

**BMUB  
UMWELTINNOVATIONSPROGRAMM**

**Abschlussbericht**

**zum Vorhaben:**

System-Meister – Transport und Baufahrzeuge für die umweltschonende Er-  
richtung von Bauwerken in der Natur im 90 Tonnen Bereich  
Vorhaben-Nr. NKa3 – 002091

**Fördernehmer /-in:**

Kranservice Meister e.K. (Besitzgesellschaft)  
c/o Meister GmbH (Betriebsgesellschaft)  
ehemals Jochen Meister - Meisterkran

**Umweltbereich**

Integrierter Umweltschutz

**Laufzeit des Vorhabens**

11.03.2013 - 31.12.2016

**Autoren**

Heiko Haase  
Tizian Ochmann

**Gefördert aus Mitteln des  
Bundesministeriums für Umwelt, Natur-  
schutz, Bau und Reaktorsicherheit**

**Datum der Erstellung**

29.01.2017



Bundesministerium  
für Umwelt, Naturschutz,  
Bau und Reaktorsicherheit

<b>Aktenzeichen</b> NKa3 – 002091	<b>Vorhaben-Nr.</b> NKa3 – 002091
<b>Titel des Vorhabens</b> System-Meister – Transport- und Baufahrzeuge für die umweltschonende Errichtung von Bauwerken in der Natur im 90 Tonnen Bereich (Anfangs: System Mammut)	
<b>Autoren (Namen, Vornamen)</b> Haase, Heiko Ochmann, Tizian	<b>Vorhabenbeginn</b> 11.03.2013
	<b>Vorhabensende (Abschlussdatum):</b> 31.12.2016
<b>Fördernehmer/-in (Name, Anschrift)</b> Kranservice Meister e.K.(Besitzgesellschaft) c/o Meister GmbH (Betriebsgesellschaft) (anfangs Jochen Meister – Meisterkran) Gewerbestraße 3-5, D-64807 Dieburg	<b>Veröffentlichungsdatum:</b> 31.01.2017
	<b>Seitenzahl:</b> 61
Gefördert im Rahmen des Umweltinnovationsprogramms des Bundesministeriums für Umwelt, Naturschutz, Bau- und Reaktorsicherheit	
<b>Kurzfassung</b> Bei Baumaßnahmen im Gelände ohne Straßenanbindung sollen die Eingriffe in die Natur minimiert werden. Zum Errichten von dezentralen Energieversorgungseinrichtungen, Mobilfunkmasten und Brücken stehen geeignete Wege zum Antransport der Fertigbauteile, Baumaschinen und des Baumaterials oft nicht zur Verfügung. Hierzu müssen heute Behelfsstraßen gebaut und Bäume gerodet werden. Diese Umweltbelastung wird durch das System-Meister wesentlich verringert: Dies geschieht mit Raupenfahrzeugen, die den Boden aufgrund des geringen Bodendrucks weit weniger belasten als Räder bei gleicher Last, und es können größere Steigungen bewältigt werden, sodass der Wegeneubau reduziert wird. Die Raupenfahrzeuge sind selbstfahrend: Dadurch entfällt die Zugmaschine und bei langen Bauteilen in Kurven werden Platzbedarf und die Notwendigkeit des Fällens von Bäumen deutlich reduziert. Allein in Deutschland sind derzeit bis zu 1000 Mobilfunkmasten geplant, die als Problem masten eingestuft werden und bei denen das System-Meister vorteilhaft zum Einsatz kommen kann. Mindestens 10% davon werden als erreichbarer Markt für das System-Meister angesehen. Gegenüber dem vor Projektstart existierenden Prototyp aus alter und nicht optimierter Technik für Lasten bis 50 t wurden breitere Raupen für transportierbare Lasten bis 100 t bei niedrigeren Emissionswerten und einer Start-/Stopp-Automatik realisiert. In Anwendungstests wurde die Technologie erstmals als marktfähiges Produkt demonstriert. Es soll sowohl über eigene Dienstleistungen genutzt als auch durch den Verkauf des Systems im In- und Ausland in die breitere Anwendung gebracht werden.	
<b>Schlagwörter</b> Schwerlast, Transport, Umweltschonend, Raupenfahrwerk, Kette, Green Logistics, Windkraft, Funkmast, Offroad, Sattel, Direktladung, Ladekran, Teleskopkran	
<b>Berichte:</b> In Papierform: 5x (davon 2 gebunden) Als elektronischer Datenträger: PDF (Email)	<b>Sonstige Medien:</b> Veröffentlichung im Internet auf der Homepage <a href="http://www.meisterkran.de">www.meisterkran.de</a>

## **Kurzfassung**

### **Beschreibung**

Für Schwerlasttransporte bei Bauprojekten oder Arbeitseinsätzen mit schwerem Gerät in naturnahem, oft unwegsamem, problematischem Gelände überzeugt das System-Meister TC 100 aufgrund der hohen Offroad-Tauglichkeit und gewährleistet eine reibungslose, witterungsunabhängige Durchführung der Aufgaben.

### **Anwendbarkeit der Technik**

An extremen Steigungen oder auf zum Teil nur ungenügend befestigtem Untergrund stoßen radbereifte Schwertransportfahrzeuge schnell an ihre physikalischen Grenzen. Dank einer exzellenten Steigfähigkeit von über 30° durch die hervorragende Traktion des Kettenlaufwerks lässt sich annähernd jeder Einsatzort mit dem System-Meister erreichen. Der Wenderadius des Raupenfahrzeugs ist ca. 0 und ermöglicht den Einsatz an Serpentina von Waldwegen in bergigem Gelände.

### **Wesentliche Vorteile für die Umwelt**

Durch die hohe Wendigkeit und Kompaktheit des Systems sowie den im Folgenden weiter erläuterten Betriebsmodifikationen des System-Meister TC 100 können die Planungskosten des Bauvorhabens sowie die naturverändernden Wegebaumaßnahmen deutlich verringert werden. Des Weiteren ist es aufgrund des selbstfahrenden Raupenlaufwerks nicht nötig, ein weiteres Antriebsfahrzeug (Sattelzugmaschine) vor Ort einzusetzen. Der verringerte Bodendruck führt zu einer verringerten Bodenverdichtung.

### **Medienübergreifende Aspekte**

In der Regel entfällt die Wegebefestigung mit Schotter, Beton oder Asphalt über die betroffenen Wegstrecke. Erdbewegungen zur Verbreiterung der Wege und die Rodung von Bäumen und Büschen entlang der Strecke werden deutlich reduziert oder entfallen ganz. Die damit verbundenen Umweltbelastungen an Emissionen sowie der Ressourcenverbrauch an Material und Treibstoff entfallen. Anwendungen im Bereich von Rettungseinsätzen bei Katastrophen sowie drohenden Katastrophen, wie Überschwemmungen durch Deichbaumaßnahmen, bewirken neben einem naturschonenden Einsatz auch eine beschleunigte Hilfeleistung.

