

Baumaschinen wie Bagger, Walzen oder Radlader können mit Hybridantrieben erhebliche Mengen an Kraftstoff einsparen. Die Technik wird noch vielleicht unterschätzt.



Hybride Baumaschinen

Baggern mit dem Doppelherz

Bei kompakten Baumaschinen boomt gerade die Elektrifizierung. Für schwere ganztägige Einsätze geben die Stromspeicher aber meist nicht genug Saft her – oder werden viel zu teuer. Bei grossen Baumaschinen und bestimmten Einsatzarten können dagegen Hybridantriebe helfen, den Kraftstoffverbrauch und die Emissionen deutlich zu senken. Die Technik nimmt langsam Fahrt auf.

Von Joachim Zeitner

Marco Stalder spricht ganz begeistert von seinem Grossbagger Volvo EC300E Hybrid. «Die Maschine verhält sich genauso wie ein Standardbagger desselben Typs», sagt er. «Aber je nach Einsatzart spare ich beträchtliche Mengen an Kraftstoff. Entsprechend geringer ist natürlich auch der Abgasausstoss.» Der engagierte Maschinist arbeitet im Baustoffzentrum Kaiseraugst des Recycling-Unternehmens Ernst Frey AG. Dort werden jährlich zwischen 130 000 und 150 000 Tonnen Beton, Mischabbruch und Ausbauasphalt angeliefert und verarbeitet – mit entsprechendem Energieaufwand beim Materialumschlag. Schon vor mehreren Jahren begab man sich daher auf die Suche nach einer neuen, kraftstoffeffizienten Beschickungsmaschine für die Brech- und Siebanlagen.

Jetzt macht ein Hybridbagger die Stoffströme geschmeidiger. Seit April 2020 thront Marco Stalder in der Kabine des modernen Volvo-Baggers. Er hat im täglichen Arbeitseinsatz seiner Maschine – und hier kommen durchaus acht bis zehn Stunden täglich zusammen, im Ganzen waren es bisher mehr als 1500 Stunden – reichlich

Kraftstoff gespart. «Und dies bei einem Einstiegspreis von etwas mehr als zehn Prozent gegenüber einer Standardmaschine», wie sein Betriebsleiter Kevin Pletscher anmerkt. Die Mehrkosten verursacht ein ausgeklügeltes Hybridsystem, welches die Absenkbewegungen des Auslegers nutzt.

Der Volvo EC 300E Hybrid kann sowohl im Standard- wie im Eco- und Hybrid-Modus arbeiten. Steuermodi und Leistung gleichen dem Standardmodell. Und der Maschinist Marco Stalder hat es ausprobiert: Im Hybridmodus spart er rund 20 Prozent Kraftstoff gegenüber dem Standardmodus. «Allerdings kommt es sehr auf die Einsatzart an», schränkt er ein. «Bei Arbeiten mit ruhendem Ausleger, etwa beim Spitzten mit dem Hydraulikhammer, lässt sich kaum Kraftstoff sparen, weil das Hybridsystem dann nicht beansprucht wird.»

Hybrid ist nicht Hybrid

Bei Baggerarbeiten mit Hybridtechnik je nach Anwendung bis zu einem Fünftel Kraftstoff einsparen? Das tönt sehr verlockend. Aber zunächst muss einmal deutlich erklärt werden, wovon wir beim Wort «Hybrid» reden wollen. Denn – äh-

lich wie in der Autoindustrie – gibt es unter diesem Stichwort auch technische Konzepte, welche nicht wirklich «hybrid» sind.

Allgemein werden in der Technik solche Systeme als «hybrid» verstanden, in denen zwei Technologien miteinander kombiniert werden. Das beginnt im einfachsten Fall mit Minibaggern, die neben einem Dieselmotor auch einen Elektromotor an Bord haben, um das Hydrauliksystem in Schwung zu bringen. Diese Maschinen bewähren sich im Dieselmotor bei ganztägigen Einsätzen im Freien, ohne dass zwischendurch aufgetankt werden muss. Im Elektromodus können sie mit einem am Einsatzort vorhandenen Stromanschluss völlig abgasfrei innerhalb von Gebäuden arbeiten.

