

# Vergleichstest

## Liebherr LB 16 unplugged vs. Liebherr LB 16

In einem Praxistest in Weiden i.d. OPf. wurde im August 2022 das Großbohrgerät Liebherr LB 16 unplugged mit einem baugleichen, aber dieselbetriebenen Liebherr LB 16 verglichen. Beide Bohrgeräte bestritten jeweils die Hälfte der vorgesehenen Baustelle unter vergleichbaren Bedingungen, das heißt gleichem Baugrund, gleicher Bohrtiefe, identischem Bohrwerkzeug und ebenfalls gleichem Gerätefahrer.



Liebherr LB 16 unplugged



Liebherr LB 16

Ziel war es, das Leistungsvermögen sowie die Wirtschaftlichkeit der beiden Großbohrgeräte in einem realen Baustelleneinsatz aufzuzeigen.

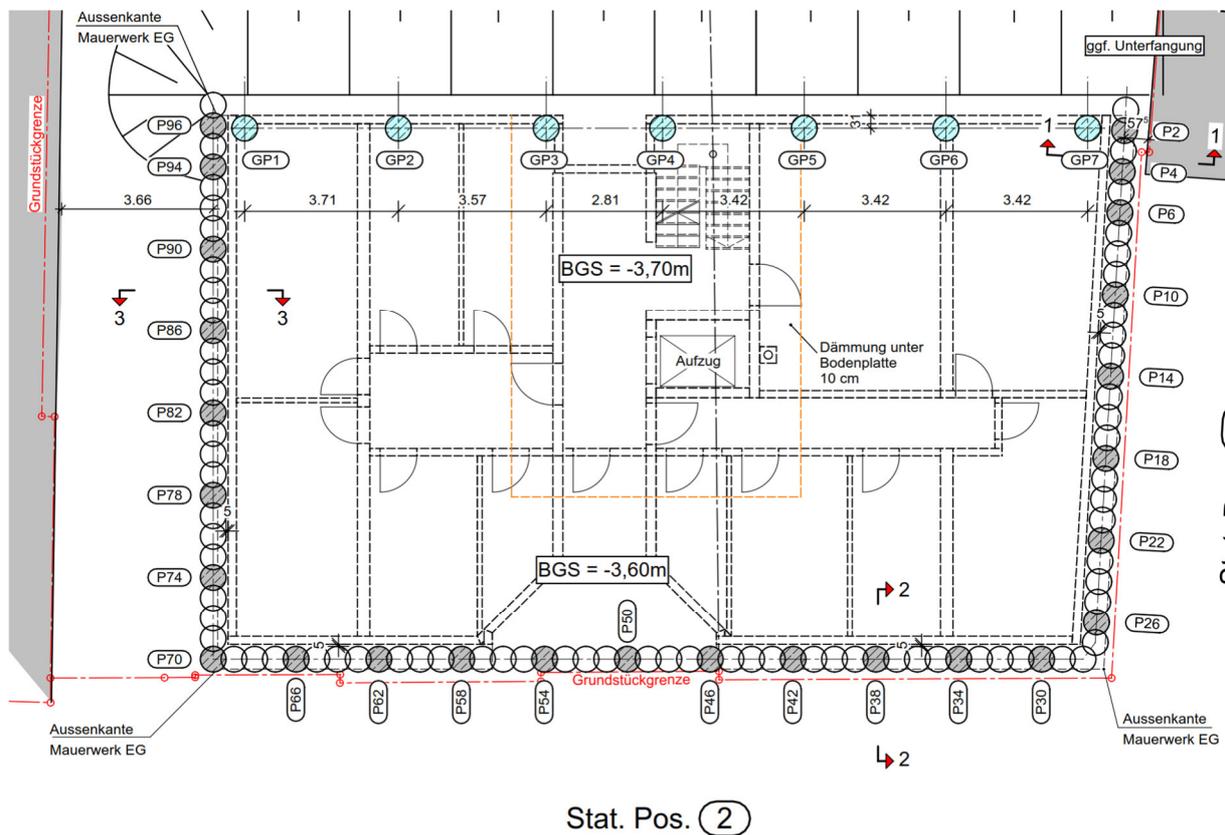
Hierzu wurden folgende Aspekte der beiden Maschinen betrachtet:

