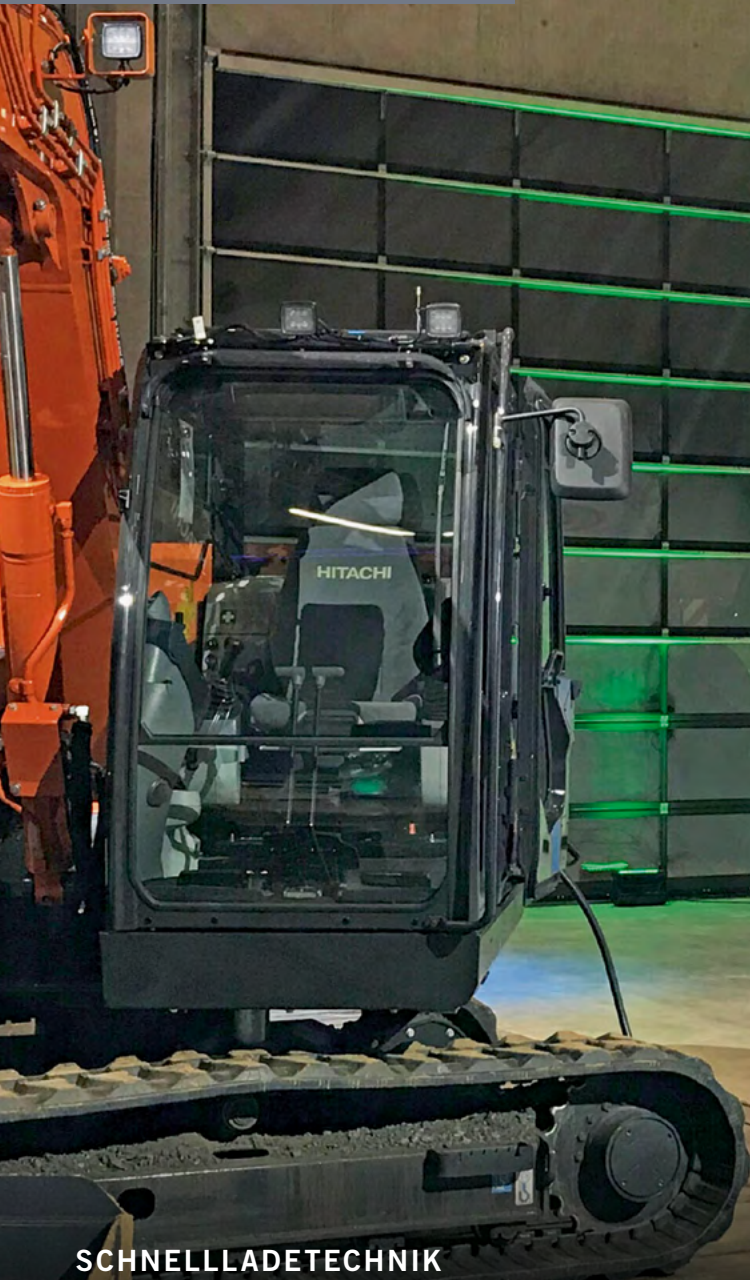


ATZ extra



SCHNELLLADETECHNIK

zur Elektrifizierung von Baustellen





© DEUTZ AG 2023

Mobile Schnelladelösungen für die elektrifizierte Baustelle

Auch abseits der Straße muss ein Beitrag zum Klimaschutz geleistet werden – nicht zuletzt in der Baumaschinenbranche. Dabei wird die Elektrifizierung von Baustellen eine zentrale Rolle spielen. Betreiber sehen sich jedoch mit der Herausforderung konfrontiert, adäquate Ladeinfrastruktur bereitzustellen, die über das vorhandene Stromnetz häufig nicht gegeben ist. Mit dem PowerTree stellt DEUTZ eine mobile und robuste Lösung bereit, die eine Schnelladefähigkeit auch ohne hohe Netzleistung bietet.