Serienmodelle gibt es beispielsweise bei Takeuchi. Eine andere Lösung hat man sich bei Wacker Neuson mit seinem Minibagger 803 dual power ausgedacht: Diese Maschine (ein baugleiches Modell gibt es bei Caterpillar) wird nicht von aussen mit Strom versorgt, sondern von einem elektrischen Hydraulikaggregat über Druckschläuche mit Hydraulikflüssigkeit. Auf diese Weise kann die Maschine ebenfalls abgasfrei arbeiten, ohne einen zusätzlichen Elektromotor an Bord zu haben. Der Her-



Kein wirklicher Hybridbagger, aber eine Maschine mit zwei Antriebsmöglichkeiten ist der 803 dual power von Wacker Neuson. Anstelle des Dieselmotors kann man den Bagger auch von einer Hydraulikstation versorgen.



Im Recyclingzentrum der Ernst Frey AG, Kaiseraugst, arbeitet ein Volvo-Bagger EC300E Hybrid. Die Energie von Abwärtsbewegungen des Auslegers dient zur Unterstützung der Hydraulik.

steller verspricht in beiden Betriebsarten «Diesel» und «Elektro-Hydraulik» ein gleichbleibendes Leistungsverhalten und gibt mit dem Zusatz «dual power» auch die richtige Begrifflichkeit für diesen und andere Bagger mit zweifacher Antriebsmöglichkeit.

Kombiniert mit Elektromotor

Hybrid sind diese Maschinen aber bestenfalls wie die meisten in Europa verkauften Hybridautos, die einen Doppelantrieb aus Kraftstofftank und Stromspeicher sowie unabhängig voneinander arbeitenden Verbrennungs- und Elektromotoren mit sich herumfahren. Solche Systemtechnik ist beispielsweise auch bei Baggern von Hyundai und Takeuchi, Roto-Teleskopstaplern von Merlo und Arbeitsbühnen von JLG verfügbar.

Auch einige Umschlagmaschinen von Terex-Fuchs haben neben dem elektrischen Hauptantrieb einen kurzzeitig anschliessbaren Diesel-Powerpack zum raschen Versetzen der Maschine. Sinnvoll wird solche Systemtechnik mit Doppelantrieb bei Maschinen, die viele Stunden am Tag an einer Stelle (mit Stromanschluss) arbeiten und kurzzeitig (mit kleinem Dieselmotor an Bord) aus eigener Kraft die Stellung wechseln.

Eine andere Kombination von Verbrennungs- und Elektromotor sind Baumaschinen mit dieselektrischen Antrieben, etwa Kettendozer oder Mobilbrecher. Ihre Verbrennungsmotoren treiben einen Stromgenerator an, diese wiederum speist die Elek-

tromotoren der einzelnen Energieverbraucher. Dieselektrische Baumaschinen umgehen den unvermeidlichen Verlust an Wirkungsgrad eines dieselhydraulischen Antriebs. Sie geben auch Chancen, andere Verbraucher wie etwa Haldenbänder mit anzutreiben. Wirklich hybrid ist diese Systematik allerdings auch nicht.

Wirklich hybrid sind – wie oben bereits angeführt – vielmehr Systeme mit Antrieben und Energiespeichern, die systemisch ineinander greifen, eine Energierückgewinnung umfassen und dadurch energieeffizient arbeiten. Baumaschinen erhalten üblicherweise von Dieselmotoren den Hauptantrieb. Unterstützung bekommen sie durch hydraulische, elektrische oder pneumatische Zusatzkomponenten. Eine ganze Anzahl an grossen Baumaschinenherstellern beschäftigt sich mehr oder minder mit dem Thema. Ausnahmen gibt es auch: Der Full-Liner Caterpillar hat gegenwärtig kein Hybridprodukt in Serie und es ist auch in naher Zukunft nicht damit zu rechnen. Aber wie bei anderen Herstellern die technischen Ansätze und die Modellpolitik aussehen – hier ein Überblick.