### **Kostendaten**

Für die Anschaffung des System-Meister Teil 1 mit einer Raupe sind ca. 1,2 Mio. € Invest notwendig, ähnlich viel wie für konventionelle Technik. Die Einsatzzeit beträgt durch die geringere Fahrgeschwindigkeit typischerweise 5 statt 3 Tage, ohne Anrechnung der Zeit für den Wege(aus)bau. Die Kosten für den Wegebau von 0,5 – 2 km Länge betragen typischerweise 15.000 – 120.000 € und werden durch das System-Meister eingespart. Bei Einsatz von System-Meister Teil 2 mit einer weiteren Spezialraupe und einem weiteren Aufbaukran sowie Teil 3 mit einem Spezialkran würde sich die Rentabilität durch weitergehenden Einsatz bei Windkraftprojekten weiter erhöhen, erfordert aber noch die Fertigstellung einer Hub-/Kipp- und Drehvorrichtung mit Flügeladapter. Die Konzepte dafür liegen im Wesentlichen vor.

### **Sonstige Betriebsdaten**

Das System-Meister TC 100 überzeugt durch verschiedene Betriebsmodi. Dazu zählen die Modifikationen Offroad-Sattel, Direktladung, Offroad-Ladekran sowie Offroad-Teleskopkran. Im Modus Direktladung kann die TC 100 optional mit einem hydraulischen Lasttragrahmen oder einem Schwerlast-Lasttragrahmen ausgestattet werden.

### **Referenzliteratur**

Broschüre System-Meister TC 100

<http://www.meisterkran.de/montage-und-transport/system-meister/>

## Summary Description

Regarding construction projects in rough terrain or rescue tasks that require heavy machinery, it's hard to ensure a smooth operation regardless of weather conditions. The System-Meister TC 100 wins over usual transport systems because of its enormous off-road capabilities at heavy loads.

### Applicability

Extreme ascents, combined with inadequately paved surfaces, quickly bring wheeled, heavy-duty transporters to the limit of their capacities. Thanks to its excellent gradient-climbing ability of more than 30 degrees due to the outstanding traction of the tracks, System-Meister can access almost any jobsite. The turning radius of the transporter is about 0 m and allows the application at serpentine forest roads in the mountains.

### Main environmental benefits, main achieved emission levels

Due to the high maneuverability, compactness and hereafter described operating modes of the system; the planning expenses can be reduced. In comparison to usual transport systems (semi-trucks), the road building measures are not that time-consuming. Furthermore, it is not necessary to implement another tractor unit to the system because of the automotive crawler chassis. The reduced pressure of System-Meister compared to wheeled systems results in reduced compression of the soil.

### Cross-media aspects

Regularly the need for stabilizing roads by gravel, concrete asphalt or is not necessary along the affected path. Moving of soil to broaden the pathway and removal of trees or bushes are diminished or completely avoided. The related impacts on environment by emission of exhaust gases as well as the consumption of resources of road material and fuel are omitted. Applications for rescue operations in the case of acute or upcoming catastrophic events – as for floods by building or repair of dams, accelerate the necessary aid and are also friendly to the environment.

### Economics

Investment in System-Meister part 1 with a single tractor requires about 1,2 Mio. €, similar as for conventional techniques. The application time for a typical application project is 5 instead of 3 days, due to the slower speed. The total project time is reduced, because the upgrading of the track is diminished. The cost for upgrading at a length of 0,5 – 2 km is typically 15.000 – 120.000 €, which is saved by the System-Meister. By use of System Meister Part 2 with an additional special tracked vehicle and an additional crane and of Part 3 with a further accomplishing crane the rent ability would be increased by a more far reaching application in wind power application projects. But this requires the completion of a lifting-/ tilting und rotary device including an adapter for wings. The concepts are essentially developed.

### Operational Data

The System Meister TC 100 convinces due to its different operating modes, which described on the following pages. It is possible to modify the system for the direct loading mode, the off-road trailer mode, the off-road loader crane mode and a 60t/132,300 lbs. telescopic crane. Regarding the operating mode 'direct loading', the System-Meister TC 100 is able to be equipped with a hydraulic load-bearing frame for heavier loads up to 200 t.

### Reference Literature

Brochure System-Meister TC 100 (in German Language)

<http://www.meisterkran.de/montage-und-transport/system-meister/>

# Inhaltsverzeichnis

a.	Abbildungsverzeichnis.....	7
b.	Tabellenverzeichnis.....	8
1	Einleitung.....	9
1.1	Kurzbeschreibung des Unternehmens.....	9
1.2	Ausgangssituation im Unternehmen und in der Branche.....	10
2	Umsetzen des Vorhabens.....	13
2.1	Ziel des Vorhabens.....	13
2.2	Darstellung der technischen Lösung.....	14
2.2.1	System-Meister.....	14
2.2.2	Ausbaustufen, Auslegung und Leistungsdaten.....	20
2.3	Darstellung der Umsetzung des Vorhabens.....	22
2.3.1	Vorführung Windpark.....	25
2.3.2	Einsatz Brückensanierung.....	26
2.3.3	Einsatz Solar-Feld.....	27
2.3.4	Einsatz Mobilfunk.....	29
2.3.5	Testfahrt Betriebsmodus Offroad-Sattelzugmaschine.....	31
2.3.6	Testfahrt Betriebsmodus Direktladung.....	32
2.3.7	Planung Einsatz der Schwerlasttransportraupen zum Hochwasserschutz.....	33
2.3.8	Planung Transport von Brückenbauteilen.....	33
2.4	Behördliche Anforderungen (Genehmigungen).....	35
2.5	Erfassung und Aufbereitung der Betriebsdaten.....	35
3	Ergebnisse.....	36
3.1	Bewertung der Vorhabendurchführung.....	36
3.2	Stoff- und Energiebilanz.....	36
3.3	Umweltbilanz.....	37
3.3	Konzeption, Durchführung und Ergebnisse des Messprogramms.....	43
3.3.1	Verringerung der Radlasten.....	43
3.3.2	Bodendruckwerte.....	47
3.3.3	Gesamtgewicht.....	48
3.3.4	Kurvenradien.....	49
3.3.4	Emissionswerte.....	51
3.4	Wirtschaftlichkeitsanalyse.....	57
3.4.1	Investitionskostenvergleich und weitere wirtschaftliche Eckdaten.....	57
3.4.2	Amortisation.....	59

3.5	Technischer Vergleich zu konventionellen Verfahren.....	61
3.5.1	Vergleich für die verschiedenen Betriebsmodi .....	61
3.5.1.1	Offroad-Sattel.....	61
3.5.1.2	Direktladung .....	62
3.5.1.3	Offroad-Ladekran .....	63
3.5.1.4	Offroad-Teleskopkran .....	64
3.5.1.5	Räumschild .....	64
4	Empfehlungen .....	66
4.1	Erfahrungen aus der Praxiseinführung.....	66
4.2	Modellcharakter .....	66
4.3	Zusammenfassung.....	67
6	Literatur .....	68