- Batteriemanagement
- Bohrleistung
- Wirtschaftlichkeit
- Energieverbrauch pro Tag, beziehungsweise pro Stunde
- CO<sub>2</sub>-Bilanz
- Wärmeentwicklung
- Lärmemission

## Baustellendaten

Einsatzort: Weiden i.d.OPf.  
 Bauvorhaben: Neubau eines Wohn- und Geschäftshauses  
 Bauherr: ADAC Nordbayern e.V.  
 Aufgabenstellung: Herstellung Bohrpfehlwand, freistehend, überschritten, Pfahldurchmesser  $d = 620$  mm, Bohrtiefe 6,8 m

Grundriss:



Ø620/500, 1-3-1 System

Abb. Grundriss

Quelle: MKIngenieure im Bauwesen GmbH, Regensburg

Bohrprofil Baugrund:

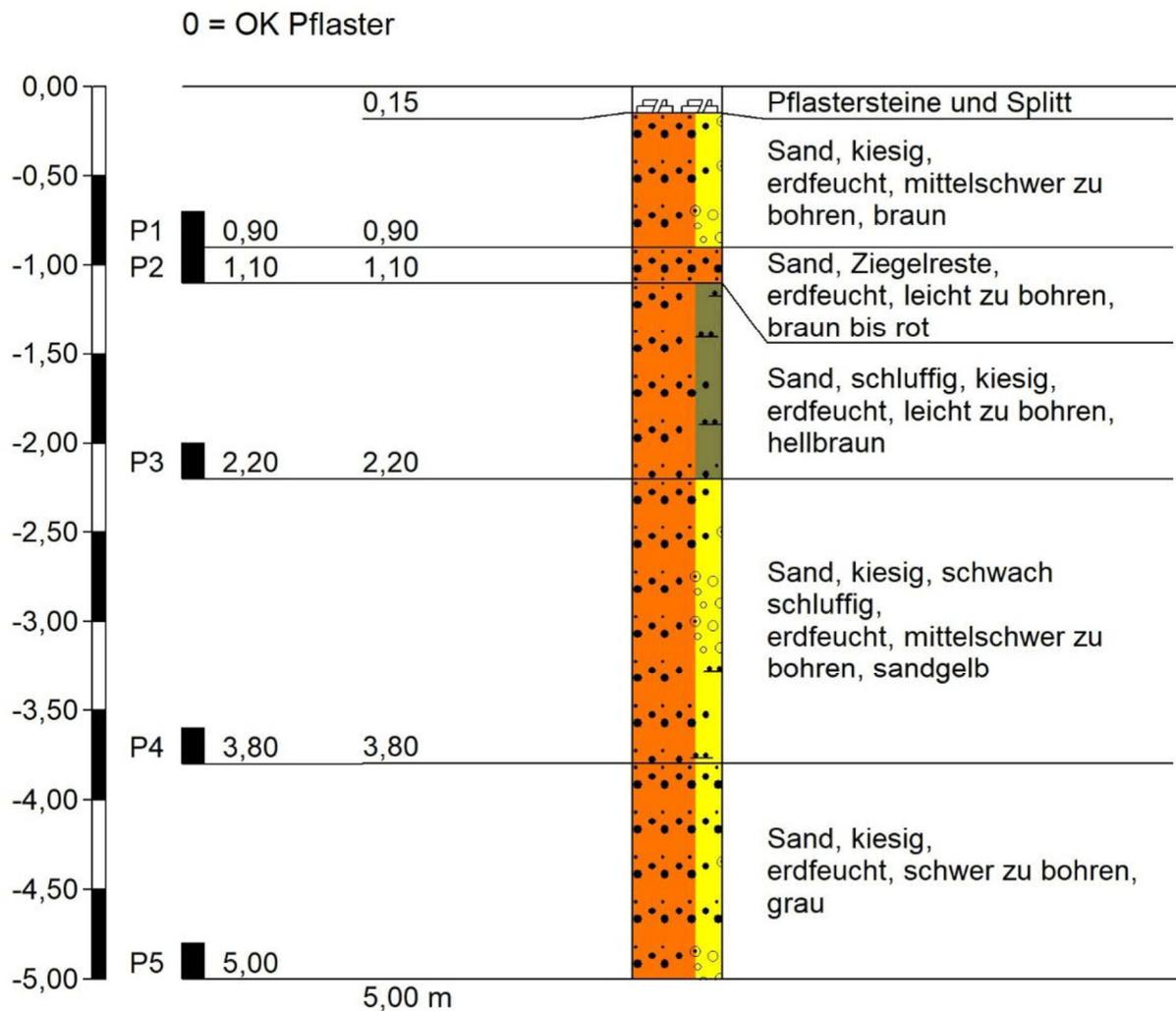


Abb. Bohrprofil Baugrund

Quelle: Institut Dr.-Ing. Gauer Ingenieurgesellschaft mbH, Regensburg



## Maschinendaten

	Liebherr LB 16 unplugged	Liebherr LB 16
Systemleistung	265 kW Spitzenleistung	ISO 9249, 230 kW (313 PS) bei 1700 U/min
Antriebsart	High Performance Battery System	Dieselmotor Liebherr D 944 A7-04
Abgaszertifizierung		EPA/CARB Tier 4f
Ladeleistung	20 kW CEE- Steckdose 32 A/400V AC  40 kW CEE- Steckdose 63 A/400V AC  80 kW CEE- Steckdose 125 A/400V AC	
Netzspannung	400 V AC (3-phasig + N + PE)	

Abb. Maschinendaten



## Testablauf

Aufgabenstellung der beiden Maschinen war es, eine Bohrung mit einer Tiefe von 6,8 m im Kellybohr-Verfahren herzustellen.

Ein Arbeitszyklus beim Arbeitsablauf beinhaltete:

- Verrohrtes Abbohren von je zwei Pfählen mit einer Tiefe von 6,8 m
- Ausbetonieren der Bohrpfähle
- Ziehen der Verrohrung

Die Liebherr LB 16 unplugged Maschine wurde auf der Baustelle mit einem Stromanschluss von 63 A/400V AC geladen (ein Anschluss mit einer Leistung von 125 A/400 V AC stand nicht zur Verfügung). Der Anschluss an das Stromnetz erfolgte jeweils nach Arbeitsende und wurde am darauffolgenden Morgen mit dem Arbeitsbeginn beendet.