Kraftvoll baggern und umschlagen

Die Energiespeicher von Hybridbaumaschinen sammeln Antriebsenergie ein, die gerade nicht gebraucht wird, oder sie speichern Bewegungsenergie, die ansonsten verloren gehen würde. Die aktuell grösste Auswahl an Maschinentechnik und Modellen gibt es bei Baggern – und



Einen der derzeit grössten Hybridbagger bietet Komatsu mit dem Modell HB365LC/NLV-3 (36 Tonnen). Sein Hybridsystem umfasst im Wesentlichen den Motor-Generator für den Schwenkantrieb (links) und einen Pufferspeicher.



zwar bei Maschinen mit 20 Tonnen Einsatzgewicht oder mehr – sowie bei Umschlagmaschinen.

Volvo CE setzt bei seinem Kettenbagger EC300 E – die Maschine der Ernst Frey AG in Kaiseraugst war eine der ersten, die auf der Bauma 2019 verkauft wurden – auf eine Hybrid-Systematik aus dem dieselhydraulischen Hauptantrieb und einer hydraulischen Zusatzkomponente. Die regelmässigen Absenkbewegungen des Auslegers laden den Druckspeicher auf, der dann Energie für den Antrieb hydraulischer Hilfsmotoren liefert, die wiederum die Hydraulikpumpe und das Motorsystem unterstützen.

Auf diese Weise, bestätigt der Maschinist Marco Stalder von Frey, zeigt der Bagger

im Hybridmodus dasselbe Leistungsverhalten wie im Standardmodus, verbraucht aber je nach Arbeitssituation beträchtlich weniger Kraftstoff. Der Betriebsleiter Kevin Pletscher zeigt sich denn auch zuversichtlich, dass die Maschine ihre Mehrkosten wieder hereinführt und ihre Gesamtbetriebskosten (Total Costs of Ownership TCO) – allenfalls sogar niedriger ausfallen. Volvo CE plant nach eigenen Aussagen, weitere Bagger mit der Hybridtechnologie auszustatten. Schon im Verlauf dieses Jahres soll der kleinere Bruder EC250E Hybrid auf den Markt kommen.

Neben diesem hydraulischen Hybridantrieb mit dem Ausleger im Zentrum des Geschehens gibt es bei Baggern eine weitere, sogar wesentlich häufigere Spielart – näm-

lich den Elektro-Hybridantrieb mit dem Schwenkwerk als Energie-Rückgewinner. Hitachi gehörte zu den relevanten Herstellern, hat aber die Produktion seines rund 22 Tonnen schwere Mittelgewichts-Hybridmodells eingestellt.

Komatsu gilt als einer der Vorreiter in dieser Technologie. Bereits im Jahr 2008 brachte der Hersteller sein Modell PC200-8 auf den Markt. Üblicherweise wird das Schwenkwerk eines Baggers hydraulisch angetrieben. Bei diesem Modell ersetzen die Konstrukteure von Komatsu den Hydraulikmotor durch einen Elektromotor. Er bringt den Oberwagen in Schwung und bremst ihn auch wieder ab. Dabei wird er zum Generator und erzeugt Strom, der wieder Bewegungsenergie liefert – und

gleichzeitig den Dieserverbrauch sowie den Abgasausstoss um rund 25 Prozent senkt. Auch hier gilt: Je nach Einsatzart. Bei Anwendungen mit vielen Schwenkbewegungen werden noch mehr Kraftstoff und CO₂ eingespart. Auch der aktuelle Komatsu HB215LC3-Hybrid (24 Tonnen) sowie das Modell HB365LC-3 Hybrid (36 Tonnen) haben einen elektrischen Schwenk-Motorgenerator.

Kobelco präsentiert in seinem Zwanzigtöner SK210H(N)LC-10E Hybrid sogar eine Kombination aus einer elektrischen und einer hydraulischen Hybridtechnik. Letztere macht sich die Gewichtskraft des Auslegers zunutze und verschafft dem Hydrauliköl sozusagen eine Zweitverwertung. Wird der Ausleger abgesenkt, dann wird durch seine Gewichtskraft das Hydrauliköl im Auslegerzylinder komprimiert und über eine Direktleitung in den Stielzylinder gedrückt. So wird der Stiel ohne zusätzliche Hydraulikenergie beim Absenken des Auslegers ausgefahren – diese nahezu unvermeidliche Bewegungsform steuert der Maschinist also ganz normal per Joystick an, aber ohne zusätzliches Hydrauliköl vom System abzurufen.

