



## DER CONTAINERUMSCHLAG UND DIE CO2-ROADMAP

Häfen und Terminals auf der ganzen Welt suchen nach Möglichkeiten, ihre Umweltauswirkungen zu reduzieren. Schwerpunktthemen bilden dabei Hafentechnik, ReachStacker und Containerstapler.

In diesen Bemühungen um geringere Umweltauswirkungen spiegelt sich auch der Wunsch nach Betriebskosteneinsparungen wider. Die Auflagen der (lokalen) Regierungen werden immer strenger. Gleichzeitig bieten sie aber auch Anreize, um neue Ideen und Technologien zu fördern.

Angesichts all dieser Investitionen und Innovationen lautet die Frage dieses Whitepapers: Welche Möglichkeiten gibt es heute (Februar 2021) und wie sollten Häfen und Terminals ihre Betriebsabläufe planen, um für die Zukunft gerüstet zu sein?

Stoßen wir an die Grenzen dessen, wie „sauber“ Verbrennungsmotoren werden können.



### // UNZERTRENNLICH: CONTAINERSTAPLER UND VERBRENNUNGSMOTOREN

Beim Stapeln von Containern im Containerdepot kamen bislang hauptsächlich Verbrennungsmotoren (ICE) zum Einsatz. Je nach Anwendung übernehmen verschiedene Maschinentypen den Transport der Container, darunter ReachStacker, Voll-Container-Stapler, Leer-Container-Stapler und Hubwagen. Allerdings sind diese überwiegend dieselbetrieben, verfügen also über Verbrennungsmotoren.

Doch was macht den Verbrennungsmotor als Antriebsquelle so überlegen? Die größten Vorteile sind die Verfügbarkeit von Diesel und das einfache Betanken. In Containerterminals ist eine permanente Verfügbarkeit der Maschinen unerlässlich, was sich perfekt mit den Stärken des Dieselmotors deckt. Geht der Kraftstoff zur

Neige, dauert es nur wenige Minuten, bis die Maschine wieder startklar ist.

Doch trotz aller Vorteile des Verbrennungsmotors gibt es eine Tatsache, der sich die Branche nicht verschließen kann: dass solche Motoren fossile Brennstoffe und Verbrennungsprozesse für den Antrieb des Fahrzeugs nutzen, bei denen Abgase (z. B. NOx, CO<sub>2</sub>) freigesetzt werden. In diesen wie in zahlreichen anderen Industriezweigen werden seit geraumer Zeit erhebliche Anstrengungen unternommen, um diese Abgase und damit die CO<sub>2</sub>-Emissionen zu reduzieren.

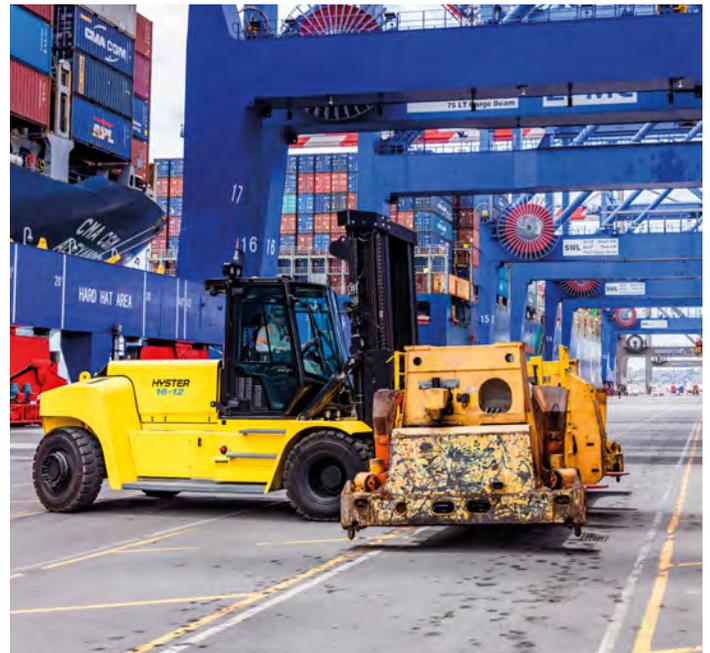
Und genau an diesem Punkt kommen die Möglichkeiten von elektrisch betriebenen Containerstaplern ins Spiel.

