um die Wiederholbarkeit des Rammtest zu beurteilen.

Bohle A wurde daraufhin nach dem Entfernen erneut eingerammt und rechts von Bohle B versetzt (Diagramm IV), wobei die Sensordaten nach dem Vorgang erfasst wurden. Bohle A wurde später entfernt und an einem neuen Standort teilweise (6 m) erneut eingerammt, zur Vorbereitung der Testung der Rammung per Schlaghammer.

In dieser Phase wurde ein Dieselhammer mit einer AZD 17/28-Rammkappe zur Rammung verwendet. Bohle A wurde an der vorgesehenen Stelle gerammt (Diagramm III). Die Sensoren wurden nach Abschluss des Rammvorgangs ausgelesen.

Anschließend wurde Bohle A mit dem Vibrationshammer herausgezogen. Die Versuchsreihe endete mit der endgültigen Entfernung von Bohle B.

Die dynamischen Daten wurden während des gesamten Rammversuchs aufgezeichnet.



Einrammen der Spundbohlen A und B mit einem Vibrationshammer (Phase 1)

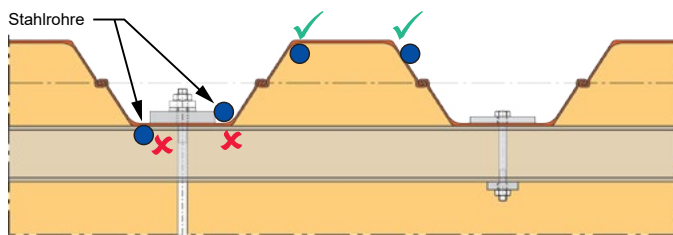


Einrammen der mit Messgeräten ausgestatteten Spundbohle A mit einem Diesel-Rüttelhammer (Phase 2)

Konstruktionsaspekte

Bei Spundwandkonstruktionen mit Querträgern und Ankerplatten ist bei der Verlegung der Stahlrohre, die zur Aufnahme der Sensorkabel dienen, besondere Sorgfalt geboten.

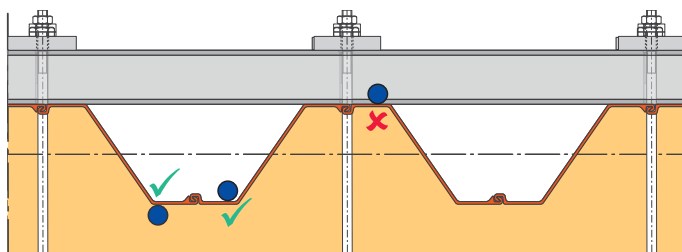
Bei der Anbringung intelligenter Sensoren müssen besondere Vorkehrungen getroffen werden, um bauliche und strukturelle Konflikte mit den elektrischen Komponenten der Sensoren zu vermeiden. Beispielsweise sollte bei einer verankerten Wand mit Querstreben das Stahlrohr für die Kabelunterbringung so verlegt werden, dass der Kontaktpunkt zwischen Querstrebe, Ankerplatte und den Spundbohlen vermieden wird.



U-Profile: Empfohlene Anordnung zur Vermeidung von Kollisionen mit Längsträgern und Ankern

Darüber hinaus ist es vor der Installation unerlässlich, ein umfassendes Verständnis aller Konstruktionsmerkmale wie Anker, Querstreben, Abdeckholmung und der Gesamtkonfiguration zu haben. Zudem ist es wichtig, Installations- und Rammbedingungen zu berücksichtigen, wie z. B. einen Führungsrahmen zur Führung der Spundbohlen während des Rammvorgangs oder sonstige Rammhilfen wie Wasserstrahlunterstützung.

Schließlich ist es auch wichtig, sich im Voraus über etwaige zusätzliche Oberflächenbehandlungen (z. B. Beschichtung, Verzinkung) oder den Schutz des Stahls zu informieren, die nach der Lieferung möglicherweise von einem anderen Unternehmen durchgeführt werden.



Z-Profile: Empfohlene Anordnung zur Vermeidung von Kollisionen mit Riegeln und Ankern

Diese Informationen sind entscheidend für die ordnungsgemäße Planung der Rohranordnung und der Sensorplatzierung sowie zur Vermeidung potenzieller baulicher Konflikte.

