

# Auf dem Weg zur CO<sub>2</sub>-neutralen Baustelle

Rohstoffe und Energie verteuern sich drastisch und damit auch das Bauen. Neben dem Klimawandel sind die hohen Kosten ein weiterer Grund, möglichst CO<sub>2</sub>-arm zu arbeiten. Wiener Forscher haben anhand von vier gängigen Baustellentypen vorgerechnet, wie gross das Einsparpotential dank der bereits vorhandenen Technologien sein kann.

Von Alexandra von Ascheraden

Auf Österreichs Baustelle der Zukunft ist es auffallend leise. Und es riecht nicht nach Diesel. So stellt es sich zumindest eine Gruppe von Ingenieuren an der Technischen Universität Wien vor. Sie wollen nachweisen, dass in der Bauausführung Emissionen schon jetzt reduziert werden könnten. Es brauche, so sagen sie, dafür nur wenige Schritte. Und diese seien mit den vorhandenen technischen Möglichkeiten bereits heute durchführbar. Das ist nötig, denn die Bauindustrie ist laut den Forscherinnen und Forschern weltweit für rund zehn Prozent aller CO<sub>2</sub>-Emissionen verantwortlich.

Es beginnt damit, dass Transportfahrzeuge lokale Kennzeichen tragen. «Indem die Materialien regional bezogen und mit just-in-time-Lieferungen zur Baustelle gebracht werden, sparen wir Wege», sagt Maximilian Weigert, Baubetriebsforscher an der TU Wien. Die Maschinen werden elektrisch betrieben, was den Lärmpegel senkt.

Auch die Baustelleneinrichtung soll energieautark sein. Am Beispiel des Baucontainers für den Bautrupps erklären sie: «Er ist thermisch gut gedämmt. Auf seinem Dach befinden sich Solarpanels. Effiziente Beleuchtungstechnik, Heiz- und Kühlsysteme verringern den Energieeinsatz.»

Zumindest Teile des auf der Baustelle benötigten Stroms wollen die Forschenden über Wind- und Solarenergie direkt vor Ort erzeugen.

## Entwicklungsschub erwartet

Grosse Baumaschinen, die noch nicht elektrifiziert sind, sollen mit Wasserstoff oder E-Fuels angetrieben werden statt mit fossilem Diesel oder übergangsweise zumindest mit Biodiesel. Bei allen Arten von Treibstoffen werde es bald Fortschritte geben, gibt sich Leopold Winkler von der TU Wien überzeugt: «Wir werden bei Baufahrzeugen einen Entwicklungsschub feststellen. Neue

Antriebstechnologien stellen bereits in naher Zukunft kosteneffiziente Alternativen dar.» Einen Blick in die Schweiz wagen die Wiener dabei auch. Hyundai habe sieben Wasserstoff-LKW auf Schweizer Strassen gebracht, Liebherr 2020 einen Transportbetonmischer. Und Liebherr hat 2021 den Unternehmen Kibag und Holcim je einen vollelektrischen Betonmischer geliefert, ein dritter an Sieber in Diepoldsau ist gerade in Auslieferung.

René Klaus, Spartenleiter Betontechnik bei Liebherr Schweiz, erläutert: «Die Fahrleistung eines Betonmischer beträgt 20 000 bis 25 000 Kilometer pro Jahr und die Fahrmaschine scheinen sich hier zu bewähren. Beide Unternehmen haben auch in den nächsten Beschaffungsjahren wieder elektrische Betonmischer budgetiert. Für den Betrieb in der Stadt ist die Reichweite ausreichend.» Noch kosten solche Mischer zweieinhalb- bis dreimal so viel wie ein herkömmliches Fahrzeug. Diese Mehrinvestition kann aber in der Schweiz und in der EU mittels Fördermassnahmen teilweise kompensiert werden. Auch Drehbohrgeräte sind bei Liebherr im Angebot, aber noch nicht in der Schweiz im Einsatz.

Bei den Betonmischem war Liebherr allerdings nur für die Aufbauten zuständig, wie Klaus erklärt. Liebherr selbst hat eine Hybridlösung im Angebot, bei der nur der Mischer selbst elektrisch angetrieben wird. Die Konzeption der erwähnten vollelektrischen Betonmischer lag bei der Designwerk Technologies AG (ehemals Futuricum), die mittlerweile auch eine Reihe vollelektrischer LKW anbietet. Das Angebot wächst bei allen Herstellern. Noch aber sind Reichweite und Anschaffungskosten Hemmnisse für den breiten Einsatz.