Ziel war es, die Liebherr LB 16 unplugged ohne zusätzliche Ladevorgänge über einen vollen Arbeitstag nutzen zu können.

Ebenso wurde die Liebherr LB 16 täglich nach Arbeitsende bis zum maximalen Tankfüllstand aufgetankt.

**Hinsichtlich der Auswertung zum Batteriemangement, Bohrleistung, Wirtschaftlichkeit, CO<sub>2</sub>-Bilanz, Wärmeentwicklung und Lärmemission wurden folgende Daten dokumentiert:**

Datum, Außentemperatur, Wetter, Pfahlnummer, Bohrbeginn Akkuladezustand, Betonierende Akkuladezustand, Verbrauch Akku in %, Verbrauch in kWh, Verbrauch pro Bohrmeter, Temperatur Akku-Pack, Klimaanlage, Bohrbeginn, Betonierende, Herstellzeit, Gesamtarbeitszeit.



## Batteriemanagement

### Akkulaufzeit Liebherr LB 16 unplugged:

Laut Herstellerangaben kann mit einer Akkulaufzeit von bis zu zehn Stunden gerechnet werden, diese Betriebsdauer wurde ohne Zwischenladen bei dem Vergleichstest nicht erreicht.

Die durchschnittliche Akkulaufzeit betrug über den Baustelleneinsatz hinweg sieben Arbeitsstunden (siehe Abbildung Tabelle Dokumentation).

Datum	18.07.2022	18.07.2022	18.07.2022	18.07.2022	18.07.2022
Außentemperatur	17 °C	24 °C	27 °C	28 °C	29 °C
Wetter	Sonne	Sonne	Sonne	Sonne	Sonne
Pfahlnummer	87/71	92/75	79/96	83/69	73/90
Bohrbeginn Akkuzustand	98 %	80 %	64 %	45 %	29 %
Betonierende Akkuzustand	80 %	64 %	45 %	29 %	7 %
Verbrauch Batterie	18 %	16 %	19 %	16 %	22 %
Verbrauch bei 100 %=560 kWh	108 kWh	96 kWh	114 kWh	96 kWh	132 kWh
Verbrauch pro Bohrmeter	7,94 kWh	7,06 kWh	8,38 kWh	7,06 kWh	9,71 kWh
Temperatur Akku	20 °C	27 °C	29 °C	29 °C	29 °C
Klimaanlage ON/OFF	OFF	OFF	ON	ON	ON
Bohrbeginn	7:00	10:22	11:40	13:35	14:48
Betonierende	8:26	11:40	13:00	14:48	16:32
Herstellzeit Bohrpfahl	1 h 26 min	1 h 18 min	1 h 20 min	1 h 13 min	1 h 44 min
Gesamtzeit	Gesamtzeit 7 Stunden				