Die umwelt- und klimapolitischen Entwicklungen der letzten Jahre und die damit verbundenen Klimaschutzziele ebnen den Weg für eine Reduktion von CO₂- und Lärmemissionen auch auf Baustellen und bei anderen Anwendungen abseits der Straße. Die EU hat mit der Regelung zur Einbeziehung von Umweltaspekten bei der Vergabe öffentlicher Aufträge eine erste Basis dafür geschaffen [1, 2]. Bereits heute haben mehrere europäische Metropolen Zeitpunkte definiert, ab denen der Betrieb von Baumaschinen mit Verbrennungsmotoren untersagt sein wird. Infolgedessen entstehen erste emissionsfreie

Baustellen [3]. Als Beispiele dienen Städte wie Barcelona, Helsinki, Kopenhagen, München und Oslo. Aber auch außerhalb der EU ziehen weitere Länder mit der Förderung von Defossilisierung und Nachhaltigkeit im Bausektor gleich [4, 5]. Dabei werden zusätzliche Potenziale von emissionsfreien Antrieben, die insbesondere mit der Elektrifizierung einhergehen, oft erst nach der Umsetzung sichtbar, wie eine mögliche Verkleinerung von Zu- und Ablufteinrichtungen im Tiefbau, eine Reduzierung von Betriebsgeräuschen sowie eine Ausdehnung der Betriebszeiten und der Einsatz elektrischer Maschinen in

sensiblen Gebieten [6]. Im Zentrum aller Bestrebungen steht jedoch nach wie vor eine hohe Einsatzfähigkeit der Baumaschinen in allen Anwendungsbereichen.

BEDARF FÜR MOBILES SCHNELLADEN

Baumaschinen müssen stets einsatzbereit sein, wenn der Baufortschritt es verlangt. Um ein batterieelektrisches Fahrzeug effizient nutzen zu können, ist somit eine bedarfsgerechte, einfache und schnelle Zwischenladung unabdingbar. Dies kann durch die Bereit-

VERFASST VON



Dipl.-Ing Michael Halfen
ist Leiter des Innovation Centers bei der DEUTZ AG in Köln.



Dipl.-Ing Martin Treiber
ist Leiter des Programmanagements Elektrifizierung bei der DEUTZ AG in Köln.



Thorsten Brux
ist Multiplier DEUTZ Production System bei der DEUTZ AG in Köln.



Daniel Schwab
ist Director Application Engineering & Project Management bei Torqeedo in Wesslingen.

stellung einer Schnellademöglichkeit realisiert werden.

Die Anforderungen der Baustellenbetreiber an den Ladevorgang entsprechen denen an die Betankung eines Dieselfahrzeugs: Der Vorgang soll zum einen vergleichbar schnell und zum anderen vergleichbar mobil sowie flexibel erfolgen. Um einen reibungslosen Baustellenbetrieb sicherstellen zu können, stehen für den Nachladevorgang lediglich die Zeitfenster in den Pausen und über Nacht zur Verfügung. Die benötigten Energiemengen sind dabei nicht mit dem Pkw-Sektor vergleichbar: So zeigen sich in der Klasse von 6 bis 21 t verbaute Batteriekapazitäten zwischen 100 und 500 kWh. Der lokal benötigte Energiebedarf wird somit in den nächsten Jahren durch die steigende Anzahl an Verbraucher und die größer werdenden Batteriekapazitäten in den Fahrzeugen kontinuierlich zunehmen.

Die Infrastruktur auf Baustellen hat jedoch ihre Grenzen. Energieversorger und Baustellenbetreiber weisen darauf hin, dass an den meisten Einsatzorten lediglich ein Baustromanschluss mit Leistungen zwischen 3,6 und 43 kW verfügbar ist. **BILD 1** illustriert die damit einhergehende Herausforderung am Beispiel eines elektrifizierten Hydraulikbaggers: Die Ladezeiten für eine volle Akkuladung überschreiten schnell 12 h, was eine Vollladung selbst über Nacht deutlich erschwert. Infolgedessen sind aufgrund der eingeschränkten Stromversorgung und den resultierenden geringen Ladeströmen große batterieelektrische Bagger (>16 t) ohne zusätzliche Maßnahmen nicht effizient einsetzbar. Mittlere Bagger (6 bis 16 t) lassen sich hingegen zwar nachts vollständig aufladen, die Pausenzeiten tagsüber sind jedoch nicht ausreichend. Um diesem Problem zu begegnen, hat DEUTZ den PowerTree

entwickelt – eine mobile und baustellentaugliche Schnelladelösung für den Fuhrpark von Baustellenbetreibern, die ohne aufwändige Anpassungen am Stromnetz auskommt.