### // CONTAINERUMSCHLAG MIT ELEKTROSTAPLERN

Es scheint auf der Hand zu liegen, dass Elektrostacker die Lösung auf dem Weg zu einem emissionsfreien Betrieb sind. Immerhin gibt es sie bereits seit Jahrzehnten. Oder?

Leider waren Elektrostacker bis vor Kurzem nur für Traglasten bis etwa 5,5 Tonnen wirtschaftlich rentabel. Das Handling eines 25 Tonnen schweren Containers ist jedoch eine ganz andere Hausnummer und erfordert weit mehr Leistung und Energie.

Was bedeutet das für die Branche heute? Und wie sieht der mögliche Weg in eine elektrische Zukunft aus?





### // SENKUNG DER EMISSIONEN VON CONTAINERSTAPLERN MIT VERBRENNUNGSMOTOR

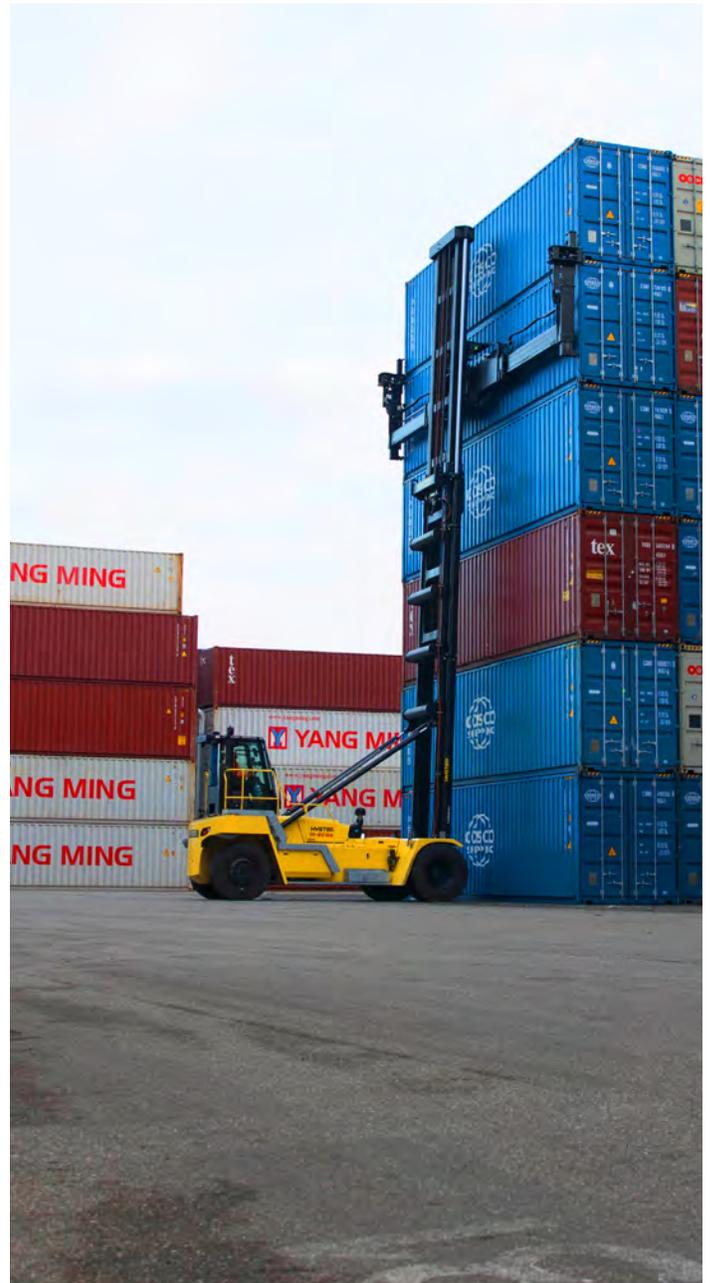
In den vergangenen zwei Jahrzehnten hat die EU eine Reihe von Richtlinien verabschiedet, um die Emissionen von (nicht) straßenzugelassenen Fahrzeugen mit Verbrennungsmotor zu reduzieren. Seit 1997 kamen verschiedene Anhänge hinzu.