## a. Abbildungsverzeichnis

Abb. 1	Transport eines Bauteils auf System-Meister TC 50	S. 10
Abb. 2	Baustraße zur Errichtung einer Windkraftanlage	S. 11
Abb. 3	Transport eines Rotorblattes einer Windkraftanlage	S. 11
Abb. 4	Transport einer Turmsektion mit Nachläufer	S. 11
Abb. 5	Transport einer Turmsektion mit Selbstläufer	S. 12
Abb. 6	TC 50 Prototypentest – Transport und Montage von Mastteilen	S. 12
Abb. 7	TC 50 Prototypentest – Transport eines Flügels	S. 14
Abb. 8	Transport eines Transformatorenhäuschens	S. 15
Abb. 9	Konventioneller Transport einer Windkraftturmsektion	S. 15
Abb. 10	Minimalkurve zum Transport einer Windkraftturmsektion	S. 15
Abb. 11	Wechselvorgang des Aufbaukrans auf Wechsellpritsche	S. 16
Abb. 12	Schematische Funktionsweise System-Meister	S. 17
Abb. 13	Hub- und Kippvorrichtung für 18% Neigung in Längsrichtung	S. 18
Abb. 14	Neuer Knickarmkranaufsatz auf Wechselrahmen	S. 18
Abb. 15	Funkfernsteuerung HBC Radiomatic	S. 20
Abb. 16	Transport und Hub im Betriebsmodus Offroad-Ladekran	S. 23
Abb. 17	Transport eines Funkmastes	S. 23
Abb. 18	Einsatzdokumentation Meister GmbH	S. 24
Abb. 19	Einsatzdokumentation Meister GmbH	S. 25
Abb. 20	Einsatzdokumentation Meister GmbH	S. 26
Abb. 21	Testfahrt System-Meister TC 100 im Modus Offroad-Ladekran	S. 27
Abb. 22	Einsatzdokumentation Meister GmbH	S. 28
Abb. 23	Transport eines Funkmastes	S. 28
Abb. 24	Dokumentation Testfahrten TC 100 mit 60 t Mast	S. 29
Abb. 25	Betriebsmodus Offroad-Sattel mit Grove GTK 1100	S. 30
Abb. 26	Testfahrt System-Meister mit 100 t Zuladung	S. 31
Abb. 27	Einsatzdokumentation von Donges Steeltec	S. 33
Abb. 28	Testfahrt mit Brückenelementen der Donges Steeltec	S. 33
Abb. 29	Entfallen von einer Rodung bei Einsatz der TC 100	S. 37

Abb. 30	Erschließung einer Schwerlaststraße	S. 37
Abb. 31	Stand des derzeitigen Leitungsausbaus in Deutschland	S. 40
Abb. 32	Bodendruck eines 4-Achs-Sattelauflegers	S. 42
Abb. 33	Bodendruck eines Fahrzeugs mit Kettenlaufwerk	S. 43
Abb. 34	Kettenlaufwerk vs. Straßenbereifung	S. 44
Abb. 35	Transport des Pfeilers mit 3-Achs-Zugmaschine und 4-Achs-Auflieger	S. 45
Abb. 36	Bodenverdichtung breite Kette, schmale Kette, Straßenbereifung	S. 45
Abb. 37	berechnete Vergleichswerte	S. 46
Abb. 38	Vergleichsgrafik der Kurvenradien	S. 48
Abb. 39	Kreisfahrt TC 100	S. 48
Abb. 40	technische Zeichnung TC 100	S. 49
Abb. 41	statistische Auswertung der Abgasnormen	S. 55
Abb. 42	Testfahrten TC 100	S. 60
Abb. 43	Testfahrten Feldversuch mit 100 Tonnen Zuladung	S. 61
Abb. 44	Testfahrten Offroad-Ladekran	S. 62
Abb. 45	Einsatz des Räumschildes inklusive 25 Tonnen Bergewinde	S. 63
Abb. 46	Dokumentation Testfahrten TC 100 mit Räumschild	S. 64

## b. Tabellenverzeichnis

Tab. 1	Investitionsliste für geplante Ausbaustufen System-Meister	S. 19
Tab. 2	Abschätzungen der Boden- bzw. Fahrbahnbelastungen	S. 20
Tab. 3	TÜV Gutachten 3-Achs-Schwerlastsattelzugmaschine	S. 47
Tab. 4	Datenblatt mit Emissionswerten des verwendeten Dieselmotors	S. 50
Tab. 5	Investitionskostenvergleich System-Meister vs. konventionelle Technik	S. 56
Tab. 6	Amortisationsrechnungen für verschiedene Ausbaustufen System-Meister	S. 58

# 1 Einleitung

## 1.1 Kurzbeschreibung des Unternehmens

Seit über 40 Jahren steht der Name Meister im Rhein-Main-Gebiet für Kompetenz rund um das Thema Schwerlast.

Ursprünglich als Unternehmen für Bergen und Abschleppen gegründet, entwickelte sich das Tätigkeitsfeld im Zuge von vielen erfolgreich ausgeführten Projekten Anfang der 90-er Jahre zum erfolgreichen Anbieter von Dienstleistungen rund um das Thema Krane.

Als sympathischer und energiegeladener Unternehmer baute Jochen Meister das Unternehmen kontinuierlich aus. Dabei kam ihm seine direkte Art - "Meister - so heißt er!" - aber vor allem seine unstillbare Neugier für Innovationen und Verbesserungen zu Gute. Einige technische Innovationen wurden durch sein Engagement von führenden Herstellern in die Tat umgesetzt und sind heute Standard.

Heute beschäftigt die Meister GmbH über 40 Mitarbeiter und gilt als eines der führenden Unternehmen rund um das Thema Heben von schweren Lasten. Die Geschäftsfelder sind klar in die Bereiche Kranverleih, Industriemontage, Transport, Bergen & Abschleppen sowie Gargentransport gegliedert.

Das Abbilden kompletter Prozessketten sowie die hohe Ausbildungs- und Erfahrungsdichte bei seinen langjährigen Mitarbeitern sind für die Auftraggeber Garant für perfekte und reibungslos ablaufende Projekte.

Das Unternehmen betrachtet die an sie gestellten Aufgaben umfassend und detailliert, übernimmt gerne Verantwortung und lässt sich auch gerne an ihren erreichten Ergebnissen messen. Sie zeichnen sich neben Leistungsorientierung und Zuverlässigkeit auch durch die Begeisterung an der eigenen Arbeit aus. Die Wertschätzung der Mitarbeiter, Lieferanten und Systempartner sowie die Freude an gemeinsamen Projekterfolgen ist ein Mehrwert, den die Kunden der Meister GmbH nicht zusätzlich bezahlen müssen.

Nach dem Tod von Jochen Meister im November 2015 erlosch die Einzelgesellschaft Jochen Meister – Meisterkran und Claudia Meister führt die Geschäfte in den Nachfolgegesellschaften Kranservice Meister e.K. und Meister GmbH weiter. Dies betrifft auch die nachhaltige Nutzung der bislang erarbeiteten Innovationen.

## 1.2 Ausgangssituation im Unternehmen und in der Branche

Im Rahmen eines Forschungsprojekts, gefördert vom Zentralen Innovationsprogramm Mittelstand (ZIM) mit Abschluss in 2012, wurde in Kooperation mit dem Ingenieurbüro IBE GmbH die Grundlagentechnologie des Systems-Meister entwickelt und in einem Prototyp TC 50 für den Transport von Lasten bis zu 50 t in unbefestigtem Gelände sowie Wald- und Feldwegen für verschiedene Anwendungen demonstriert (Abb. 1, 6). Für Schwertransporte müssen bislang häufig Baustraßen auf Kosten von Bestand an Wald und Wiesen ausgebaut oder angelegt werden (Abb. 2 -5). Für eine breite Anwendung und zur Ausschöpfung der Möglichkeiten mit weitreichenden Umweltschutzeffekten, war der Bau eines kommerziellen Systems mit verbesserten Eigenschaften und Leistungsdaten sowie reduzierten Emissionen notwendig. Dies war mit erheblichen Investitionsaufwendungen sowie Restrisiken verbunden, sodass ein Antrag auf Förderung aus dem Umweltinnovationsprogramm gestellt und bewilligt wurde.