AUFBAU DES ENERGIESPEICHERS

Die Ladelösung besteht aus einem 3-m-Container, in dem eine Ladesäule mit bis zu 150 kW Ladeleistung untergebracht ist. Dabei bilden Batterie-stacks einen skalierbaren Energiespeicher, der sich über einen konventionellen Baustromanschluss permanent nachladen lässt. Abgegeben wird die in den Batterien zwischengespeicherte Kapazität über ein bis zwei Ladepunkte. Durch die Ausführung der Ladepunkte als Standard Combined Charging System Combo 2 (CCS-Combo 2) nach der Norm IEC 62196 können ebenso Fahrzeuge aus dem Automotive-




Anwendung	Batteriekapazität		Ladeleistung						Geladene Kapazität
	kWh	t	3,6 kW	11 kW	22 kW	43 kW	50 kW	150 kW	
Kleiner Bagger 	< 6 t	10	2 h	36 min	18 min	9 min	8 min	3 min	6
		20	4 h	1 h	36 min	18 min	16 min	5 min	12
		50	9 h	3 h	2 h	45 min	40 min	13 min	30
Mittlerer Bagger 	6-12 t	100	18 h	6 h	3 h	1,5 h	1 h	26 min	60
		200	37 h	12 h	6 h	3 h	3 h	53 min	120
		300	55 h	18 h	9 h	4,5 h	4 h	1 h	180
Großer Bagger 	12-21 t	300	73 h	24 h	12 h	6 h	5 h	2 h	240
		400							

BILD 1 Ladedauer für typische Ladeleistungen auf Baustellen am Beispiel eines Baggers (© DEUTZ AG 2023)