Die ersten Abgasnormen der Stufen I und II wurden Ende der 90er-Jahre für Dieselmotoren mit einer Nennleistung zwischen 37 und 560 kW eingeführt.

Im Jahr 2004 kamen mit der Richtlinie 2014/26/EG die Abgasnormen der Stufen IIIA, IIIB und IV hinzu und der Leistungsbereich für geregelte Dieselmotoren wurde erweitert.

Die neuesten Abgasnormen der Stufe V ersetzen den bisherigen mehrstufigen Gesetzesrahmen durch eine einzige Vorschrift für die gesamte EU mit sehr „strengen“ Zielen für die Emissionsgrenzwerte. Stufe V wurde schrittweise von Januar 2018 bis Januar 2020 eingeführt und ist nun in der gesamten Region gesetzlich verankert.

Nordamerika geht bei der Emissionsbegrenzung mit seinem „Tier System“ einen ähnlichen Weg wie die Abgasnormen der Stufen I bis V. Aktuelle Vorschrift in den USA ist die Tier 4 Final Certification, was der Stufe IV in Europa entspricht.



Hyster has always been at the forefront of environmental and fuel saving technologies.

## STUFE V AUF EINEN BLICK

### Für Motoren von 130 bis 560 kW (174 bis 751 PS)

Für Motoren in der Leistungsklasse von 174 bis 751 PS (130 bis 560 kW) traten die Abgasnormen am 1. Januar 2019 in Kraft, wobei eine Ausnahmeregelung erlaubt, den Vorrat an bereits gekauften Motoren für den Bau von Staplern bis zum 30. Juni 2021 aufzubauchen und bis Dezember 2021 auszuliefern. Dabei handelt es sich in der Regel um Großstapler mit einer Tragfähigkeit von 18 Tonnen oder um ReachStacker.

Bei Dieselmotoren müssen im Vergleich zu den Tier 4F- und Stufe IV-Abgasnormen die Feststoffteilchen (Particulate Matter, PM) in den Abgasemissionen um 90 Prozent und NOx-Emissionen um 45 Prozent reduziert werden.

Die Emissionsgrenzwerte für diese Leistungsklasse betragen 0,4 g/kWh für NOx und 0,015 g/kWh für PM. Diese extrem niedrigen Werte können als Emissionen „nahe null“ betrachtet werden.

### Für Motoren von 56 bis 130 kW (75 bis 173 PS)

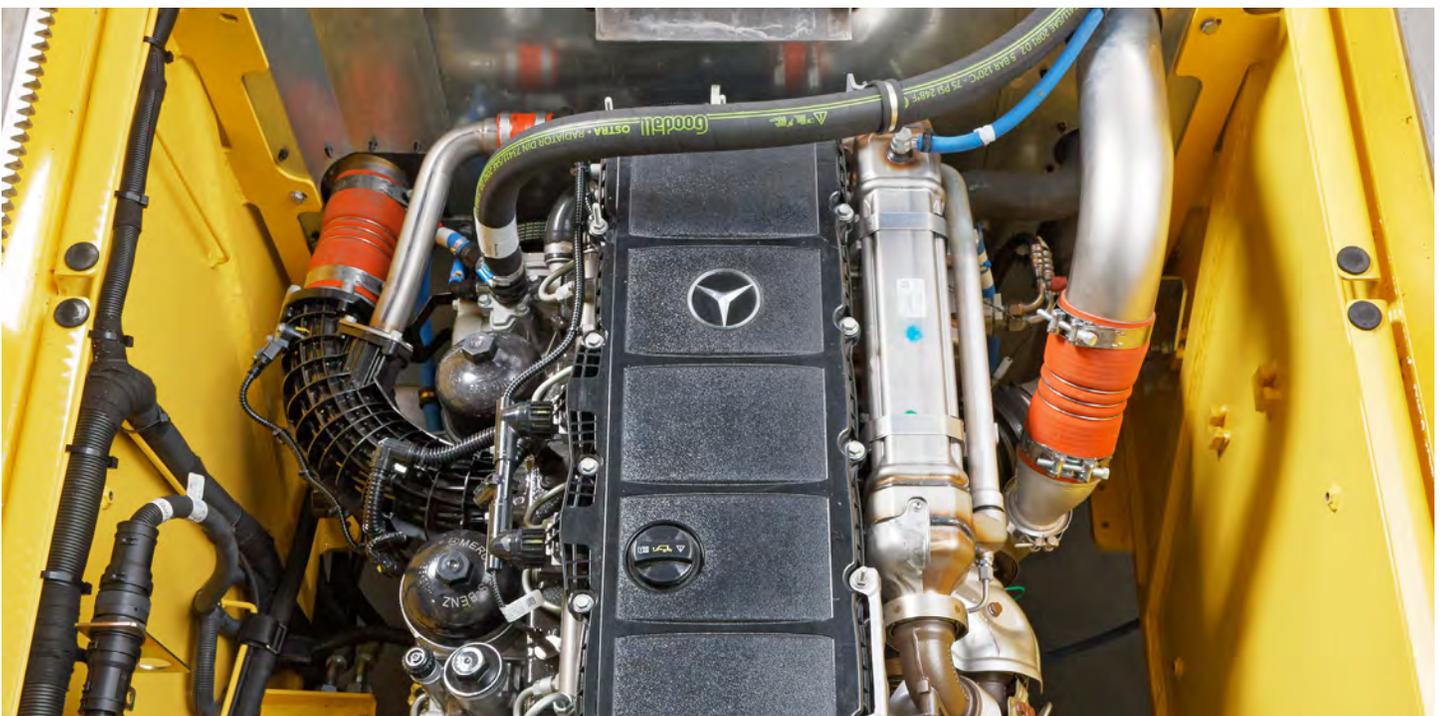
Für Motoren in der Leistungsklasse von 75 bis 173 PS (56 bis 130 kW) traten die Abgasnormen der Stufe V am 1. Januar 2020 in Kraft, wobei eine Ausnahmeregelung erlaubt, den Vorrat an bereits gekauften Motoren für den Bau von Staplern bis zum 30. Juni 2021 aufzubauchen und bis Dezember 2021 auszuliefern.