Abbildung 1: Transport eines langen und schweren Bauteils auf steilem, ungefertigtem Waldweg mit einem prototypischen Raupenfahrzeug als Kernstück des Systems-Meister TC 50 von Meisterkran (Quelle: Jochen Meister Meisterkran, Ergebnis ZIM-Projekt).



Abbildung 2: Baustraße zur Errichtung einer Windkraftanlage /iii/



Abbildung 3: Transport eines Rotorblattes einer Windkraftanlage: Notwendigkeit einer Straße und freier Fläche, max. Blattlänge 40 m (Quelle: Transporter Industry International Sales (TII) )



Abbildung 4: Transport einer Turmsektion (Quelle TII). Bei Steigungen in Anfahrt zu Standorten auf Anhöhen sind i.d.R. befestigte Wege erforderlich. Dazu kommen Eingriffe in die Natur durch Baumfällarbeiten, Wegeausbau und verbundener Bodenversiegelung. Das soll durch das „System-Meister“ weitgehend vermieden werden.

Derzeit fortschrittlichster Stand der Technik, der allerdings Straßen und Schwenkraum für Schwertransporte erfordert, ist ein „Selbstläufer“ der Fa. Voser (Abb. 5):



**Voser, CH**

Turmsektion bis zu 65 to,  
Länge bis zu 28,5 m

**Einsatzort: Borgholzhausen**  
**Steigung: 15 %**  
**Querneigung: 8 %**  
**Kurvenradius: 12,5 m**



Abbildung 5: Transport einer Turmsektion mit Selbstläufer, aber Notwendigkeit einer befestigten Straße und Einschränkung in Steigung, Kippung und Kurvenradius (Quelle: TII).



Abbildung 6: TC 50 Prototypstest zum Transport von Mastteilen auf einem steilen und mit Serpentina versehenen Waldweg und Errichtung mit einem konventionellen 100 t All-Terrain-Teleskop-Kranfahrzeug

## 2 Umsetzen des Vorhabens

### 2.1 Ziel des Vorhabens

Bei Bauprojekten außerhalb befestigter Infrastruktur, wie z.B. bei der Errichtung von Windkraftanlagen, Solarparks oder Sende- und Hochspannungsmasten, ist es häufig problematisch, eine reibungslose und witterungsunabhängige Versorgung der jeweiligen Baustelle zu gewährleisten. Oftmals müssen häufig erst aufwendige Baustraßen errichtet werden, um die engen Zeitpläne bei solchen Projekten nicht durch Witterungseinflüsse zu gefährden bzw. um den Kran- und Schwertransportfahrzeugen überhaupt erst die Fahrt zum gewünschten Einsatzort zu ermöglichen. Dies bedeutet umfangreiche Wegebaumaßnahmen, im Rahmen derer zunächst massive Rodungen und Erdbewegungen durchgeführt werden müssen. Bei einigen Wegebaumaßnahmen muss aufgrund behördlicher Umweltschutzauflagen ortsfremdes Material, wie Schotter oder Mineralbeton, zeit- und kostenaufwendig nach Ende der Baumaßnahmen wieder zurückgebaut werden. Unter Einbeziehung des System-Meister sollen diese Rodungs- und Erdbaumaßnahmen drastisch reduziert werden oder sogar ganz entfallen.

An extremen Steigungen oder auf zum Teil nur ungenügend befestigtem Untergrund stoßen radbereifte Schwertransportfahrzeuge schnell an ihre physikalischen Grenzen. Sie können selbst im Verbund mit mehreren Fahrzeugen, Traktoren oder Baumaschinen nur bedingt und mit der Gefahr von Schäden für Fracht, Mensch und Maschine an ihr Ziel kommen. Dank einer exzellenten Steigfähigkeit von über 30° durch die hervorragende Traktion des Kettenlaufwerks soll sich annähernd jeder Einsatzort mit dem System-Meister erreichen lassen. Bei noch extremeren Steigungen oder bei schnee- und eisbedeckter Fahrbahn sollen die Stegplatten des Kettenlaufwerks durch hochgeländegängige Traktionsglieder – sogenannte Spikes – aufgerüstet werden.

Für das Befahren von sensiblen Untergründen, wie asphaltierten Straßen oder beschichteten Industrieböden beim Indoor-Einsatz in Fabrikhallen, sollen Kettenpolster in verschiedenen, auch markierungsfreien Varianten zur Verfügung stehen. Durch das gegenläufige Ansteuern der Antriebsketten soll das System-Meister in der Lage sein, selbst kleinste Kurvenradien zu bewältigen.

Selbst ein Drehen auf der Stelle, das sogenannte „Wenden auf der Hochachse“, soll im beladenen Zustand durch das gewaltige Drehmoment des leistungsstarken Antriebs für Lasten bis zu 90 t möglich sein. Im Tandembetrieb zweier Raupen sollen Lasten bis zu 200 t umweltschonend zum Einsatzort durch die Natur bewegt werden können.

Das Konstruktionsgewicht der Schwerlasttransportraupen und der Systemkomponenten soll so gering gehalten werden, dass das komplette System-Meister weitgehend genehmigungsfrei europaweit transportiert werden kann. Dies soll eine hohe Mobilität und Verfügbarkeit auch bei kurzfristig auftretendem Einsatzbedarf gewährleisten.

## 2.2 Darstellung der technischen Lösung

### 2.2.1 System-Meister

Das System wurde so konzipiert, dass es von jedem Raupenfahrer benutzt werden kann, wenn man schwere Transporte auf schwierigem Weg mit verschiedensten Fahrbahnuntergründen bewältigen will. (Für sehr lange und schwere Lasten, wie dem Flügel einer Windkraftanlage oder einem sehr langen Mastteil, war schon mit einem Raupenprototyp im kombinierten Einsatz mit einem Radauflieger ein Transport auf steilerem und weniger befestigtem Gelände möglich. Dies war bisher mit Radfahrzeugen nicht möglich.) Mit 2 Raupen unter dem Transportgut sollen die transportierbaren Lasten erhöht und der Schwenkbereich reduziert werden (Abb. 7).



Abbildung 7: Prototypentest zum Transport eines Flügels einer Windkraftanlage (links) und eines sehr langem und schwerem Mastes (rechts) in Tandem mit einem mitgezogenen 2. Auflieger (Nachläufer).

Eingriffe in die Natur werden mit dem System-Meister bei Transporten für Bauarbeiten reduziert (Abb. 1, 6-8).

Die Umwelt wird entlastet durch das Vermeiden des Baus von schwerlastfähigen Straßen und Vermeiden von Eingriffen in die Natur im Schwenkbereich langer, schwerer Bauteile.



Abbildung 8: Transport eines Transformatorenhäuschens mit schwerem Transformator für Solaranwendungen auf unbefestigtem Gelände zu einem Solarfeld (links) und in einem Naturschutzgebiet (rechts).