Abb. Tabelle Dokumentation

### Ladedauer Liebherr LB 16 unplugged:

Die Ladedauer der Liebherr LB 16 unplugged betrug bei unserem Praxistest aufgrund des nur verfügbaren 63 A/400V AC Anschlusses im Durchschnitt 14,5 Stunden. Dies war an manchen Tagen nicht ausreichend, um den Batteriespeicher auf über 95 % zu füllen. Hochgerechnet muss von einer Ladezeit von 15,5 Stunden bei 63 A/400V AC ausgegangen werden.

	11.07.2022	14.07.2022	18.07.2022	18.07.2022	19.07.2022
Akkuanzeige Beginn Ladung	91 %	35 %	7 %	18 %	5 %
Akkuanzeige Ende Ladung	100 %	98 %	94 %	21 %	35 %
Beginn Ladung	14:30	16:15	16:32	12:45	14:30
Ende Ladung	16:30	7:00 - 15.07.22	7:00 - 19.07.22	13:15	7:00 - 20.07.22
Dauer	2 h	14 h 45 min	14 h 28 min	30 min	16 h 30 min
Zählerstand Beginn Ladung	570 kWh	654 kWh	1150 kWh	1749 kWh	1771 kWh
Zählerstand Ende Ladung	651 kWh	1150 kWh	1749 kWh	1771 kWh	2329 kWh
Geladene kWh	81 kWh	496 kWh	599 kWh	22 kWh	558 kWh

Abb. Ladedauer LB 16 unplugged

In der Nacht vom 19.07.2022 auf 20.07.2022 kam es zu einer Störung im Batteriemangement, hierdurch wurde nur ein Akku-Pack mit Strom versorgt. Nach einem Reset mittels Fernzugriff auf die Ladesteuerung konnte das Gerät wieder regulär geladen werden.



## Bohrleistung

### Liebherr LB 16 unplugged:

Die Bohrleistung der Liebherr LB 16 unplugged betrug während des Testzeitraumes im Durchschnitt 68 Bohrmeter pro Tag.

Durch die begrenzte Kapazität des Akkus konnte das Bohrgerät nicht die Tagesleistung der Liebherr LB 16 erreichen (Abbildung Tagesleistung Liebherr LB 16 unplugged / Abbildung Tagesleistung Liebherr LB 16).

Datum	Pfahlnummer	Bohrbeginn	Betonierende	Dauer	Bohrmeter	Bohrleistung
18.07.2022	87/71	7:00	8:26	1 h 26 min	13,6 m	9,51 m/h
18.07.2022	92/75	10:22	11:40	1 h 18 min	13,6 m	10,46 m/h
18.07.2022	79/96	11:40	13:00	1 h 20 min	13,6 m	10,23 m/h
18.07.2022	83/69	13:35	14:48	1 h 13 min	13,6 m	11,15 m/h
18.07.2022	90/73	14:48	16:32	1 h 44 min	13,6 m	7,86 m/h
Bei Arbeitsende lag der Akkustand bei 7 %. Ein Arbeiten mit eingestecktem Kabel war aufgrund der Begebenheiten auf der Baustelle nicht möglich.						
Gesamte Arbeitszeit				7 h 1 min		
Tagesbohrmeter					68,0 m	
Durchschnittliche Bohrleistung						9,84 m/h
Durchschnittliche Erstellungsdauer				1 h 24 min		

Abb. Tagesleistung Liebherr LB 16 unplugged

Zwischen den Pfählen 82/71 und 92/75 wurde eine Undichtigkeit am hydraulischen Schnellwechsler behoben.

### Liebherr LB 16:

Bei der Liebherr LB 16 betrug die durchschnittliche Bohrleistung 81,6 m (Abbildung Bohrleistung Liebherr LB 16). Verglichen mit der Liebherr LB 16 unplugged hat diese  $\approx 17$  % mehr Pfahlmeter hergestellt.