## Österreich zum Beispiel

Der «Kurier» aus Wien berichtet, dass Österreich deutlich ehrgeiziger an das Thema herangeht. So sollen im Jahr 2030 bereits 2000 mit grünem Wasserstoff betriebene Brennstoffzellen-LKW auf den Strassen Österreichs fahren. Treiber des Projekts ist ein Konsortium der Konzerne Post, Spar und Rewe sowie den Fahrzeugentwicklern AVL List und Magna. Sie fordern allerdings Subventionen von mehr als 400 Millionen Euro, um die Mehrkosten abzudecken, die sich aufgrund der höheren Preise für die LKW im Vergleich zu den Dieselfahrzeugen ergeben. Doch es ist fraglich, ob Subventionen in dieser Höhe fliessen werden.

Einer der in der TU-Studie erwähnten Schweizer wasserstoffbetriebenen LKW ist beim Speditionsunternehmen Gebrüder Weiss in Altenrhein im Einsatz. Nach einem Betriebsjahr und 70 000 gefahrenen



Alternative Treibstoffe und Antriebsformen rechnen sich. Am meisten lässt sich sparen, indem die Transportdistanzen gering gehalten werden.

Kilometern wurde letzten März Bilanz gezogen. Fazit: Der Elektromotor hat selbst bei Steigungsstrecken seine volle Leistung behalten und der Verbrauch ist sogar unter den Angaben des Herstellers geblieben. Die durchschnittliche Tagesleistung lag bei 430 Kilometern, die nur durch die Verfüg-

barkeit von Wasserstofftankstellen eingeschränkt wurde. Im Moment zählt die Schweiz neun Wasserstoff-Tankstellen.

Die Designwerk Technologies AG setzt daher voll auf die Elektrifizierung. Vertriebsleiter Bernhard Kunz erklärt: «Auf Schweizer Strassen fahren bereits 105



Einige wenige voll elektrifizierte Beton-Fahrmischer sind bereits auf Schweizer Strassen unterwegs. Einer von vielen kleinen Schritten, die die CO<sub>2</sub>-intensive Branche unternimmt, um ihre Klimabilanz zu verbessern.



Liebherr hat letztes Jahr dem Unternehmen Kibag einen vollelektrischen Betonmischer geliefert. Für den Betrieb in der Stadt ist die Reichweite passend.

## Baggerschaufel mit Hybrid-Antrieb

Bei Autos sind Hybrid-Antriebe, also die Kombination verschiedener Antriebssysteme und Energiespeicher, schon länger gebräuchlich. Forscherinnen und Forscher des Karlsruher Instituts für Technologie (KIT) haben testweise einen Bagger mit Sensoren bestückt und untersucht, wie er möglichst effizient arbeiten kann. Baumaschinen haben meist ohnehin mehrere Antriebe, wie Fahr-, Schwenk- und Arbeitsantrieb, die alle hybridisiert werden könnten. Standard ist allerdings nach wie vor, die Energie für sämtliche Antriebe über einen Dieselmotor zu erzeugen.

Der mit Sensoren gespickte, 15 Tonnen schwere Bagger wurde hundert Tage lang bei der Arbeit auf unterschiedlichen Baustellen überwacht. Die Sensoren am Hybridbagger lieferten Daten zum Einsparpotential. «Anschließend haben wir verschiedene Varianten der Hybridisierung am Rechner simuliert und ermittelt, welches Potenzial zur Effizienzsteigerung sie im realen Betrieb haben würden», erläutert Niklas Barga vom Institut für Fahrzeugsystemtechnik des KIT.

### Schwenkwerk birgt Potential

Der elektrische Betrieb des Schwenkwerks eines Hydraulikbaggers bringt beim Laden von Erdreich oder Schutt auf einen Lastwagen eine Effizienzsteigerung von elf Prozent. Gleichzeitig lassen sich rund acht Prozent Dieseltreibstoff sparen. Wird zusätzlich die Bewegungsenergie beim Absenken des Baggerarms zurückgewonnen sind sogar Effizienzsteigerungen von insgesamt 12,5 Prozent sowie ein um neun Prozent geringerer Spritverbrauch zu erwarten. «Wir gehen davon aus, dass sogar noch weiteres Potenzial vorhanden ist. Zum Beispiel durch eine Software, die bedarfsgerecht und nach Effizienzgesichtspunkten entscheidet, mit welchem Antrieb die unterschiedlichen Funktionen des Baggers gerade am besten betrieben werden sollen», erzählt Barga.