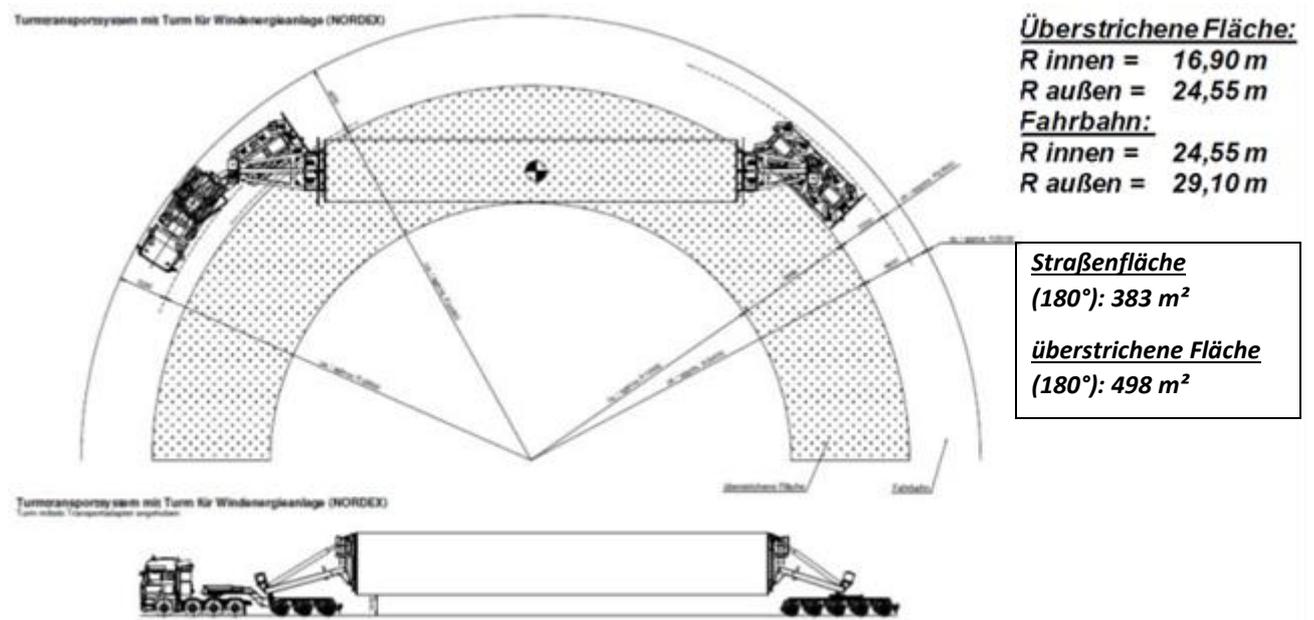


Abbildung 9: Konventioneller Transport einer Windkraftturmsektion (Masse 80 t, Länge 26 m) mit 3-Achs-Dolly und 5-Achs-Nachläufer in Draufsicht (oben) und Seitenansicht (unten) (Fa. TII).

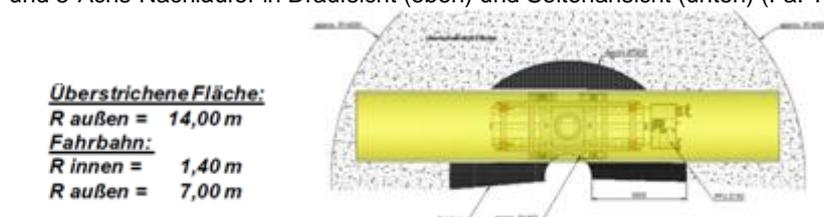


Abbildung 10: Minimalkurve zum Transport einer Windkraftturmsektion mit 6-Achs-Selbstfahrer (Fa. TII). Ein Raupenfahrzeug aus dem System-Meister kann dies ohne Straßenbefestigung und bei höherer Steigung und auch für Kräne.

Den derzeitigen Flächenverbrauch illustriert die obenstehende Abbildung. Bei konventionellem Transport ist hier eine Straße mit 4,5 m Breite erforderlich. Innen wird ein Streifen von 6,65 m überstrichen. Bei Transport einzig mit einer mittig positionierten selbstlaufenden Raupe ist kein Straßenbau erforderlich und es können vorhandene Wege mit Steigungen bis zu 34% benutzt werden. Der überstrichene Bereich ist für den Fall von Abb.6 dann einzig der schraffierte Bereich. Die Flächensparnis beträgt damit 100% für die Straße und insgesamt 43%. Außerdem sind viel engere Kurvenradien möglich:

Die Belastung der Wege durch den Autokran in Abbildung 6 unten ist grenzwertig und für schlechter befahrbare Situationen (Extremgelände) nicht möglich. Außerdem sind für noch schwerere Bauteile (Windkraftanlagen, Strommaste) größere und schwerere Krane mit eigener Raupe erforderlich. Deshalb werden im System-Meister in das Kranfahrzeug eine Wechsellösungsvorrichtung und eine Absetzwechsellösungspritsche integriert, die es erlaubt, den Kran vom Fahrzeug abzusetzen und mit einer Raupe weiter zu transportieren (Abbildung 11).



Abbildung 11: Wechseltage des Aufbaukrans auf Wechsellösungspritsche vom Lkw auf ein selbstfahrendes Raupenfahrzeug (rechts).

Bei langen und schweren Bauteilen, die mit einer Raupe nicht transportiert werden können oder deren Bodenbelastung durch das Gewicht zu hoch wäre, sollen 2 Raupen eingesetzt werden, die unterhalb des Transportguts angeordnet sind. Im Beispiel von Abb. 9 bleibt der überstrichene (schraffierte) Bereich bauteilbedingt gleich, die äußere Straße kann aber entfallen. (Der Weg ist stattdessen nur im schraffierten Bereich auf deutlich kleinerem Radius entsprechend der Baubreiten der Raupen) Die Straßenbefestigung, der Neubau von Wegen mit geringerer Steigung und größerem Kurvenradius auszubauen kann entfallen, Bäume werden verschont.

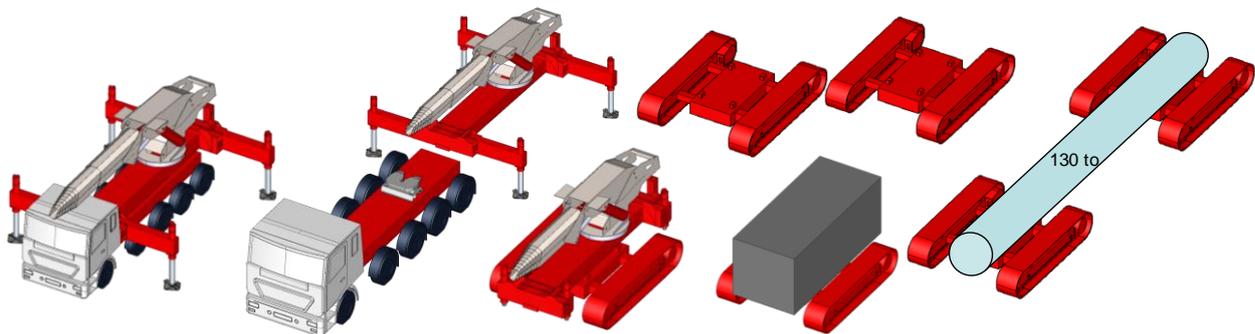


Abbildung 12: Schematische Funktionsweise System Meister

Eine Raupe ist also für den Bauteiltransport vorgesehen, die andere für den Kran. Die Funktionsweise und Notwendigkeit der Komponenten zeigt Abbildung 12 mit 5-Achs-Schwerlastkran mit integrierter Wechsellvorrichtung und Absetz-Wechselpritsche, die den Kran aufnehmen kann und ein Übersetzen auf eine Raupe ermöglicht. Eine 2. Raupe ist für den Transport schwerer Lastteile vorgesehen. Für den Transport besonders schwerer Lasten sind 2 Raupen erforderlich. In der Darstellung Abbildung 12 fehlen die Lkw, der Teleskopkran und der Abroll- bzw. Hakenliftaufbau sowie die Raupe als Zugfahrzeug für einen Schwerlastauflieger in steilem Gelände.