Datum	Pfahlnummer	Bohrbeginn	Betonierende	Dauer	Bohrmeter	Bohrleistung
26.07.2022	27/49	7:00	8:27	1 h 27 min	13,6 m	9,37 m/h
26.07.2022	41/45	8:50	9:53	1 h 3 min	13,6 m	12,95 m/h
26.07.2022	33/37	10:04	11:02	58 min	13,6 m	14,16 m/h
26.07.2022	58/62	11:22	12:48	1 h 26 min	13,6 m	9,51 m/h
26.07.2022	29/54	13:52	15:12	1 h 20 min	13,6 m	10,23 m/h
26.07.2022	56/60	15:28	16:32	1 h 4 min	13,6 m	12,83 m/h
Gesamte Arbeitszeit				7 h 18 min		
Tagesbohrmeter					81,6 m	
Durchschnittliche Bohrleistung						11,50 m/h
Durchschnittliche Erstellungsdauer				1 h 13 min		

Abb. Tagesleistung Liebherr LB 16



## Wirtschaftlichkeit

Hinsichtlich der Tagesleistung wurde die Wirtschaftlichkeit der Liebherr LB 16 unplugged zur Liebherr LB 16 betrachtet.

Die Anschaffungskosten beziehungsweise Wartungskosten wurden nicht berücksichtigt (Abbildung Liebherr LB 16 unplugged Wirtschaftlichkeit / Abbildung Liebherr LB 16 Wirtschaftlichkeit).

### Liebherr LB 16 unplugged:

Datum	Bohrmeter pro Tag	Geladene Energie pro Tag	Energieverbrauch pro Bohrmeter	Kosten pro Tag bei 0,35 €/kWh	Kosten pro Bohrmeter bei 0,35 €/kWh
14.07.2022	54,4 m	496 kWh	9,12 kWh	173,60 €	3,19 €
18.07.2022	68,0 m	621 kWh	9,13 kWh	217,35 €	3,20 €
19.07.2022	54,4 m	558 kWh	10,26 kWh	195,30 €	3,59 €

*Abb. Liebherr LB 16 unplugged Wirtschaftlichkeit*

Da zum 19.07.2022 ein Batteriemangementfehler auftrat, ist dieser Tag als nicht relevant anzusehen.

### Liebherr LB 16:

Datum	Bohrmeter pro Tag	Dieserverbrauch pro Tag	Dieserverbrauch pro Bohrmeter	Kosten pro Tag bei 1,75 €/Liter	Kosten pro Bohrmeter bei 1,75 €/Liter
25.07.2022	81,6 m	201 l	2,46 l	351,75 €	4,31 €
26.07.2022	81,6 m	210 l	2,57 l	367,50 €	4,50 €
27.07.2022	68,0 m	194 l	2,85 l	339,50 €	4,99 €

*Abb. Liebherr LB 16 Wirtschaftlichkeit*

Die Gegenüberstellung von Strom- und Dieselposten der beiden Maschinen im Vergleich zeigt, dass die Liebherr LB 16 unplugged 27 % pro Bohrmeter wirtschaftlicher ist als die dieselpetriebene Liebherr LB 16.

## CO<sub>2</sub>-Bilanz

Die CO<sub>2</sub>-Ausstoß-Bilanz der Geräte wurde gemäß § 42 EnWG ermittelt.

Hierbei kann bei der Liebherr LB 16 unplugged unter Verwendung des in Deutschland als Standard gewerteten Strom-Mix-Faktors, von einem CO<sub>2</sub>-Ausstoß von durchschnittlich rund 4,61 kg pro Bohrmeter ausgegangen werden (Abbildung Liebherr LB 16 unplugged CO<sub>2</sub>).

Bei der Liebherr LB 16 mit Dieselantrieb beträgt der durchschnittliche CO<sub>2</sub>-Ausstoß 8,27 kg (Abb. Liebherr LB 16 CO<sub>2</sub>), somit ist eine Einsparung von circa 44 % CO<sub>2</sub> möglich.