Dabei handelt es sich in der Regel um Stapler mit einer Tragfähigkeit von 10 bis 18 Tonnen und den gleichen Emissionsgrenzwerten wie oben.

### Für Motoren bis 56 kW (75 PS)

Für Motoren in der Leistungsklasse bis 75 PS (56 kW) traten die Abgasnormen der Stufe V am 1. Januar 2019 in Kraft.

Dabei handelt es sich in der Regel um Stapler mit einer Tragfähigkeit von 1 bis 9 Tonnen; die Emissionsgrenzwerte weichen geringfügig von den obigen Werten ab.





### // WELCHE MÖGLICHKEITEN HABEN HÄFEN UND TERMINALS HEUTE, UM ABGASE UND CO2-EMISSIONEN ZU REDUZIEREN?

Heutzutage gibt es zahlreiche Stufe-V-konforme Motoren unterschiedlicher Hersteller. Alle diese Motoren weisen extrem niedrige Abgaswerte auf. Allerdings gibt es auch einige Unterschiede – nicht bei den Emissionen, sondern bei der Ausführung der Motoren und der Fahrzeugleistung.

Die CO2-Emissionen lassen sich zudem nur durch eine Senkung des Kraftstoffverbrauchs nachhaltig reduzieren. Auch wenn CO2 in den Vorschriften für Stufe-V-konforme Motoren nicht reglementiert ist, können Regierungen und nationale Organe den Endverbraucher verpflichten, Produkte mit niedrigeren CO2-Emissionen zu verwenden.

Welche Fragen sollten sich Häfen und Terminals also bei der Auswahl von Stufe-V-konformen Fahrzeugen stellen?

### 1 // WIE HOCH IST DIE PRODUKTIVITÄT DER STUFE-V-KONFORMEN FAHRZEUGE?

Die Anforderungen der Stufe V sollten die Betriebsabläufe nicht beeinträchtigen. Vielmehr sollte das bestehende Produktivitätsniveau beibehalten oder gesteigert werden, wenn Maschinen entsprechend der aktuellen Vorgaben umgerüstet werden.

Einige Staplerhersteller konzentrieren sich nur auf die Emissionsreduzierung und Kraftstoffeinsparung, ohne die Produktivität der Stapler zu berücksichtigen, was oftmals langsame und schwerfällige Maschinen zur Folge hat. So werden zwar möglicherweise minimale Kraftstoffersparnisse erzielt, der Betrieb gestaltet sich allerdings ineffizienter, was zu Beschwerden und unmotivierten Fahrern führen kann.