Mit der prototypischen Raupe können Lasten bis 50 t, mit der neuen Raupe 80-100 t transportiert werden. Mit zwei neuen Raupen ist der Transport von Mastteilen, Brückenbauteilen oder Flügeln von Windkraftanlagen bis zu 160-200 t möglich. Mit existierender Technik sind dafür dauerhaft befestigte Wege (Waldautobahnen) nötig.

Der Antransport der 2 Raupen erfordert 2 Sattelzugmaschinen mit je 1 Spezialauflieger und Auffahrvorrichtung. Für die meisten Baumaßnahmen ist außerdem ein 4-Achs-Lkw mit Knick-

armkran notwendig, der ebenfalls über eine Absetz-Wechselpritsche auf eine Raupe übersetzbar sein soll.

Weitere Komponenten zur Komplettierung des Systems-Meister sind:

- Hub- und Kippvorrichtung für die Raupen-Aufbauten und transportierten Lasten zum Ausgleich von Steigung/Gefälle/Kipplage
- Adapter (drehbar) für Flügel von Windkraftanlagen
- Räumschild, Bergwinde, Bergeaufbauten zur Verwendung an den Raupen im Katastropheneinsatz
- Wechselrahmen als Tragegestell für die Lasten an den Raupen
- Elektrohydraulischer Antrieb für emissionsarmen Einsatz und abgasfrei in Gebäuden

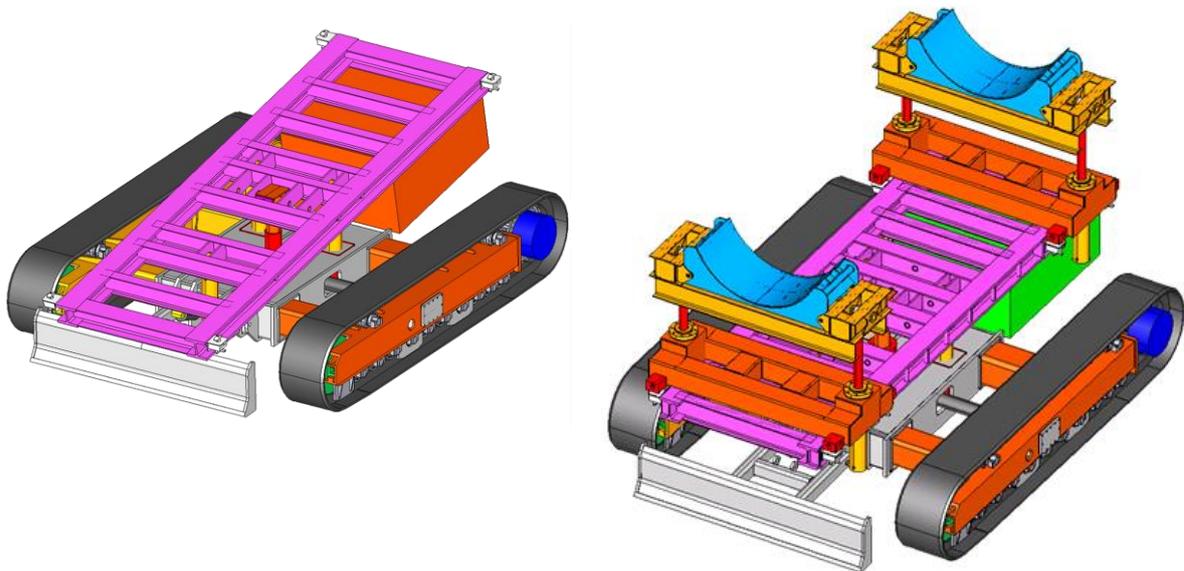


Abbildung 13: Hub- und Kippvorrichtung für 18% Neigung in Längsrichtung, 9% in Längs- und Querrichtung (links) mit steuerbarem Teleskopaufsatz für Rundteile (rechts)

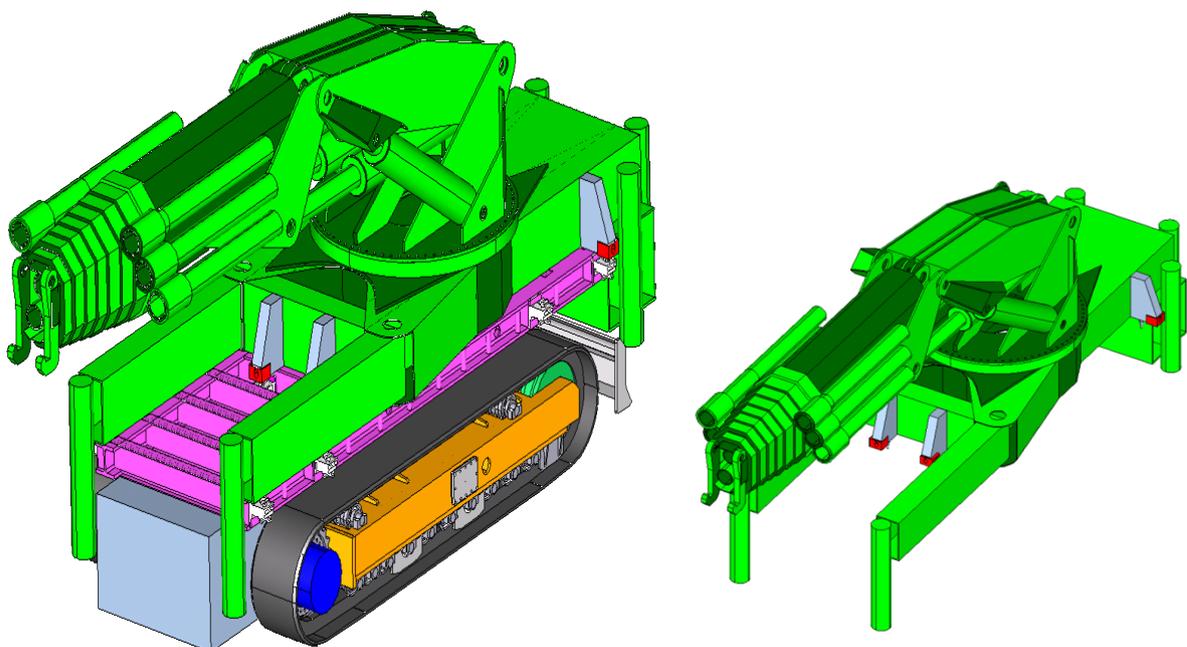


Abbildung 14: Neuer Knickarmkranaufsatz auf Wechselrahmen (Magenta) auf Raupe.

## 2.2.2 Ausbaustufen, Auslegung und Leistungsdaten

Die notwendigen Anschaffungen sind in Tabelle 1 aufgelistet und gruppiert nach Ausbaustufen System-Meister Teil 1, Teil 2 und Teil 3.

Kern des Systems Meister sind ferngesteuerte Raupenfahrzeuge, die das Gewicht auf eine größere Fläche verteilen als im Fall konventioneller Schwerlastfahrzeuge. Der Boden wird dadurch weit weniger belastet. Einen Vergleich zeigt folgende Tabelle 2 für das Beispiel von Abbildung 5 zum Transport einer Masse von 65 t mit einem 6-achsigen Selbstfahrer, dem System-Meister Prototyp und dem erstmalig einzusetzenden Fahrzeug aus dem System-Meister.