Diese einfache, aber effektive Technik ist nach Angaben des Herstellers mittlerweile bei allen Kobelco-Baggern über 20 Tonnen integriert. Zusätzlich wird beim Kobelco SK210H das Schwenkwerk des Oberwagens nicht hydraulisch, sondern elektrisch angetrieben. Ein Motorgenerator wandelt die Bremsenergie in elektrische Energie um, die in einer Lithium-Ionen-Batterie gespeichert wird. Mit ihr wird die Hydraulik bei starker Beanspruchung unterstützt. Dadurch verbraucht der Bagger im Vergleich zum Standardmodell rund



Liebherr verbaut Hybridtechnologie in Umschlagmaschinen. Dieser LH 100 M Port mit ERC-System nutzt die Abwärtsbewegungen des Auslegers zur Energierückgewinnung.

zehn bis fünfzehn Prozent weniger Treibstoff, erklären die Maschinisten der Toggenburger Baufirma Gebrüder Alpiger AG, die sich bereits vor rund zwei Jahren diese Maschine zulegen. Rund 20 Prozent betragen die Mehrkosten des Hybridbaggers gegenüber dem Standardmodell, heisst es bei Hand, dem Kobelco-Handelshaus für die deutschsprachige Schweiz.

Spannende neue Umschlagtechnik

Kurze Distanzen überwinden, abwechselnde Einsätze drinnen und draussen – gerade in der Umschlagtechnik von Rohstoff-, Abfall- und Recyclingbetrieben gibt es reichliche Chancen für Antriebstechnik jenseits reiner Dieselmotoren. Diese Einsatzgebiete offenbaren aber auch, wie kom-

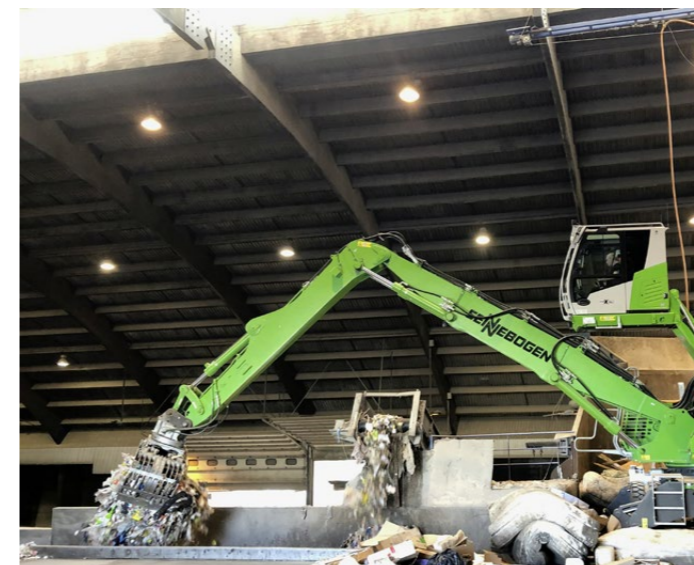
plex die Thematik ist und gehandhabt werden muss.

Ein Umschlagbagger etwa, der häufig den Standort wechselt und dabei beträchtliche Distanzen überwindet, eignet sich nicht für den reinen Elektrobetrieb per Stromkabel. Eine Umschlagmaschine, die überwiegend statisch arbeitet, jedoch schon. Gegebenenfalls hilft ein bordeigenes Diesel-Powerpack (als externes Aggregat oder in der Maschine integriert) beim Umsetzen, oder die Maschine erhält ihre Energie über eine Deckenstromzuführung, Schleifleitungen, Energieführungsketten oder Leitungstrommeln.

Liebherr hat aktuell eine mächtige Umschlagmaschine LH 100 M Port nach Villefranche-sur-Saône ausgeliefert. Zur Aus-



Der Hybridbagger SK210 von Kobelco vereint zwei energetisch wirksame Ansätze in seinem Hybridkonzept: eine ausgefällte Hydrauliköl-Rückführung im Ausleger und ein Energiespeicherkonzept zum Abdecken von Lastspitzen.