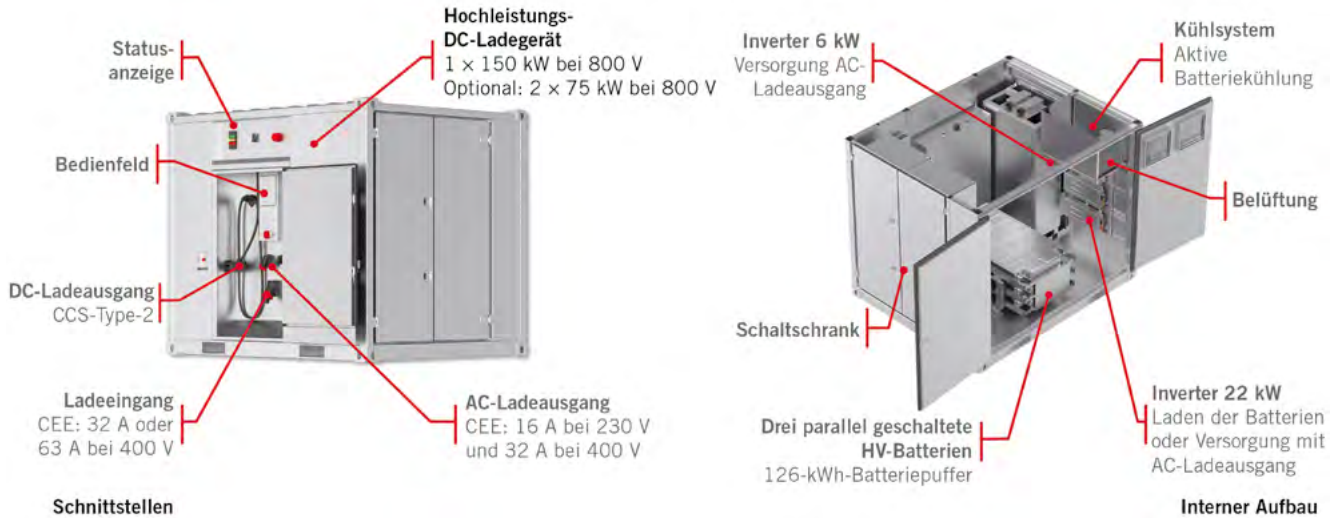


BILD 2 Darstellung der Schnittstellen und des internen Aufbaus des Energiespeichers (© DEUTZ AG 2023)

beziehungsweise On-Road-Bereich geladen werden, **BILD 2**.

Zwei Modi stehen zur Verfügung: On-Grid und Off-Grid. In ersterem ist der Baustrom aus dem Netz in der verfügbaren Anschlussleistung stets vorhanden. Das Nachladen der internen Pufferbatterie läuft dabei dauerhaft

und parallel zu den Ladevorgängen der elektrifizierten Baumaschinen. Im zweiten ist die Anschlussleistung am Baustellennetz nicht oder nur mit Unterbrechungen vorhanden. In diesem Fall läuft die Versorgung der Baumaschinen mit Energie aus den Reserven des Pufferspeichers weiter. In der Standardvariante, die

über eine Batteriekapazität von 126 kWh verfügt, lässt sich in diesem Modus ein 8-t-Bagger ein bis zwei Tage ohne Netzanschluss mit Energie versorgen.

Ein weiterer Fokus liegt auf der Transportfähigkeit und der Verlademöglichkeit mit auf der Baustelle üblichen Hebemitteln. Durch die standardisierte Form kann