Tabelle 1: Investitionsliste für geplante Ausbaustufen System-Meister Teil 1, Teil 2 und Teil 3. Die Positionen mit den in der Spalte Nr. weiß oder braun hinterlegten Feldern wurden nicht angeschafft

	Nr.	Position	Bemerkung
<b>Meister Teil 1</b>  Ermöglicht Anwendungen wie mit Prototyp, aber schwerere Lasten, geringere Bodenbelastung, weniger Abgase, professionelle Lösung	1	Lkw 4-Achser (Spezialanfertigung)	für wechselfähige Aufbauten Meister verstärkter Rahmen, Umbau von Palfinger
	2	Aufbaukran1 (Knickarm, 50 mt)	Spezialanfertigung Meister 50 Metertonnen
	3	Abrollaufbau für Aufbaukran 1	Für Wechsel der Aufbauten
	4	Spezialraupe 1 (inkl. Wechselrahmen)	Spezialanfertigung Meister für Last, wechselfähige Aufbauten
	5	Hub- & Kippvorrichtung drehbar	Speziell für Meister
	6	Sattelzugmaschine für Raupe 1	Off-Road tauglich
	7	Sattelpkupplung	Kupplung Auflieger auf Sattelzug
	8	Schwerlastauflieger für Raupe 1	überbreit, Ladungssicherungspunkte
	9	Räum-/Bergeschild	In Raupe integriert
	10	Bergewinde	In Raupe integriert
	11	Elektrohydraulischer / Dieselantrieb (Hybridantrieb)	Für Betrieb Raupe und Kran bei abgeschaltetem Dieselmotor
<b>Meister Teil 2</b>  Ermöglicht mit Teil1 größere & längere Lasten, professionelle Lösung	12	Lkw 5-Achser (Spezialanfertigung)	für wechselfähige Aufbauten Meister und für Nachrüstung des schweren Krans
	13	Aufbaukran 2 (Kranoberwagen, Teleskopkran))	Spezialanfertigung Meister von AKS auf Basis Terex
	14	Spezialraupe 2 (inkl. Wechselrahmen)	Spezialanfertigung Meister für Kran und wechselfähige Aufbauten
	14a	Elektrohydraulischer / Dieselantrieb (Hybridantrieb)	Für Betrieb Raupe 2 und Aufbaukran2 bei abgeschaltetem Dieselmotor
	15	Flügel- bzw. Turmadapter	Speziell für System Meister Alternativ: Kombinations-Sonderlösungen
	16	Sattelzugmaschine für Raupe 2	Off-Road tauglich
	17	Sattelpkupplung	Kupplung Auflieger auf Sattelzug
18	Schwerlastauflieger für Raupe 2	Spezialanfertigung, überbreit, Ladungssicherungspunkte	
<b>Meister Teil 3</b>	19	Aufbaukran3, Knickarm, 575 mt	Spezialanfertigung Meister (früher: Mammut)

Tabelle 2: Abschätzungen der Boden- bzw. Fahrbahnbelastungen für 3 verschiedene Systeme (Pos. 4 von Tabelle 1)

Konventionell	Prototyp System-Meister	System-Meister professionell
<b>65 t Masse Transportgut</b>	<b>65 t Masse Transportgut</b>	<b>90 t Masse Transportgut</b>
20 t Masse Fahrzeug	12 t Masse Fahrzeug	15 t Masse Fahrzeug
85 t Gesamtmasse	77 t Gesamtmasse	105 t Gesamtmasse
6 Anzahl Achsen		
8 Anzahl Räder pro Achse		
48 Anzahl Räder gesamt		
25 cm Breite pro Rad	50 cm Breite der Raupenauflage	60 cm Breite der Raupenauflage
14 cm Auflagelänge pro Rad	450 cm Länge der Raupenauflage	460 cm Länge der Raupenauflage
350 cm <sup>2</sup> Auflagefläche pro Rad	22500 cm <sup>2</sup> Auflagefläche pro Kette	27600 cm <sup>2</sup> Auflagefläche pro Kette
<b>5,1 kg / cm<sup>2</sup> Belastung</b>	<b>1,7 kg / cm<sup>2</sup> Belastung</b>	<b>1,9 kg / cm<sup>2</sup> Belastung</b>

Weiterhin wichtig sind die Tragmomente der Aufbaukrane in Höhe von 50 mt (Metertonnen) bei dem Ladekran, sowie von 60 t beim Teleskopkran. Das System-Meister TC 100 ist darüber hinaus mit einer Maschinensteuerung mit MCC Meister Can-Bus-Control und System-Funkfernbedienung (HBC Radiomatic) ausgestattet. Bei der Auswahl der Komponenten wurde höchster Wert auf die Verwendung qualitativ hochwertiger Produkte gelegt, um eine hohe Störungs- und Ausfallsicherheit der Maschine zu gewährleisten. Optional kann die TC 100 mit einer leistungsstarken 25 t Seilwinde sowie mit einem Berge- und Stützschild ausgestattet werden. Des Weiteren verfügt das System über ein mehrfach breitenverstellbares Fahrwerk (500 mm, 1000 mm, 1300 mm).



Abbildung 15: Funkfernsteuerung System-Meister TC 100 HBC Radiomatic.

## 2.3 Darstellung der Umsetzung des Vorhabens

Bestellung System-Meister Teil 1: Nach Vorliegen der Förderbewilligung wurde ein Review der Stückliste und Spezifikationen durchgeführt. Vom Hersteller IVA Johann wurde zunächst eine prototypische Spezialraupe TC 100 geliefert, bei Meister komplettiert und getestet. Dabei traten insbesondere Probleme im Gelände durch Verschmutzung der breiten Raupenkettens auf. Dies führte zu Nachbesserungen in der Spezifikation, bevor die eigentliche Bestellung und Lieferung der kommerziellen Spezialraupe mit eingebauten Schmutzabweisern und verstellbarem Abstand der Raupenkettens ausgelöst wurde. Im Projektverlauf zeigten sich Möglichkeiten, den Transport der Maschinen mit existierenden Sattelzugmaschinen und Schwerlastaufliegern zu realisieren und die Vorschriften des europäischen Straßenverkehrs einzuhalten. Dies wurde im Projektverlauf bestätigt, sodass auf diese Anschaffungen verzichtet werden konnte. Der Antrieb der Spezialraupe wurde im 1. Schritt mit ‚sauberem‘ Dieselmotor ausgeführt. Der 2. Schritt eines dieselektrischen Hybridantriebs sollte später erfolgen, wurde aber wegen des Todes von Jochen Meister nicht mehr umgesetzt. Seine Analyse zeigte, dass eine separate Realisierung der Hub- und Kippvorrichtung und des Turmadapters deutlich teurer ist als geplant und teurer als eine kombinierte Lösung. Die kombinierte Lösung wurde noch konzipiert und eine Adapterplatte konstruiert, konnte wegen des Ablebens von Jochen Meister aber nicht mehr fertig gestellt werden (Positionen Nr. 5, 15 in Tabelle 1).