Der Ansatz von Hyster bei Stufe-V-konformen Motoren ist ein anderer: Wir halten die Produktivität eines jeden



Hyster® Staplers auf dem gewohnt überdurchschnittlich hohen Niveau und senken gleichzeitig den Kraftstoffverbrauch um ein Vielfaches. Dadurch entsteht ein optimales Gleichgewicht für den Betrieb – und für die Fahrer.

Schließlich tragen schnelle und wendige Maschinen dazu bei, dass die Fahrer wach und produktiv bleiben, und ermöglichen eine um bis zu zwölf Prozent höhere Produktivität (im Falle von Hyster® Staplern).

Ein guter Rat ist es, die Leistungsstatistiken genau zu prüfen und das Fahrzeug zu testen, bevor Sie entscheiden, ob es für Ihren Betrieb und Ihre Fahrer geeignet ist.



### 2 // WIE HOCH IST DIE KRAFTSTOFFEINSPARUNG?

Beim Vergleich zweier unterschiedlicher Stufe-V-Fahrzeuge bietet es sich an, zunächst den tatsächlichen Kraftstoffverbrauch gegenüberzustellen. Liegt dieser jedoch bei beiden im ungefähr gleichen, niedrigen Bereich, sollten Sie genauer hinschauen und die Produktivität in den Vergleich einbeziehen. Die Produktivität hat einen weitaus größeren Einfluss auf die Gesamtbetriebskosten als ein um wenige Prozent geringerer Kraftstoffverbrauch.

Ein dritter wichtiger Faktor, den Sie berücksichtigen sollten, ist die Zuverlässigkeit. Gerade in anspruchsvollen Anwendungen ist eine bewährte Zuverlässigkeit unerlässlich, da sich Reparaturkosten und Ersatzteile schnell zu einem beträchtlichen Kostenfaktor summieren können. Dies würde die finanziellen und betrieblichen Auswirkungen in die Höhe treiben, sobald ein Stapler ausfällt.

### DIE GESCHICHTE VON HYSTER

Hyster erfüllt die Abgasnormen der Stufe V mit seinen Mercedes-Benz-Motoren, die sich durch folgende Eigenschaften auszeichnen:

- Ein in den Motor integriertes gekühltes Abgasrückführungssystem (AGR)
- Ein integriertes Mercedes-Benz-Partikelfilter-Abgasnachbehandlungssystem

Diese Komponenten arbeiten mit einer selektiven katalytischen Reduktion (SCR) und einem Dieseloxydationskatalysator (DOC) zusammen. Der Dieseloxydationskatalysator ist Bestandteil des Abgasnachbehandlungssystems und wandelt Kohlenmonoxid (CO) und Kohlenwasserstoff in Kohlendioxid (CO<sub>2</sub>) und Wasser um.

Durch den Einbau der neuen Stufe-V-konformen Motoren entsteht ein optimierter Antriebsstrang mit neuem Getriebe und Drehmomentwandler, wodurch der Kraftstoffverbrauch noch weiter gesenkt wird. Hyster hat den Stapler darüber hinaus mit neuen Funktionen ausgestattet, um den jüngsten Kundenwünschen nachzukommen. Das Drehmoment im unteren Drehzahlbereich wurde erhöht, um einen ruhigeren Betrieb und ein schnelleres Ansprechen des Motors zu erzielen. Hyster hat außerdem eine bedarfsgerechte Kühlung entwickelt, um den Energieverbrauch des

Kühlsystems zu begrenzen. Die Technologie trägt dazu bei, den Kraftstoffverbrauch zu senken, und sorgt außerdem für ein leiseres Lüftergeräusch bei gleichzeitig höherer Gesamtkühlleistung.

Hyster ist seit jeher Vorreiter bei umweltfreundlichen und kraftstoffsparenden Technologien. Ähnlich wie bei der Einführung der Stufe-III- und Stufe-IV-konformen Motoren erfüllt auch dieser Stufe-V-Motor die neuesten Normen, indem weniger Kraftstoff verbraucht wird. Hinzu kommt, dass bei der Einführung die hervorragende Leistung und Produktivität der Hyster® Großstaplerreihe erhalten bleibt.