Ergebnis

Die Ergebnisse der Rammversuche zeigen eine erfolgreiche Durchführung sowohl der Vibrations- als auch der Schlagammversuche. Die von den Sensoren während der Rammversuchsphase erfassten Daten sind in den folgenden Grafiken dargestellt.

Die Sensorwerte in den Bereichen Temperatur, Vibration, Neigung und Dehnung zeigen konsistente und erwartete Reaktionen auf die einwirkenden Kräfte.

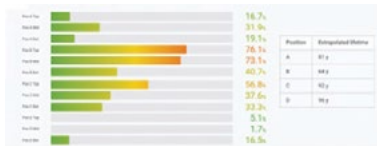
Während der gesamten Testdauer gab es keine Unterbrechungen bei der Datenübertragung, keine Anomalien bei den Sensorausgaben und keine Anzeichen für Schäden oder Beeinträchtigungen der Sensoren, Kabeln oder Spundwandkomponenten. Dies bestätigt, dass das gesamte System voll funktionsfähig und strukturell intakt blieb, was die Robustheit und Zuverlässigkeit der Anlage während der Rammarbeiten bestätigt.



Während der Rammversuche aufgezeichnete Daten

3.5. Langzeit-Online-Überwachung und Auslösung von Warnmeldungen

Sobald die Installation und Inbetriebnahme vor Ort abgeschlossen sind, einschließlich der Installation der Erfassungseinheiten und der Anbindung des Systems über ein 4G-Netzwerk oder andere Kommunikationsprotokolle, ist das Langzeitüberwachungssystem voll funktionsfähig. Das System ermöglicht eine kontinuierliche Online-Überwachung aller festgelegten Parameter. Darüber hinaus umfasst es erweiterte Funktionen wie Datenfilterung und detaillierte Analysen für jeden Aspekt, wodurch eine umfassende Übersicht gewährleistet und ein proaktives Management ermöglicht wird.

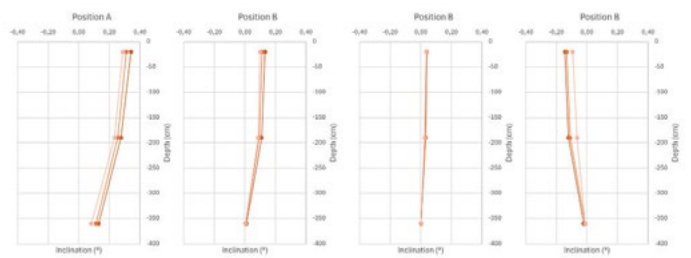


Position	Top	Middle	Bottom
A	34 micron	31 micron	22 micron
B	267 micron	202 micron	187 micron
C	131 micron	145 micron	128 micron
D	54 micron	61 micron	38 micron



Position	Expected Maximal Inclination (linear extrapolation)
A	2.23°
B	1.85°
C	0.29°
D	-2.13°

Position	Material loss vs. expected
A	22 %
B	67 %
C	39 %
D	7 %



Das Langzeitüberwachungssystem bietet eine zuverlässige Lösung für die Aufrechterhaltung einer konsistenten Übersicht über kritische Betriebsabläufe. Dank seiner Fähigkeit, Daten zu filtern, reduziert das System Störsignale und erhöht die Genauigkeit der erfassten Informationen.

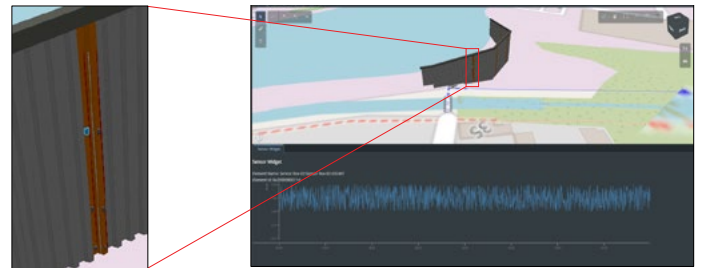
Detaillierte Analysewerkzeuge ermöglichen es den Benutzern, Trends zu interpretieren, Anomalien zu erkennen und fundierte Entscheidungen zu treffen. Dieser proaktive Ansatz trägt nicht nur zur Risikominimierung bei, sondern verbessert auch die Effizienz und Effektivität von Managementstrategien.