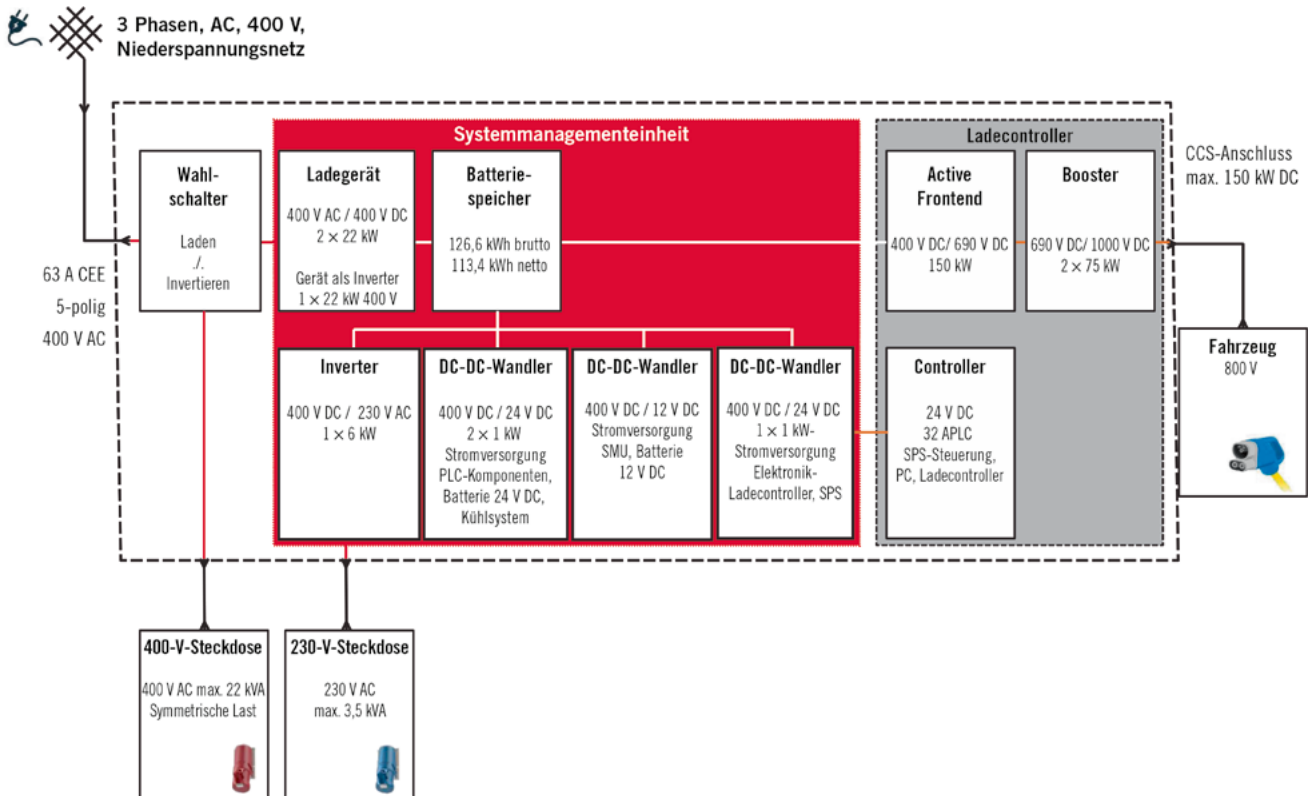


BILD 3 Systemschaubild der elektrischen Hauptkomponenten (© DEUTZ AG 2023)

der Container auf der Baustelle beispielsweise mit einem Gabelstapler oder Radlader versetzt oder auf einen Lkw beziehungsweise abgeladen werden.

TECHNISCHE EIGENSCHAFTEN

Mit Blick auf zukünftige Baustellenfahrzeuge wurden Ladespannung von 400 bis 800 V realisiert und es ist möglich, gleichzeitig parallel mit verschiedenen Ladespannungen zu laden. Zusätzlich wurden zwei AC-Ausgänge mit 32 A/400 V und 16 A/230 V installiert, die zum Beispiel als Lademöglichkeiten für Elektrowerkzeuge und batterieelektrische Fahrzeuge dienen, die nicht über eine CCS-Schnittstelle verfügen. Als Stromzuführung kommt eine handelsübliche CEE-Steckdose zum Einsatz, über die der PowerTree entweder mit 16, 32 oder 63 A aus dem Baustromverteiler versorgt werden kann, **BILD 3**.

Intern stellen zwei Ladegeräte bei einem 63-A-Eingang bis zu 43 kW Ladeleistung an den Pufferbatterien bereit. Ein Wahlschalter bietet die Möglichkeit, einen Lader im Off-Grid-Modus als Inverter zu nutzen, um einen zusätzlichen 400-V-Ausgang mit bis zu 22 kVA für symmetrische Lasten bereitzustellen. Ein weiterer Inverter stellt in diesem Modus einphasig 230 V bei maximal 3,5 kVA bereit. Die aus dem Automotive-Bereich stammenden Pufferbatterien bestehen in der kleinsten Ausführung aus drei Batteriestacks mit jeweils 42,2 kWh Bruttokapazität. Aus den Batterien werden über DC/DC-Wandler Kleinspannungen von 12 und 24 V für die Baugruppen speicherprogrammierbare Steuerung (SPS), Kühlsystem, Ladecontroller und PC erzeugt. Während die SPS die Sensoren und Aktoren steuert, übernimmt eine Systemmanagement-Steuereinheit (SMU) die Kommunikation zwischen SPS, Batteriemanagementsystem (BMS), Ladeelektronik und Frontend. Authentifiziert sich die bedienende Person mittels RFID-Karte am Frontend, werden die Daten über das Mobilfunknetz per OCPP-1.6-Protokoll in eine Cloud übertragen. Nach erfolgter Authentifizierung werden Ladepunkt und Ladeleistung gewählt. Dabei können zwei Ladepunkte parallel mit bis zu 75 kW oder ein Ladepunkt mit bis zu 150 kW betrieben werden. Aus den 400-V-DC der Pufferbatterien generiert die Ladeelektronik eine Zwischenkreisspannung von 690 V, die im Nachgang