### Liebherr LB 16 unplugged

Datum	Bohrmeter pro Tag	Geladene Energie pro Tag	Energieverbrauch pro Bohrmeter	CO <sub>2</sub> in kg Grünstrom*	CO <sub>2</sub> in kg Strom-Mix**	CO <sub>2</sub> pro in kg Bohrmeter***
14.07.2022	54,4 m	496 kWh	9,12 kWh	16,86 kg	240,56 kg	4,42 kg
18.07.2022	68,0 m	621 kWh	9,13 kWh	21,11 kg	301,19 kg	4,43 kg
19.07.2022	54,4 m	558 kWh	10,26 kWh	18,97 kg	270,63 kg	4,98 kg

Abb. Liebherr LB 16 unplugged CO<sub>2</sub>

### Liebherr LB 16

Datum	Bohrmeter pro Tag	Dieserverbrauch pro Tag	Dieserverbrauch pro Bohrmeter	CO <sub>2</sub> in kg Dieserverbrauch pro Tag	CO <sub>2</sub> in kg Dieserverbrauch pro Bohrmeter
25.07.2022	81,6 m	201 l	2,46 l	633,15 kg	7,75 kg
26.07.2022	81,6 m	210 l	2,57 l	661,50 kg	8,10 kg
27.07.2022	68,0 m	194 l	2,58 l	611,10 kg	8,98 kg

Abb. Liebherr LB 16

### Direktvergleich in Durchschnittswerten

	Liebherr LB 16	Liebherr LB 16 unplugged	Einsparung
CO <sub>2</sub> e gesamt	1905,75 kg CO <sub>2</sub>	812,38 kg CO <sub>2</sub>	1093,38 kg CO <sub>2</sub>
CO <sub>2</sub> / Bohrmeter	8,27 kg CO <sub>2</sub>	4,61 kg CO <sub>2</sub>	3,66 kg CO <sub>2</sub>

Abb. Direktvergleich

\* Grünstrom entspricht nicht der Eigenerzeugung, somit fallen ca. 34 g/kWh für die Vorkette an, gemäß THG ist das Scope 3

34 g

\*\* Strom-Mix in Deutschland: Erzeugung inkl. Vorleistungen gemäß §42 EnWG

485 g

\*\*\* Annahme Strom-Mix, da für Baustellen am wahrscheinlichsten

CO<sub>2</sub> in kg pro Liter Diesel:

3,15 kg



## Wärmeentwicklung

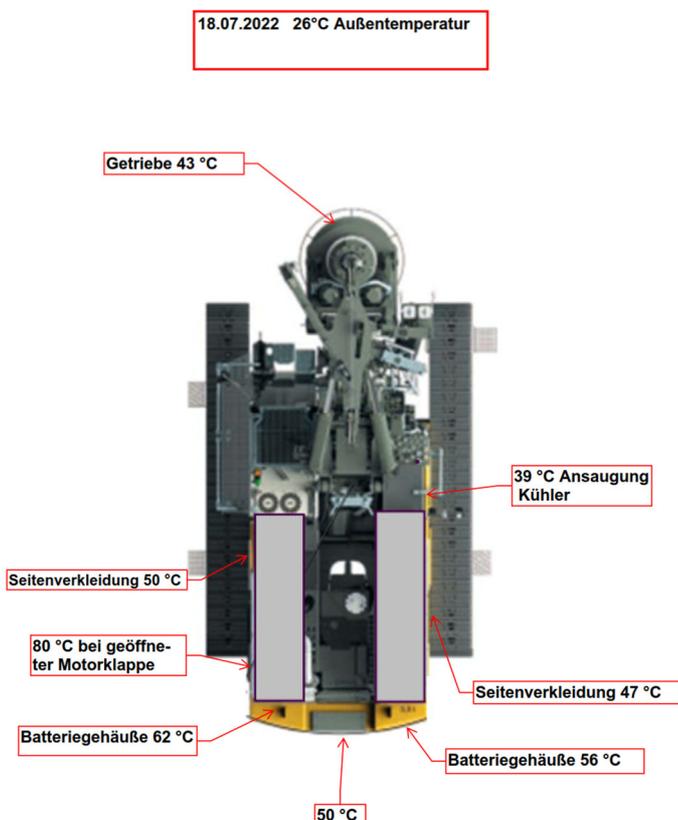
Um die Wärmeentwicklung der beiden Maschinen optimal ermitteln zu können, wurden mit Hilfe einer Handwärmebildkamera, sowie einer Drohne mit Wärmebildkamera, zwei unabhängige Messungen durchgeführt.

Die Resultate hieraus ergaben wesentliche Abweichungen zwischen den beiden Maschinen. Ersichtlich wurde, dass die Liebherr LB 16 deutlich mehr Wärmeenergie abgibt (Abbildung Wärmeentwicklung).