Darüber hinaus gewährleistet die Anpassungsfähigkeit des Systems an verschiedene Kommunikationsprotokolle eine nahtlose Integration über verschiedene Plattformen hinweg, was es zur idealen Wahl für vielfältige Betriebsumgebungen macht.

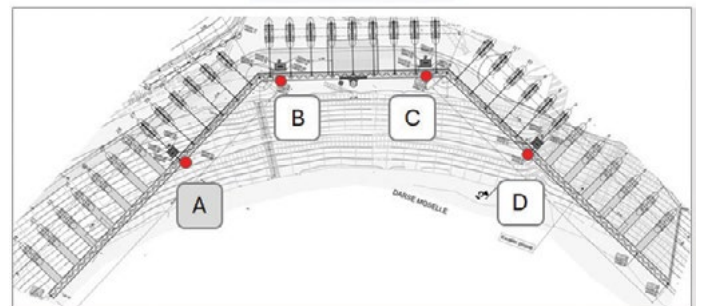
Eines der herausragenden Merkmale der Lösung ist die anpassbare Alarmierung. Warnmeldungen können für alle überwachten Parameter entsprechend den Präferenzen des Anlagenbesitzers programmiert werden, was eine schnelle Reaktion auf ungewöhnliche Trends oder Anomalien in Echtzeit ermöglicht.

Benutzer können spezifische Grenzwerte für verschiedene Messgrößen wie Temperatur, Vibration, Wasserstände, Lastdruck, strukturelle Einwirkungen, Verformung oder Korrosion festlegen.

Werden diese Grenzwerte überschritten, sendet das System umgehend Benachrichtigungen über ausgewählte Kommunikationskanäle an die zuständigen Personen. Dieses proaktive Warnsystem hilft schnell zu handeln, Risiken zu reduzieren, Schäden zu vermeiden und einen reibungslosen Ablauf zu gewährleisten.



Port Mertert: Water level



4. SmartSheetPile-Standardpaketlösungen: Basic/Advanced/Expert

Jedes Projekt weist seine eigene Komplexität und Budgetbeschränkungen auf, weshalb diese Lösung für jede Anwendung in drei Standardpaketen angeboten wird:

- **Basic:** umfasst die Kernüberwachung wesentlicher Parameter.
- **Advanced:** umfasst eine größere Auswahl an Sensoren und verbesserte Analysefunktionen.
- **Expert:** bietet ein umfangreiches Angebot an hochpräzisen Sensoren, vollständig anpassbaren Analysefunktionen und vollständiger Systemintegration.

Jede Lösung ist auf die Kernanwendungsbereiche von Stahlspundwänden zugeschnitten, darunter Wassertransport, Gefahrenschutz, Mobilitätsinfrastruktur, Umweltprojekte und temporäre Bauwerke. Sollten zusätzliche Sensoren oder kundenspezifische Konfigurationen erforderlich sein, die über die Standardpakete hinausgehen, kann auf Anfrage eine maßgeschneiderte Lösung bereitgestellt werden.

Die folgende Tabelle gibt einen Überblick über die in den einzelnen Lösungspaketen enthaltenen Parameter.

4.1. Wassertransport

SmartSheetPile ist ein unverzichtbares Werkzeug für den Wassertransportsektor. Es deckt verborgene Kapazitäten von Kaimauern auf, wie z. B. eine verlängerte Lebensdauer und wie die Struktur im Laufe der Zeit auf Korrosion reagiert, indem es eine präzise Echtzeitüberwachung des baulichen Zustands ermöglicht. In Hafeninfrastrukturen erlaubt es die tatsächlichen Tragfähigkeiten von Kaimauern zu bestimmen und erkennt Korrosion durch genaue Messungen der Restdicke. Diese kontinuierliche Überwachung trägt

zur Steigerung der Produktivität bei und stellt sicher, dass Wartungsarbeiten zum richtigen Zeitpunkt durchgeführt werden, was die Lebensdauer von Kaimauern verlängert und einen nachhaltigen Schiffsbetrieb unterstützt.