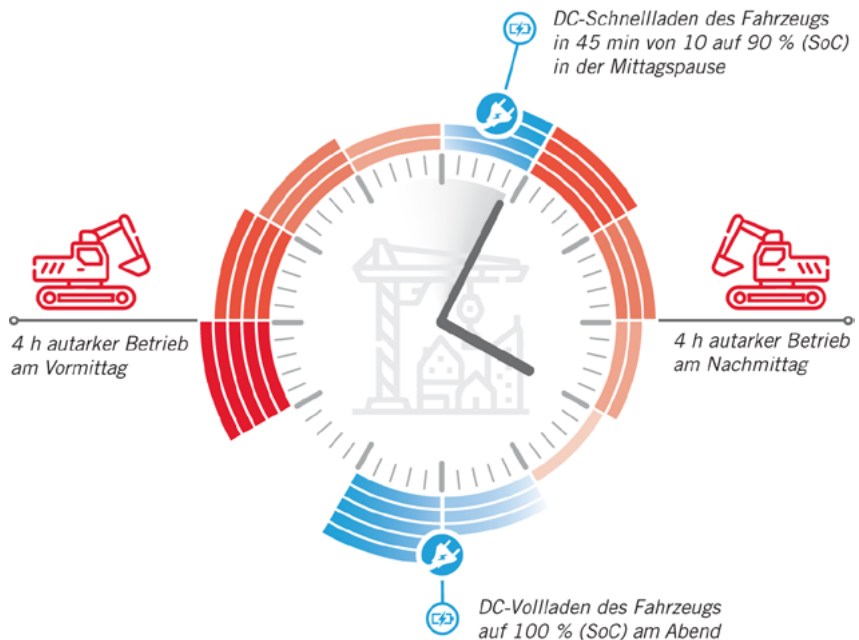


BILD 4 Beispielhafte Darstellung eines Arbeitstags mit Ladephasen und Arbeitseinsatz (© DEUTZ AG 2023)

auf die nötige Ausgangsspannung von maximal 1000 V DC geregelt wird. Mittels ungekühltem Ladekabel wird die Energie über eine CCS-Schnittstelle an das Fahrzeug abgegeben.

Über eine Web-App gibt ein Dashboard Überblick über den Status, die Ladestände der angeschlossenen Fahrzeuge und die abgegebenen Energiemengen. Ein implementiertes Abrechnungsmanagement ermöglicht die Verwaltung aller Baustellenkunden.

TESTEINSATZ AUF DER BAUSTELLE

Tests zeigen, dass eine vollständig geladene Lithium-Ionen-Batterie beim Einsatz in einem 8-t-Bagger mit 100 kWh Batteriespeicher an Bord erst nach etwa 4 h wieder aufgeladen werden muss. Analysen mit Betreibern zeigen, dass normale Pausenzeiten für den Ladevorgang ausreichend sind und genutzt werden können. Das Laden während der Mittagspause erfolgt mit bis zu 150 kW. Hiermit werden die Batterien des Elektrofahrzeugs in ungefähr 45 min von 10 auf 90 % geladen. Somit ist gewährleistet, dass die elektrifizierte Baumaschine bis zum Schichtende eingesetzt werden kann und die maximale Auslastung erreicht wird. Nach Schichtende werden die elektrischen Maschinen über Nacht wieder vollständig aufgeladen, sodass sie am nächsten Morgen

voll einsatzbereit sind. Dieser Tageszyklus ist in **BILD 4** am Beispiel eines Hydraulikbaggers dargestellt.

BILD 5 zeigt das Zusammenspiel von Nachladeprozess einer Baumaschine und Entladezyklus des mobilen Energiespeichers am Beispiel von zwei genutzten Baggern mit jeweils 100 kWh eingebauter Batteriekapazität und einem PowerTree mit 126 kWh Bruttobatteriekapazität. Die Nachladung der Fahrzeuge ist im Beispiel mit einer gestaffelten Mittagspause von zweimal 45 min angenommen. Durch das permanente Laden der Pufferbatterien im Energiespeicher über das Baustromnetz lässt sich eine hohe Verfügbarkeit erzielen, um auch mehrere Fahrzeuge über den Tag verteilt aufzuladen.