*„Mit unseren Stufe-III- und Stufe-IV-konformen Produkten haben wir als erster Hersteller besonders verbrauchsarme Stapler auf den Markt gebracht. Dabei sind wir allerdings keine Kompromisse in Sachen Produktivität eingegangen. Bei unserer neuen Staplerreihe mit Stufe-V-konformen Motoren sind die Kraftstoffeinsparungen beträchtlich. Gleichzeitig bietet sie eine außergewöhnliche Produktivität, womit das ideale Gleichgewicht für die Betreiber erreicht ist, um sowohl echte Kostenersparnisse zu erzielen als auch ihren ökologischen Fußabdruck zu verringern.“*

Rob Maris, Product Strategy Manager Big Trucks bei Hyster Europe



### // CONTAINERSTAPLER MIT ELEKTROANTRIEB – DER WEG IN DIE ZUKUNFT

Viele Häfen und Terminals möchten den Schritt in Richtung Emissionsfreiheit gehen. Es besteht ein wachsendes Interesse an elektrisch betriebenen Produkten. Gemeinsam mit den Geräteherstellern wird deshalb untersucht, wie dieses Ziel zu erreichen ist.

Zum Zeitpunkt der Erstellung dieses Whitepapers laufen diverse Entwicklungsprogramme zur Elektrifizierung der Hafentechnik, insbesondere von ReachStackern und Containerstaplern.

Bei Hyster werden derzeit vor allem zwei Lösungen für das Stapeln von Containern entwickelt. Produktionsreife Modelle für diese Lösungen werden in den kommenden Jahren erwartet.

Die emissionsfreien Containerstapler nutzen Hochspannungselektrizität als Hauptenergiequelle. Der Strom speist vollelektrische Motoren, die den Stapler antreiben. Gespeichert wird der Strom in Lithium-Ionen-Batterien. Zum Aufladen des Staplers gibt es mehrere Möglichkeiten:

#### 1 // AUFLADEN AN DER LADESTATION

Diese Lösung eignet sich für Anwendungen mit mittlerer Belastung und kleinere Fuhrparks. Für größere Elektrostapler wird eine hohe Ladeleistung benötigt. Um eine solche Lösung am Standort optimal zu realisieren, muss die richtige Energieinfrastruktur vorhanden sein. Außerdem erfordert sie ein striktes Lademanagement für das Zwischenladen.



#### 2 // AUFLADEN MIT EINEM (BRENNSTOFFZELLEN-)RANGE-EXTENDER

Diese Lösung eignet sich für große Fuhrparks mit Rund-um-die-Uhr-Betrieb. Der Brennstoffzellen-Range-Extender wandelt Wasserstoff in Strom um, um die Batterien des Elektrostaplers aufzuladen. Das Betanken mit Wasserstoff erfolgt ähnlich wie bei einer Erdgastankstelle.