Die folgende Tabelle zeigt die verfügbaren Lösungspakete sowie die wichtigsten Parameter, die für die Überwachung in dieser Anwendung empfohlen werden.

Parameter	Basic	Advanced	Expert
Erkennung von Materialverlusten (Korrosionscoupon)	✓		
Entwicklung des Materialverlusts (Korrosionsrate)		✓	
Wanddicke (Korrosion US)			✓
Temperatur	✓	✓	✓
Strukturelle Bewegung	✓	✓	✓
Strukturelle Verformung (Dehnung)		✓	✓
Stöße/Schocks		✓	✓
Erddruck			✓
Wasserstand vor der Wand			✓
Wasserstand hinter der Wand			✓

4.2. Gefahrenabwehr

SmartSheetPile fungiert als Frühwarnsystem für potenzielle strukturelle Versagen. Durch die kontinuierliche Messung von Wasserständen, Erddruck und Verformungen kann das System frühe Anzeichen von Überlastung oder Verschleiß erkennen, die einem katastrophalen Ereignis vorausgehen können. Diese proaktive Überwachung ist für Hochwasserschutzprojekte und andere Szenarien von entscheidender Bedeutung, in denen rasche Veränderungen der Umweltbedingungen sowohl Haushalte als auch wichtige Infrastruktur gefährden können. Die Echtzeitdaten helfen Anlagenverwaltern, vorbeugende Maßnahmen einzuleiten, lange bevor eine Gefahr zu einem Notfall eskaliert.

Die Tabelle auf der rechten Seite zeigt die verfügbaren Lösungspakete sowie die wichtigsten Parameter, deren Überwachung für diese Anwendung empfohlen wird.

Parameter	Basic	Expert
Temperatur	✓	✓
Strukturelle Bewegung	✓	✓
Boden-Wasserstand	✓	✓
Erddruck		✓

4.3. Mobilitätsinfrastruktur

Mobilitätsinfrastrukturen wie Brückenpfeiler stehen vor erheblichen Herausforderungen, darunter Verschleiß durch starken Verkehr, Vibrationen durch fahrende Fahrzeuge und die Aufrechterhaltung der strukturellen Stabilität unter wechselnden Belastungen und Wetterbedingungen.

In diesem Zusammenhang bietet SmartSheetPile wichtige Einblicke in den baulichen Zustand. Das System überwacht kontinuierlich Belastungen, Schwingungen, Verformungen und andere Belastungsindikatoren und stellt so sicher, dass potenzielle Probleme frühzeitig erkannt werden. Diese Echtzeitdaten verbessern nicht nur die Sicherheit dieser Bauwerke durch vorausschauende Instandhaltung, sondern minimieren auch Ausfallzeiten und Verkehrsbeeinträchtigungen. Indem SmartSheetPile die Aufrechterhaltung der strukturellen Integrität der Mobilitätsinfrastruktur gewährleistet, trägt es zu reibungsloseren und sichereren Verkehrsnetzen bei.

Die Tabelle auf der rechten Seite zeigt die verfügbaren Lösungspakete sowie die wichtigsten Parameter, deren Überwachung für diese Anwendung empfohlen wird.

Parameter	Basic	Expert
Entwicklung des Materialverlusts (Korrosionsrate)	✓	✓
Temperatur	✓	✓
Strukturelle Bewegung	✓	✓
Strukturelle Verformung (Dehnung)		✓

4.4. Umweltschutz

SmartSheetPile bietet innovative Lösungen für Herausforderungen im Umweltschutz, darunter die Überwachung von Bodenerosion, Wasserverschmutzung und Temperaturänderungen. Es gewährleistet die Integrität der Spundwand gegen Schlosssprengungen sowie die Wasserdichtigkeit der Spundwand. Als ideale Lösung für Umweltprojekte warnt SmartSheetPile im Falle einer schwerwiegenden Störung, die die Umwelt an einem Sanierungsstandort gefährden könnte.