FAZIT UND AUSBLICK

Bei der Etablierung CO₂-freier Baustellen führt künftig kaum ein Weg an elektrifizierten Antriebssystemen vorbei. Doch eine große Herausforderung liegt darin, eine Ladeinfrastruktur bereitzustellen, die sämtliche Verbraucher auf der Baustelle bedienen kann. Konventionelle Baustromanschlüsse können diesen Bedarf nur eingeschränkt abdecken. Ladelösungen mit kontinuierlich aus dem Stromnetz nachgeladenen Zwischenspeichern stellen eine Lösungsmöglichkeit dar. Die mobile Schnell-

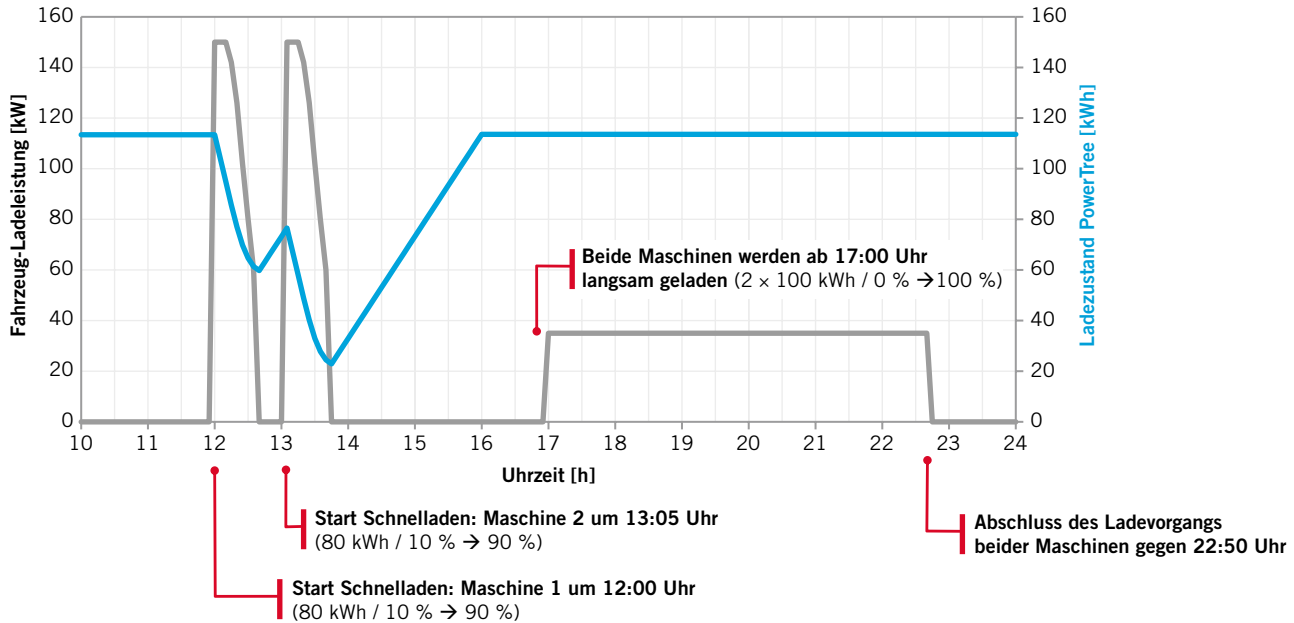


BILD 5 Nachladeprozess von zwei Baumaschinen und Entladezyklus des Energiespeichers (© DEUTZ AG 2023)

ladelösung gewährleistet neben dem zukünftigen Einsatz von erneuerbaren Kraftstoffen und Wasserstoff eine dauerhafte Einsatzfähigkeit und eine erhöhte Reichweite der Fahrzeuge auf der Baustelle. Dabei zeichnet sich eine Nachfrage nach immer höheren Ladeleistungen ab: Während zu Beginn des Projekts noch 150 kW Stand der Technik waren, so sind heute bereits Bedarfe nach Ladeleistungen von 300 kW sowie höheren Pufferkapazitäten bis 500 kWh und mehr im Markt identifizierbar.