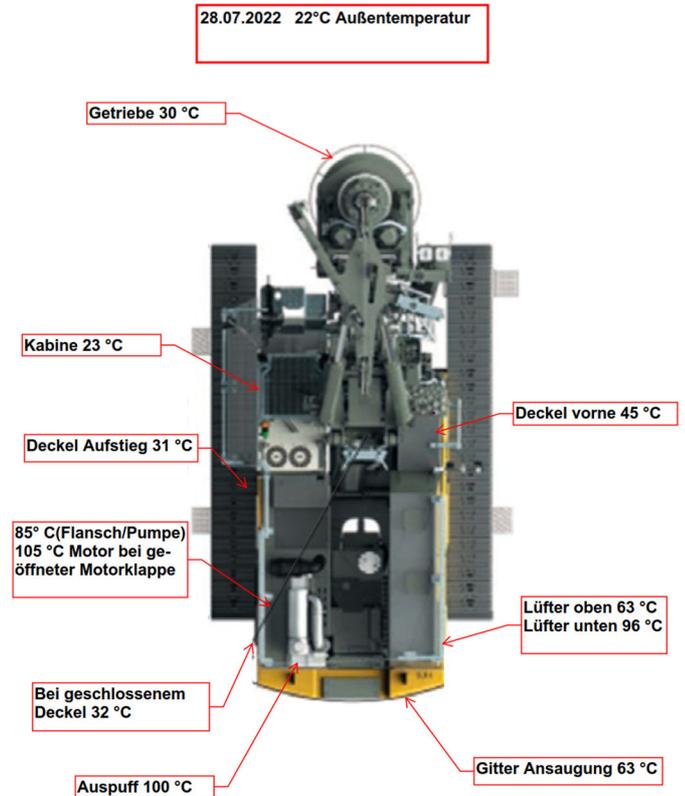
Liebherr LB 16 unplugged	Differenz	Liebherr LB 16
Lüfter 66 °C	30,5 %	Lüfter 95 °C
Motor 80 °C	23,8 %	Motor 105 °C
Restlicher Oberwagen 53 °C	18,9 %	Restlicher Oberwagen 43 °C
		Auspuff 100 °C

Abb. Wärmeentwicklung

### Liebherr LB 16 unplugged:



### Liebherr LB 16:



## Lärmemission

Hinsichtlich der Lärmentwicklung der beiden Geräte konnte ein signifikanter Unterschied festgestellt werden. Die Liebherr LB 16 unplugged hat im Maschinenbetrieb durchschnittlich eine 3 db(A) geringere Lärmemission als die Liebherr LB 16 (Abbildung Liebherr LB 16 unplugged/LB 16 Lärmpegel).

Hieraus ergibt sich, dass die Liebherr LB 16 die doppelte Lärmkulisse als eine Liebherr LB 16 unplugged aufweist.

Gewisse Betriebsgeräusche wie „Schnecke säubern“ können hier außer Betracht gelassen werden, da diese bei beiden Maschinen anfallen.

Unbeachtet bleiben jedoch die möglicherweise auftretenden Arbeitszeiteinschränkungen bezüglich der innerstädtischen Lärmverordnungen, diese würden sich gegebenenfalls in der Tagesbohrleistung widerspiegeln.

Tätigkeit	Liebherr LB 16 unplugged	Liebherr LB 16
Maschinenbetrieb	104 dB(A)	107 dB(A)
Schnecke säubern	109 dB(A)	110 dB(A)
Verrohrung ziehen	101 dB(A)	104 dB(A)

*Abb. Liebherr LB16 unplugged/LB16 Lärmpegel*

## Fazit

Das Großbohrgerät Liebherr LB 16 unplugged ist eine sehr leistungsstarke Maschine für innerstädtische Baustellen. Hier kann sie durch die geringe Lärmemission ihre Vorteile gegenüber der mit dieselbetriebener Maschine ausspielen.

Durch den Akkubetrieb ist die Arbeitszeit des Bohrgerätes auf rund sieben Arbeitsstunden ohne Zwischenladung des Akkus begrenzt, allerdings ist der Energieverbrauch um 27 % geringer und die Wärmeabgabe um rund 25 % niedriger.

Weiterhin ist die Lebensdauer der Akkus derzeit noch nicht bewertbar, da aktuell noch keine Daten zur Langzeitnutzung existieren.