Die Tabelle auf der rechten Seite zeigt die verfügbaren Lösungspakete zusammen mit den wichtigsten Parametern, die für die Überwachung in dieser Anwendung empfohlen werden.

Parameter	Basic	Expert
Temperatur	✓	✓
Strukturelle Bewegung	✓	✓
Boden-Wasserstand	✓	✓
Erddruck		✓



5. Stromversorgung, Wartung und Lebensdauer

Die Sensoren werden über eine robuste Verkabelungsinfrastruktur mit Strom versorgt, die jeden Sensorcluster mit einem Messschrank verbindet, in dem sich die Datenerfassungseinheit befindet. Die Stromversorgung kann kontinuierlich über ein 230-V- oder 110-V-Wechselstromnetz erfolgen oder über ein Solarpanel und ein Batteriepaket, wenn vor Ort kein Netzstrom verfügbar ist.

Der Wartungsaufwand hängt ebenfalls von der Stromquelle ab; netzgespeiste Anlagen erfordern keine routinemäßige Wartung, während bei solarbetriebenen Systemen alle 4 bis 10 Jahre ein Batteriewechsel erforderlich ist, um den kontinuierlichen Betrieb aufrechtzuerhalten.



	Stromversorgung	Wartung
Option 1	Kontinuierliche 230-V- oder 110-V-Wechselstromversorgung	Es ist keine Wartung vor Ort erforderlich
Option 2	Solarpanel mit Batteriepaket	Austausch der Solarmodule alle 10 Jahre

Die mittlere Zeit bis zum Ausfall (MTTF) liefert eine wertvolle Schätzung der Betriebslebensdauer jedes in Überwachungssystemen verwendeten Sensors. Wie aus der Tabelle unten hervorgeht, sind die für diese Lösung ausgewählten Sensoren für den Langzeitbetrieb in anspruchsvollen Umgebungen ausgelegt.

Die Ankerlastmesszelle weist eine außergewöhnliche MTTF von über 300 Jahren auf, während die Temperatursensoren für eine Lebensdauer von mehr als 200 Jahren ausgelegt

sind. ER-Korrosionssensoren, Neigungssensoren und Wasserstandssensoren weisen jeweils eine MTTF von über 100 Jahren auf, was ihre Robustheit und langlebige Zuverlässigkeit unterstreicht.

Der Beschleunigungssensor bietet eine MTTF von über 60 Jahren, und der Dehnungssensor liefert, obwohl im Vergleich dazu niedriger, mit einer Lebensdauer von über 20 Jahren dennoch eine starke Leistung.

Sensor	Ankerlast-messzelle	Neigungsmesser	Beschleunigungs-messer	ER-Korrosion	Temperatur	Belastung	Wasserstand
MTTF	> 300 Jahre	> 100 Jahre	> 60 Jahre	> 100 Jahre	> 200 Jahre	> 20 Jahre	> 100 Jahre

Diese Zahlen belegen die Langlebigkeit des Systems und den minimalen Bedarf an Sensoraustausch, was insbesondere bei langfristigen Anwendungen in der Infrastruktur- und Umweltüberwachung von Vorteil ist.

Es ist wichtig zu beachten, dass sich diese MTTF-Werte im Laufe der Zeit ändern können, abhängig von Fortschritten in der Sensortechnologie und der Einführung neuer Materialien

oder Konstruktionen. Die verfügbaren Lösungspakete werden regelmäßig überprüft und aktualisiert, um diesen Verbesserungen Rechnung zu tragen, wodurch eine kontinuierliche Leistung, Zuverlässigkeit und Übereinstimmung mit den Best Practices der Branche gewährleistet wird.

F.A.Q. (Häufig gestellte Fragen)

Wem gehören die Daten?

Das Eigentum an den Daten liegt in der Regel beim Eigentümer der Anlage oder bei dem Kunden, der das Überwachungssystem in Auftrag gegeben hat. Alle erfassten Daten, einschließlich Messungen, Warnmeldungen und Analyseergebnisse, sind Eigentum des Kunden, sofern vertraglich nichts anderes vereinbart wurde. Der Datenschutz und die Zugriffsrechte werden gemäß den geltenden Vorschriften geschützt und sind im Dienstleistungsvertrag klar definiert.