LITERATURHINWEISE

[1] Umweltbundesamt (Hrsg.): Umweltaspekte im Vergabeverfahren – rechtliche Grundlagen. 13. März 2023. Online: <https://www.umweltbundesamt.de/>

themen/wirtschaft-konsum/umweltfreundliche-beschaffung/umweltaspekte-im-vergabeverfahren-rechtliche, aufgerufen: 06. Juli 2023

[2] Bundesministerium für Digitales und Verkehr: (Hrsg.): Allgemeine Verwaltungsvorschrift der Bundesregierung zur Beschaffung sauberer Straßenfahrzeuge in der Bundesverwaltung (AVV Saubere Fahrzeuge). 2022. Online: <https://bmdv.bund.de/SharedDocs/DE/Anlage/Gesetze/Gesetze-20/verwaltungsvorschrift-beschaffung-sauberer-strassenfahrzeuge-in-der-bundesverwaltung.html>, aufgerufen: 06. Juli 2023

[3] Keegan, Matthew: The Scandinavian way to zero-carbon construction. Artikel, BBC, 23. Juni 2021. Online: <https://www.bbc.com/future/article/20210622-the-scandinavian-way-to-zero-carbon-construction>, aufgerufen: 06. Juli 2023

[4] Government Commercial Function (Hrsg.): Promoting Net Zero Carbon and Sustainability in Construction. Guidance Note. September 2022. Online: https://assets.publishing.service.gov.uk/government/uploads/system/uploads/attachment_

data/file/1102389/20220901-Carbon-Net-Zero-Guidance-Note.pdf, aufgerufen: 06. Juli 2023

[5] Lee, C.: „Grüne Baustelle“ dank Batterie und Elektro-Bagger? Artikel, Deutsche Welle. Online: <https://www.dw.com/de/bauen-baustelle-nachhaltig-emissionsarm-elektro-bagger-baumaschinen-bausektor-zement-co2-klimaschutz/a-57250263>, aufgerufen: 06. Juli 2023

[6] Kellenberger, D. et al: E-Baustelle: Nutzen und Machbarkeit der Elektrifizierung von Baustellen. Amt für Hochbauten der Stadt Zürich, 2022. Online: <https://www.stadt-zuerich.ch/content/dam/stzh/hbd/Deutsch/Hochbau/Weitere%20Dokumente/Bauen-2000-Watt/Grundlagen-Studienergebnisse/NB/2022/2022-08-nb-E-Baustelle-Schlussbericht.pdf>, aufgerufen: 06. Juli 2023

IMPRESSUM:

Sonderausgabe 2023 in Kooperation mit DEUTZ AG, Ottostrasse 1, 51149 Köln; Springer Fachmedien Wiesbaden GmbH, Postfach 1546, 65173 Wiesbaden, Amtsgericht Wiesbaden, HRB 9754, USt-IdNr. DE81148419

GESCHÄFTSFÜHRER:

Stefanie Burgmaier | Andreas Funk | Joachim Krieger

PROJEKTMANAGEMENT: Anja Trabusch

TITELBILD: © DEUTZ AG



we ensure the world keeps moving

DEUTZ steht für Antriebe, die Fahrzeuge und Maschinen auf der ganzen Welt bewegen. Das ist unser Kerngeschäft – und unsere Leidenschaft. Gemeinsam arbeiten wir daran, unser Produktportfolio klimaneutral zu gestalten: durch nachhaltige Motoren, elektrische Antriebssysteme, mobile Lade-Infrastruktur und innovative Lösungen.

Mit Fokus auf moderne Technologien sorgen wir jeden Tag dafür, dass die Welt in Bewegung bleibt.



www.linkedin.com/company/deutzofficial



www.instagram.com/deutzag/



www.facebook.com/deutzofficial

DEUTZ AG / OTTOSTRASSE 1 / 51149 KÖLN / DEUTSCHLAND
INFO@DEUTZ.COM / WWW.DEUTZ.COM