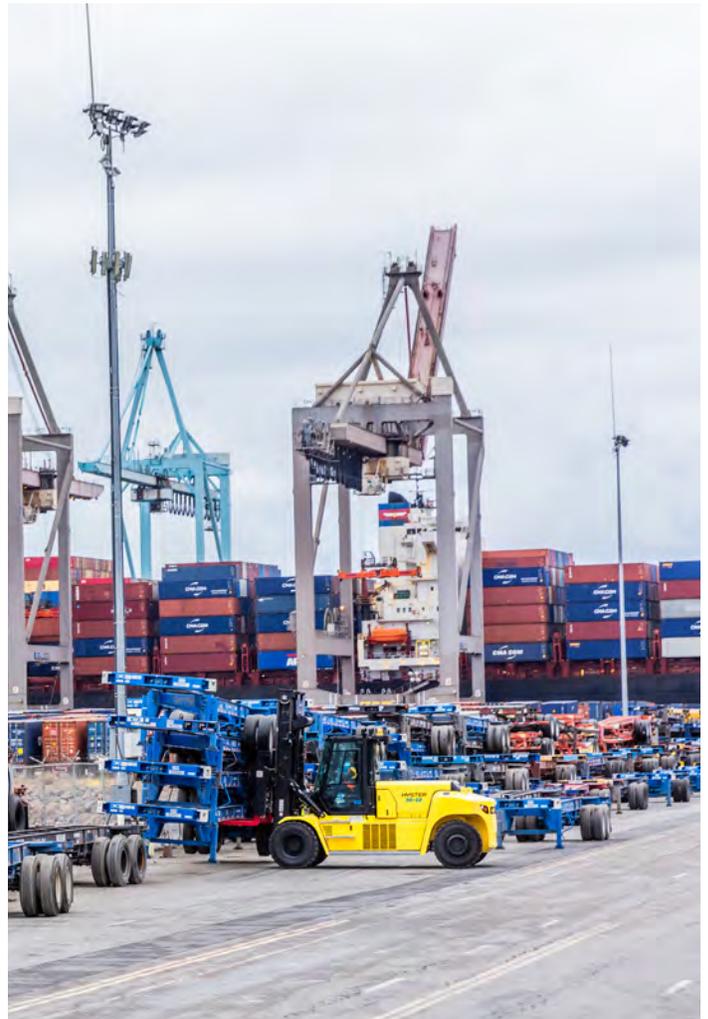


## DER CONTAINERUMSCHLAG UND DIE CO2-ROADMAP

Die Häfen müssen eruieren, ob sie über die nötige Infrastruktur verfügen, um eine dieser Optionen zu implementieren. Viele Häfen und Terminals beginnen bereits heute mit der Planung ihrer zukünftigen betrieblichen Anforderungen, um die Elektrifizierung auf den Weg zu bringen. Solche Änderungen lassen sich nicht „über Nacht“ realisieren. Um optimal vorbereitet zu sein, ist eine angemessene Untersuchung und Investition erforderlich. Die Herausforderungen bei der Umsetzung sind je nach Option unterschiedlich, wie im Folgenden erläutert wird.

Die erste Option setzt voraus, dass der Hafen eine erhebliche Menge an Leistung aus dem Stromnetz bezieht, um große Lithium-Ionen-Batterien schnell aufzuladen. Diese Ladeleistung muss für das gleichzeitige Laden mehrerer Fahrzeuge ausreichen. Die Bewältigung des Spitzenstrombedarfs wird diese Betriebe vermutlich vor eine große Herausforderung stellen.

Die zweite Option setzt voraus, dass der Hafen über eine solide Infrastruktur für Wasserstoff verfügt. Teilweise wird dieser Wasserstoff von der Industrie vor Ort produziert. Es sind aber auch bereits mehrere (mobile) Wasserstofftankstellenlösungen am Markt erhältlich.



### FALLSTUDIE 1: ELEKTRO-CONTAINERSTAPLER – AUFLADEN AN EINER LADESTATION

Der erste Hyster® Elektro-Containerstapler H1150HD-CH wird von nur einer großen Lithium-Ionen-Batterie gespeist. Zum Laden der Batterie dient ein kabelloses Schnellladegerät mit hoher Leistung. Der Stapler kommt in den APM Terminals im Hafen von Los Angeles zum Einsatz.

Die Energierückgewinnung der Containerstapler erfolgt über die Rückgewinnung der Antriebsenergie sowie über die Rückgewinnung im Hauptstrom des hydraulischen Systems. Dabei ist eine Senkung des Energieverbrauchs um bis zu 15 Prozent gegenüber Staplern ohne ein solches System zu erwarten.

Die patentierten Hyster® Energierückgewinnungssysteme speichern die beim Senken von Lasten sowie beim Bremsen freigesetzte Energie. Durch diese innovativen Lösungen lässt sich die Betriebszeit durch längere Ladeintervalle erhöhen, während gleichzeitig die allgemeinen Energiekosten gesenkt werden.





### FALLSTUDIE 2: ELEKTRO-CONTAINERSTAPLER – MIT BRENNSTOFFZELLEN-RANGE-EXTENDER

Der zweite Elektro-Containerstapler von Hyster verfügt ebenfalls über eine große Lithium-Ionen-Batterie. Sie wird jedoch während des Betriebs durch zwei integrierte Brennstoffzellen aufgeladen. Diese Kombination aus Batterie und Brennstoffzelle erwies sich als passender für die Herausforderungen am Teststandort bei Fenix Marine Services im Hafen von Los Angeles sowie für andere Schwerlastabläufe im Terminal.