Sennebogen setzt auf verschiedene Ansätze zur Energieeinsparung. Das Green Hybrid System funktioniert auf Diesel- genauso wie auf Elektromaschinen. Eine Kombination aus Hydraulikzylinder am Ausleger und Gasdruckspeicher gewinnt beim Arbeitsvorgang Energie zurück.





Bilder: Bomag

Zwei nagelneue Bomag-Hybridwalzen arbeiten bei der Firma Hagedorn AG. Ihre Pionier-Baustelle hatten sie in Rapperswil-Jona. Ihr hydraulisches Hybrid-system fängt Lastspitzen ab und senkt den Verbrauch um bis zu 20 Prozent.

stattung gehört das serienmässige Liebherr-Energierrückgewinnungs-System (ERC). Es erhöht die Systemleistung, sorgt für höhere Umschlagleistung und führt gleichzeitig zu einer Energieeinsparung von bis zu 30 Prozent.

Das Prinzip ist einfach und mit dem Wirken einer Feder vergleichbar: Durch das Absenken der Ausrüstung wird das im Zusatzzylinder vorhandene Gas komprimiert. Beim Anheben der Ausrüstung unterstützt die im Gaszylinder gespeicherte Energie die beiden Hubzylinder. Das ERC-System verleiht der Maschine bis zu 80 Kilowatt an Mehrleistung. Dies spiegelt

sich in kraftvolleren, homogeneren Arbeitsspielen bei geringerem Kraftstoffverbrauch wider. Auch andere Umschlagmaschinen von Liebherr sind mit dem ERC-System ausgestattet.

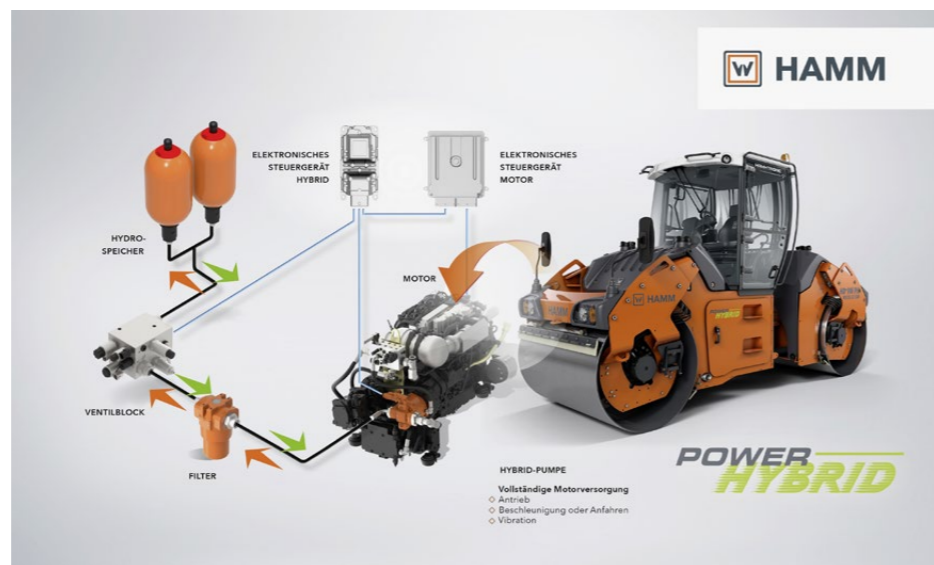
Sennebogen bietet für seine Umschlagmaschinen ab der Baugrösse 855 E serienmässig ein System zur Energierrückgewinnung. Dabei wird – ganz ähnlich wie bei anderen hydraulischen Hybridmaschinen die beim Absetzen des Auslegers frei werdende Energie von einem zusätzlichen Hydraulikzylinder aufgenommen, in einem Stickstoffspeicher parkiert und zum Anheben des Auslegers wiederverwendet.

Der Hersteller fasst übrigens den Begriff «hybrid» besonders weit und betont, dass der Primärtrieb von Hybrid-Umschlagmaschinen nicht unbedingt von einem Dieselmotor stammen muss. Auch reine Elektro-Umschlagmaschinen profitieren vom System der Energierrückgewinnung. Und bei Sennebogen erfreut sich auch die Kombination aus Elektromaschine und einem kleinen Diesellagregat zunehmender Beliebtheit: Vom Dieselmotor angetrieben, lässt sich die Umschlagmaschine von einem Einsatzort mit Stromanschluss zum nächsten versetzen, ohne dass umständlich Kabel umverlegt werden müssen.