### Hybrid als Brückentechnologie

Der Verbrauch eines mittelschweren Baggers liegt über seinen kompletten Lebenszyklus gerechnet bei 100 000 Litern Diesel. Entsprechend gross wäre das Energie-sparpotential bei Hybridantrieben für Baumaschinen. «Wir sehen die Hybridisierung dennoch eher als Brückentechnologie auf dem Weg zur vollständigen Elektrifizierung von Baumaschinen», so Barga. Noch sind die Hürden hoch, etwa wegen des hohen Energiebedarfs der Maschinen und fehlender Speichertechnik. (ava)



Dieser mit Sensoren gespickte, 15 Tonnen schwere Hybrid-Bagger wurde hundert Tage lang bei der Arbeit auf unterschiedlichen Baustellen überwacht. So konnte berechnet werden, wie viel Einsparpotential der elektrische Betrieb etwa des Schwenkwerks birgt, während der Bagger selbst weiterhin mit Diesel betrieben wird. Derartige Lösungen sollen Übergangstechnologien bis zur vollständigen Elektrifizierung bilden.

Fahrzeuge, bei denen wir die Umrüstung auf Batteriebetrieb vorgenommen haben. Sechs davon sind Betonmischer, bei den anderen handelt es sich um Lastwagen, Krananwendungen und Fahrzeuge mit Hydraulik-Lösungen für Zuggewichte bis 44 Tonnen und einer effektiven Autonomie von 500 Kilometern.»

### Kieslogistik und Tunnelbau

Neben Spediteuren kämen Abnehmer dieser Camions auch aus der Baubranche. «Sie kommen vor allem in der Kieslogistik und im Tunnelbau zum Einsatz. Die Roche-Baustelle in Basel wird zum Beispiel ab dem Konsolidierungslager in Pratteln durch die Schweizerische Post ausschliesslich mit unseren Elektrolastwagen beliefert», so Kunz weiter.

Bei der Reichweite müssten sich die Elektro-Nutzfahrzeuge längst nicht mehr verstecken. «Eberhard Bau fährt mit einem von uns umgerüsteten Elektro-Betonmischer mit Avesco-Aufbau auf der hydraulischen Basis vollbeladen bereits in einem Radius von 150 Kilometern. Das ist in der Schweiz mehr als ausreichend», sagt Kunz. «Unsere grössten E-Lastwagen sind 70-Tonnen-Fahrzeuge. Allerdings sind diese nicht in der Schweiz im Einsatz. In Skandinavien setzt man bereits stark auf Elektrofahrzeuge. Ab 2025 dürfen in Dänemark und Norwegen grösstenteils nur noch CO<sub>2</sub>-neutrale Fahrzeuge in die Städte fahren. London und Paris haben ähnliche Pläne angekündigt.» Andere Länder und Grossstädte würden nachziehen, da sei er sich sicher.

### Vom ETH-Projekt zum E-Bagger

Im Moment kann die Designwerk Technologies AG hundert Fahrzeuge pro Jahr umrüsten. Ab 2023 soll die Kapazität um fünfzig Prozent erhöht werden. Möglich wird das unter anderem, weil Volvo sechzig Prozent des Unternehmens übernommen hat. Batteriebetriebene Bagger gibt es von Designwerk allerdings nicht, nur eine passende Batterielösung.

Elektrobagger sind die Spezialität von Suncar. Die Firma ist aus einem ETH-Projekt von Studierenden der Elektroingenieurwissenschaften und dem Maschinenbau hervorgegangen. Ein Projekt war der weltweit erste batteriebetriebene Bagger. Die Firmengründung erfolgte, als das Unternehmen Huppenkothen Baumaschinen einstieg. Mittlerweile gibt es sieben verschiedene Baggermodelle, dazu diverse Kommunalfahrzeuge. Suncar rüstet auf Kundenwunsch Nutzfahrzeuge aller Art um, beispielsweise auch Schneefräsen.