Solange in den integrierten Tanks Wasserstoff vorhanden ist, ist ein durchgängiger Betrieb möglich. Selbst wenn die Tanks nachgefüllt werden müssen, dauert dies schätzungsweise nur etwa 15 Minuten. Hinzu kommt, dass die Batterie während der Mittagspause oder anderen Unterbrechungen separat mit einem Ladegerät geladen werden kann, was den zusätzlichen Aufwand noch einmal minimiert.



### FALLSTUDIE 3: ELEKTRO-CONTAINERSTAPLER – MIT BRENNSTOFFZELLEN-RANGE-EXTENDER

Hyster Europe entwickelt derzeit einen elektrischen ReachStacker für den Hafen von Valencia, der mit einer Wasserstoffbrennstoffzelle ausgerüstet ist. Dieser Stapler ist Teil des EU-Programms Horizon 2020 und des Projekts H2Ports. Das MSC Terminal Valencia (MSCTV) wird die erste Hafenanlage Europas sein, die derartige Wasserstoff-Containerstapler im täglichen Betrieb einsetzt.

Die ersten Tests mit einigen Staplern aus den vorangegangenen Fallstudien haben bereits mehrere Vorteile gezeigt. Die Genauigkeit und Kontrolle der Hub- und Fahrfunktionen sind sogar besser als bei den Modellen mit Verbrennungsmotor. Dies würde in der Praxis zu einer höheren Bediengenaugkeit des Fahrers führen. Außerdem ist der Geräuschpegel niedriger, um gesteigerten Fahrerkomfort zu gewährleisten. In der Summe werden diese Verbesserungen für eine Produktivitätssteigerung im

Betrieb sorgen.

Der Geräuschpegel wurde deutlich reduziert. Dies ist besonders wichtig für Binnenterminals, die sich in der Nähe von Städten befinden, und kann in einigen Fällen entscheidend dazu beitragen, Beschwerden von Anwohnern zu reduzieren und Bußgelder aufgrund von Verstößen gegen Lärmschutzbestimmungen zu vermeiden.

Weitere erste Beobachtungen sind, dass die Eigentümer mit niedrigeren Energiekosten rechnen können. Durch den Wechsel auf elektrische Energie ist außerdem eine Senkung der Wartungskosten zu erwarten, da der Verbrennungsmotor, das Getriebe und andere mechanisch angetriebene Komponenten wegfallen.



## DER CONTAINERUMSCHLAG UND DIE CO2-ROADMAP

### // FAZIT

Unternehmen, die ihren Fuhrpark modernisieren und die neuesten Emissionsvorschriften einhalten wollen, können heute aus einer breiten Palette von Containerstaplern der Stufe V wählen. Dabei sollte stets auch der Kraftstoffverbrauch berücksichtigt werden, der jedoch nie losgelöst von der Leistung und der zu erwartenden Produktivität betrachtet werden darf. Bereits ein kleiner Unterschied im Kraftstoffverbrauch kann einen großen Unterschied in der Produktivität kaschieren und die Gesamtkosten in die Höhe treiben.

Häfen, die in Zukunft einen emissionsfreien Fuhrpark anstreben, sollten vorausschauend planen und die Infrastruktur auf die Ankunft der ersten Elektro-Containerstapler vorbereiten.

Hyster informiert Sie gerne über die Verfügbarkeit dieser emissionsfreien Stapler! Wenden Sie sich an das

Expertenteam für Häfen und Terminals von Hyster® oder kontaktieren Sie Ihren Hyster® Händler vor Ort.

Die gute Nachricht ist: In Testverfahren zeigen die neu entwickelten Stapler eine vergleichbare, wenn nicht sogar bessere Leistung als entsprechende Modelle mit Verbrennungsmotor. Damit versprechen sie eine erstklassige Energieeffizienz und niedrige Betriebskosten.

Wenn Sie weitere Informationen wünschen oder Pläne für Ihr Terminal besprechen möchten, setzen Sie sich noch heute mit Hyster in Verbindung.

[www.hyster.com](http://www.hyster.com)



©2022 HYSTER-YALE UK LIMITED, all rights reserved. HYSTER, , and STRONG PARTNERS. TOUGH TRUCKS are trademarks of HYSTER-YALE Group, Inc. Hyster products are subject to change without notice. Trucks may be shown with optional equipment.