Bilder: Hamm

Die Tandemwalze Hamm HD+ 90I PH arbeitet mit Power-Hybrid-Antrieb. Das System arbeitet wie ein Pumpspeicherwerk: Bei Normallast befüllt eine Pumpe einen hydraulischen Speicher, der seine Energie bei Lastspitzen wieder abgibt.



Weil die Maschinen nach einem Baukastensystem konzipiert sind, sind viele Kombinationen möglich. Sennebogen entwickelt zudem viel Energie dabei, seine Kunden bezüglich der passenden Energiequelle für ihre Umschlagmaschinen zu beraten und projiziert auf Wunsch auch die Energieversorgung kompletter Umschlagplätze. In der Broschüre «Energiekosten senken, Umwelt schonen» werden die einzelnen Maschinenkonzepte von Sennebogen griffig zusammengefasst.

Verdichten mit dem Doppelantrieb

Auch Verdichtungstechnik bringt mit Hybridantrieb den Verbrauch und die Emissionen runter. Und auch hier besteht die Idee darin, Lastspitzen mit gespeicherter Energie abzudecken.

Bomag hat in seiner schemelgelenkten Walze des Typs BW 174 AP Hybrid (9,5 Tonnen) den Dieselmotor, einen Hydraulikspeicher und das Verdichtungssystem zu einer effizienten Systemlösung vereint: Der Hydraulikspeicher sammelt Energie, die beim Bremsen erzeugt wird und deckt damit kurzzeitige Lastspitzen ab, etwa beim Einschalten der Vibration sowie beim Richtungswechsel. Dadurch lässt sich bei gleicher Arbeitsleistung der 75-Kilowatt-Motor durch ein kleineres, 55 Kilowatt starkes Diesellagregat ersetzen.

Laut dem schweizerischen Ausrüster Probst-Maveg bringt das Einsparungen von 20 bis 30 Prozent beim Dieserverbrauch und rund 25 Prozent weniger CO₂-Ausstoss. Das Herzstück bei der Energierrückgewinnung ist eine verstellbare Axialkolbenpumpe. Beim Aufladen fördert sie den Volumenstrom in zwei Speicher, die bis zu 21 Kilowatt Leistung aufnehmen. Bei Lastspitzen entladen sie sich über die Pumpe, die jetzt zum Motor wird und hydraulische Energie in den Antriebsstrang zurückgibt.

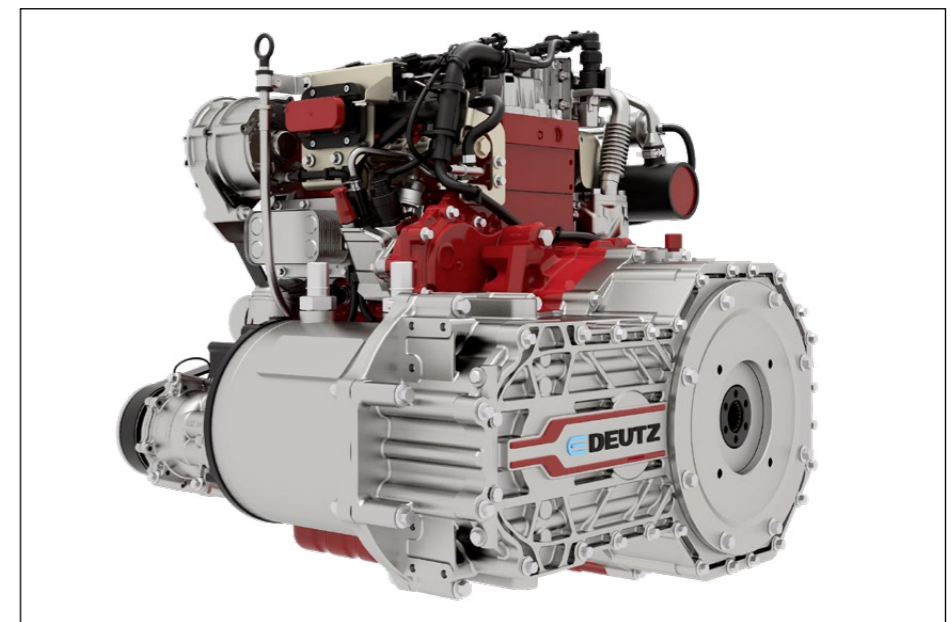
Dieser wuchtet dem Dieselmotor bis zu 100 Newtonmeter direkt auf die Kurbelwelle. Mit der Kombination aus Partikel-filter, Oxikat und gekühlter Abgasrückführung kommen die 10-Tonnen-Maschinen sogar ohne zusätzliche Betriebsstoffe wie AdBlue aus. Das wirkt sich auf die Betriebskosten und die Umwelt gleichermaßen positiv aus. Zwei neue Maschinen dieses Typs arbeiten seit Kurzem beim Bauunternehmen Hagedorn AG, Pfäffikon SZ; in der Einbausaison 2021 setzen führende Schweizer Strassenbauer bereits über zwanzig solche Hybridwalzen ein.