Das Angebot wächst somit auch in der Schweiz. Um den Fahrzeugen trotz höhe-



Beim Untertagebau können elektrisch betriebene Nutzfahrzeuge ihre Vorteile ausspielen. Standard ist allerdings nach wie vor, die Energie für sämtliche Antriebe über einen Dieselmotor zu erzeugen.

ren Preisen zum Durchbruch zu verhelfen, bräuchte es aber mehr politischen Willen und allenfalls finanzielle Anreize. Und Kunz merkt an: «Neben der Reichweite sind auch Kapazitäten der lokalen Stromnetzwerke ein wichtiges Thema. Zum Teil ist der Strom nicht überall sofort verfügbar. Man kann nicht an jedem beliebigen abgelegenen Ort plötzlich eine grosse Baustelle einrichten und dort die Mengen an Strom beziehen, die es für den elektrifizierten Betrieb braucht. Die Verfügbarkeit und der nachhaltige Mix von Strom ist nicht unbedingt ein Thema in der Produktion, sondern eine politische Frage.»

### Vier Baustellentypen berechnet

In ihrer Studie berechnen die TU-Forscher, dass der CO<sub>2</sub>-Ausstoss mit aktuell vorhandenen Technologien im Vergleich zu herkömmlich betriebenen Baustellen um die Hälfte reduziert werden kann. Damit das Ganze auch wirklich läuft, raten sie dringen dazu, einen Klimaverträglichkeitsbeauftragten für die Baustelle zu benennen, der die Einhaltung der Massnahmen kontrolliert.

Zu Vergleichszwecken hat das Forscherteam vier Baustellentypen hinsichtlich der konkreten Einsparpotenziale durchgerechnet. Der erste Baustellentyp, der «Wiener

Wohnbau» genannt wird, bezieht sich auf den Neubau eines städtischen Miethauses mit sieben Obergeschossen, 2000 Quadratmetern Grundfläche und insgesamt etwa 200 Wohnungen. Das Erdgeschoss wird als Geschäftsfläche genutzt.

Die fiktive Baustelle Nummer zwei betrifft die thermische Sanierung eines Wohngebäudes mit 5200 Quadratmetern Fassadenfläche. Bei Baustellentyp Nummer drei handelt es sich um städtische Asphaltarbeiten ohne Erdbau, bei denen auf 4700 Quadratmetern geräuscharmer Splittmastix-Asphalt aufgetragen wird. Die Baustelle für den Abriss eines Bürogebäudes mit 5000 Quadratmetern Grundfläche und 60000 Kubikmetern abzutragender Kubatur, ist das vierte Beispiel, wobei 8900 Tonnen Material abzutransportieren sind.

Für alle gerechneten Baustellen liessen sich viele Möglichkeiten finden, um kurzfristig CO<sub>2</sub> einzusparen. Das Potenzial, Treibhausgas-Emissionen zu verringern, lag je nach Baustellentyp und Rahmenbedingungen zwischen 21 und 52 Prozent. Am meisten lässt sich sparen, indem die Transportdistanzen gering gehalten werden. Auch alternative Treibstoffe und Antriebsformen sowie der Zukauf von Strom aus erneuerbaren Quellen tragen massgeblich zur CO<sub>2</sub>-Reduktion bei.

### Massnahmen kostenpositiv

Dass sie mit ihren Vorschlägen bei Bauherrschaften und der Baubranche nicht zwingend offene Türen einrennen, ist den Wissenschaftlern klar. Das Bewusstsein, dass sich etwas ändern muss, ist jedoch da. Aber die Frage nach den Mehrkosten kommt jeweils sofort. Und sie haben nachgerechnet. «Wir konnten zeigen, dass viele Massnahmen kostenneutral bis kostenpositiv sind. Beispielsweise rentiert sich die Anschaffung kleiner E-Bagger in vielen Fällen bereits heute», so Weigert. Batteriebetriebene Fahrzeuge sind in der Anschaffung teurer als Verbrenner. Die Kosten für Antrieb, Reparatur und Wartung sind jedoch meist niedriger als bei herkömmlich betriebenen Fahrzeugen.»

Herumgesprochen hat sich all das noch nicht unbedingt. Möglichst noch in diesem Jahr wollen sie nun den Praxistest machen und die erste CO<sub>2</sub>-neutrale Baustelle Österreichs umsetzen. Aktuell sind sie auf der Suche nach Projektpartnern. Publicity dürfte den teilnehmenden Bauunternehmern sicher sein. Dafür müssen sie sich auf Neuland begeben und sich auf die enge wissenschaftliche Begleitung einlassen. ■

Die Berechnungen zu verschiedenen Baustellentypen der Wiener Studie finden sich hier: [www.iww.de/pb/pquellenmaterial/id/226464](http://www.iww.de/pb/pquellenmaterial/id/226464)