Werden die Sensoren dem Einbauprozess standhalten?

Alle Sensoren und Kabel sind sicher in Gehäusen (Clustern) an den Spundbohlen geschützt, wodurch Beschädigungen und das Austreten von Harz während des Einrammens verhindert werden. Ihre Anordnung ist sowohl auf Leistung als auch auf Langlebigkeit optimiert.

Ist der Sensor für den Einsatz mit vergrabenen Spundwänden geeignet?

Das System ist so konzipiert, dass alle Sensoren unterirdisch oder im Wasser eingesetzt und installiert werden können.

Wie hoch sind die Kosten für die einzelnen Lösungen?

Die Kosten für jede Lösung hängen vom gewählten Paket – Basic, Advanced oder Expert – sowie von den spezifischen Anforderungen des Projekts ab, wie beispielsweise der Anzahl der Sensoren, der Komplexität der Installation und den Integrationsanforderungen. Da jedes Projekt hinsichtlich Umfang und Budget variiert, werden Preise auf Anfrage bereitgestellt und so angepasst, dass der kostengünstigste Ansatz für die beabsichtigte Anwendung gewährleistet ist. Die Instrumentierung wird in der Regel für eine Spundwand alle 15 bis 50 Meter empfohlen, je nach Überwachungszielen und konstruktiver Auslegung.

Wie lange ist die Lebensdauer der Überwachung?

- Die Sensoren haben voraussichtlich eine durchschnittliche Betriebsdauer von 50 Jahren.
- Elektronik (Auslesegerät): erwartete Betriebsdauer von 15 Jahren, kann jedoch bei Ausfall einer Komponente ausgetauscht werden (was sich somit nicht auf die Gesamtlebensdauer der Überwachungsanlage auswirkt).

Gibt es Auswirkungen auf die Installation?

- Bei den mit Sensoren ausgestatteten Spundwänden ist während des Transports und der Baustellenvorbereitung besondere Sorgfalt geboten.
- Nach dem Rammvorgang: Es ist ein separater Eingriff erforderlich, um die Ausleseknotten und die Erfassungseinheiten zu installieren und die Überwachung in Betrieb zu nehmen. Dies wird von ArcelorMittal oder einem geschulten und zertifizierten Subunternehmer vorbereitet und durchgeführt.

Können diese Sensoren 100 Jahre lang halten und ordnungsgemäß funktionieren?

Zwar ist nicht zu erwarten, dass die meisten Sensoren ohne Wartung volle 100 Jahre lang funktionieren, doch weisen viele der in dieser Lösung verwendeten Sensoren eine mittlere Zeit bis zum Ausfall (MTTF) von mehreren Jahrzehnten auf.



Haftungsausschluss

Die in diesem Dokument zu Stahlspundwänden enthaltenen Daten und Kommentare dienen ausschließlich allgemeinen Informationszwecken. Sie werden ohne jegliche Gewährleistung bereitgestellt. ArcelorMittal Commercial RPS S.à r.l. übernimmt keine Verantwortung für Fehler, Auslassungen oder den Missbrauch der enthaltenen Informationen und lehnt hiermit jegliche Haftung ab, die sich aus der Möglichkeit oder Unmöglichkeit der Nutzung der darin enthaltenen Informationen ergibt.

Die Nutzung dieses Materials erfolgt auf eigenes Risiko. ArcelorMittal Commercial RPS S.à r.l. haftet in keinem Fall für Schäden, einschließlich entgangener Gewinne, entgangener Einsparungen oder sonstiger Neben- oder Folgeschäden, die sich aus der Nutzung oder der Unmöglichkeit der Nutzung der hierin enthaltenen Informationen ergeben. Unser Spundwandprogramm kann ohne vorherige Ankündigung geändert werden.

ArcelorMittal Commercial RPS S.à r.l.
Spundwand

66, rue de Luxembourg
L-4221 Esch-sur-Alzette (Luxemburg)
spundwand@arcelormittal.com
spundwand.arcelormittal.com

 Hotline: (+352) 5313 3105

 ArcelorMittalSP

 ArcelorMittal Spundwände