Hamm schickt seine Tandemwalze HD+ 90I PH (9 Tonnen) mit Power-Hybrid-Antrieb zur Arbeit. Das System arbeitet wie ein Pumpspeicherwerk: Bei Normallast befüllt eine Pumpe einen hydraulischen Speicher. Ruft dann bei Lastspitzen die Walze mehr Leistung ab, als der Dieselmotor liefern kann – etwa beim Anfahren oder beim Aktivieren der Vibration oder Oszillation – arbeitet das System als Zusatzantrieb und bringt kurzzeitig bis zu 20 Kilowatt an Zusatzleistung.

Da die Maximalleistung üblicherweise nur für wenige Sekunden abgerufen wird, bleibt stets genug Zeit zum Aufladen. So

arbeitet man mit Hochdruck einem Off-Highway-Hybridkonzept. Die modulare Systematik umfasst jeweils ein Nieder- und ein Hochvoltsystem in Verbindung mit 75 beziehungsweise 130 Kilowatt starken Dieselmotoren, E-Maschinen, Stromspeichertechnik aus eigenem Hause und der notwendigen Regeltechnik.

Ziel der Anstrengungen ist es, den Herstellern von Baumaschinen gewissermaßen Hybridantriebe aus einem Guss verfügbar zu machen, aus denen die Maschinen ganz nach Bedarf mechanische oder elektrische Leistung abrufen können. Diverse Kooperationen mit einzelnen Her-



Bilder: Deutz

Der Motorenhersteller Deutz arbeitet an modularen Baukastensystemen für Off-Highway-Antriebe. Dazu zählt auch eine Kombination aus Dieselgenerator, E-Maschine und elektrischem Powerpack.

kommt die Maschine mit 55 anstelle von 75 Kilowatt Dieselpower aus, entsprechend sinkt der Verbrauch. Hamm bietet diese Power-Hybrid-Walze mittlerweile in sechs Varianten serienmässig an.

Über die Sinnhaftigkeit der Hybridtechnik bei Walzen wird diskutiert. In ebenem Gelände stellt eine allenfalls geringere Motorisierung meistens keine Schwierigkeit dar. Bei steiler Bergfahrt aber kann eine geringere Motorleistung unter Umständen problematisch werden.

Antriebssysteme aus einem Guss

Nicht nur die Hersteller von Baumaschinen beschäftigen sich mit Hybridtechnologie. Auch beim Motorenhersteller Deutz

stellern lagen längere Zeit coronabedingt auf Eis, aber bei Deutz ist man zuversichtlich, bis zur kommenden Bauma, die im April 2022 in München stattfindet, vorzeigbare Resultate zu schaffen.

Bei den Herstellern von Baumaschinen glühen unterdessen die Köpfe der Konstrukteure rund um das Thema Elektroantrieb. Vermutlich werden wir in einem Jahr in München weitaus mehr neue elektrische Baumaschinen sehen als solche mit klassischem Dieselmotor und Hybridtechnologie. Schade eigentlich, denn die Beispiele haben gezeigt, dass sich einige Systeme technisch leicht umsetzen und womöglich auch auf bestehenden Maschinen nachrüsten lassen. ■