Inbetriebnahme System-Meister Teil 1: Die Komponenten und das System aus Positionen 1-11 (ohne Pos. 5) wurde auf dem Gelände von Jochen Meister – Meisterkran komplettiert, zusammengebaut und im Zusammenwirken getestet. Die Teile wurden z.T. für die verschiedenen Wechselvorgänge, Hub- und Kipp-/Drehfunktionen, Geländegängigkeit, Funktionsfähigkeit auch der Sonderausstattung leicht angepasst. Seitens der Hersteller wurden Schulungen für das Projektteam von Meister durchgeführt.

Bestellung Aufbaukran System-Meister Teil 3: Wegen der langen Lieferzeit war eine Bestellung schon am Ende der Inbetriebnahme von System-Meister Teil 1 geplant. Wegen der erforderlichen Nachbesserungen aufgrund des Tests mit dem TC 100-Pre-Prototype sowie der Neukonzeption der Kombination der Hub-/Kipp-/Drehvorrichtung mit Flügeladapter (braun markierte Pos. 5 und Pos. 15 in Tabelle 1) verzögerte sich dieser Zeitpunkt. Infolge des sich verschlechternden Gesundheitszustandes von Jochen Meister wurde die Bestellung zunächst zurückgestellt und nach dem Ableben nicht mehr realisiert.

Demonstration und Nachbesserungen System-Meister Teil 1: Hier wurden eine Reihe der mit Meister Teil 1 möglichen Anwendungen im Bereich Funkmast für öffentlichen Mobilfunk, Funkmaste für BOS-Funk bei G7-Treffen in Elmau, kleine Windkraft, Strommasten, Solar, Watteinsatz, Deichbau, Bergung, Messebau demonstriert, siehe Kapitel 2.3.1 – 2.3.8

Bestellung Meister Teil 2: Hier wurden zunächst nur der Aufbaukran 2 und nach den Tests am TC 100-Pre-Prototype neben der Spezialraupe 1 auch die Spezialraupe 2 bestellt. Die Transportfahrzeuge, 5-Achs-Lkw, Sattelzugmaschine mit Kupplung und Schwerlastauflieger, wurden nicht bestellt, da die Firma mit bestehenden und gemieteten Fahrzeugen auskam und auskommt (Pos. 12, 16-18 Tab. 1). Der Antrieb der Raupe 2 wurde wie der von Raupe 1 als reiner Dieselantrieb realisiert.

Inbetriebnahme Teil 2 erfolgte, soweit möglich, wie bei Teil 1, z.T. gemeinsam mit Teil 1.

Demonstration und Nachbesserungen Teil 2: Hier erwies sich die Spezialraupe 2 als gleichwertig zu Spezialraupe 1. Die Spezifikationen konnten anfangs nicht eingehalten werden, insbesondere die Fahrgeschwindigkeit und Reichweite, wurde aber nach einer Reklamation erfüllt.

Arbeiten mit Aufbaukran Meister Teil 3: entfielen, da Teil 3 nicht bestellt wurde und nicht zur Verfügung stand und ohne den Windkraft-Flügeladapter keinen Sinn machte.

Demonstration Meister Teile 1 und 2 zusammen: Der Einsatz zweier Spezialraupen mit Aufbaukran 1 (Knickarm) und Aufbaukran 2 (Teleskopkran) wurde in Praxistests demonstriert. Der Knickarmkran kommt zum Einsatz, wenn ein gleichzeitiges Verheben und Transportieren von Bauteilen mit der TC 100 von Nöten ist. Der Aufbaukran 2 (Teleskopkran) kommt zum Einsatz, wenn Güter von konventionellen Straßentransporten auf die Schwerlasttransportraupe im Betriebsmodus Direktladung (System-Meister Teil 1) umzuladen sind. Hierbei zeigt der Aufbaukran 2 durch sein Schnellläufer-Aufbaukonzept sowie eine mögliche Traglast bis 100 Tonnen die gleich hohe Mobilität wie die Schwerlasttransportraupe beim Straßentransport auf einem Tieflader, was somit auch hier den Systemgedanken veranschaulicht.

Als Demonstrationsprojekte, die alle zwei Teile erfordern, wurden durchgeführt: im Bereich Funkmasten, Windkraft und beim Brückenbau, siehe Einsatz Kochertalbrücke (s. Kap. 2.3.2 Einsatz Brückensanierung).

Personalakquise und -einsatz: Im Projektverlauf reichte der vorhandene Personalstamm aus.



Abbildung 16: Transport und Hub im Betriebsmodus Offroad-Ladekran



Abbildung 17: Transport eines Funkmastes im Betriebsmodus Direktladung

### 2.3.1 Vorführung Windpark



Abbildung 18: Einsatzdokumentation Meister GmbH

Demonstration der beiden Schwerlasttransportraupen TC 100\_001 und TC 100\_002 während der Neuerrichtung eines Windparks unter besonderen Natur- und Umweltschutzauflagen im Naturpark Hessischer Spessart im Rahmen einer Bauleiterfachtagung des Windkraftanlagenherstellers Senvion GmbH.

Thema der Bauleiterfachtagung war die Errichtung von Windkraftanlagen in deutschen Mittelgebirgen unter besonderer Berücksichtigung der dort vorhandenen Umwelt- und Naturschutzbelange, sowie den besonderen Anforderung hinsichtlich der Durchführung der Schwertransporte, der bis zu 70 m langen und über 80 t schweren Anlagenteilen bei möglichst geringem Eingriff in die vorhandene, zum Teil geschützte Vegetation auch bei widrigen Witterungsumständen und teilweise nur bedingt ausgebauten Wegen mit annähernd bis zu 20%-igen Steigungen.

Hier konnten die - noch ohne Last - im Betriebsmodus „Offroad-Sattel und Direktladung“ gezeigten und vorgeführten Schwerlasttransportraupen des Systems Meister das Teilnehmerfeld auf ganzer Linie überzeugen. Dieses bestand aus 25 Projekt- und Bauleitern des Windkraftanlagenherstellers sowie aus zahlreichen Vertretern der beteiligten Planungsbüros und Schwertransportunternehmen.

### 2.3.2 Einsatz Brückensanierung

Bei der Sanierung von Deutschlands höchster Autobahnbrücke, der 185 Meter hohen Kochertalbrücke, wurde eine System-Meister Schwerlasttransportraupe TC 100 mehrtäglich erfolgreich eingesetzt.

Die acht Lager, auf denen die Brücke ruht, mussten erneuert werden. Diese Art Stoßdämpfer zwischen Stützpfiler und Brückenkörper waren durch 35 Jahre Lkw-Verkehr zerschlagen. Die Lager mit gut zwei Meter Durchmesser und neun Tonnen Gewicht wurden mit der Schwerlasttransportraupe TC 100 und Aufbaukran im Betriebsmodus „Offroad-Ladekran“ zum jeweiligen Brückenpfeiler transportiert und mittels des Aufbaukrans entladen. Anschließend wurde mit insgesamt 23 hydraulischen Pressen rings um das Lager die Brücke an dieser Stelle um einen Zentimeter angehoben, damit das alte Lager heraus- und das neue hineingeschoben werden konnte. Der Abtransport des alten Lagers erfolgte ebenfalls mittels der Schwerlasttransportraupe TC 100.



Abbildung 19: Einsatzdokumentation Meister GmbH

### 2.3.3 Einsatz Solar-Feld

Im Rahmen der Neuerrichtung des Solar-Parks Cheshire Choppice in Großbritannien konnte durch den Einsatz einer System-Meister TC 100 Schwerlasttransportraupe im Betriebsmodus „Direktladung“ beim mehrwöchigem Transport der bis zu 65 Tonnen schweren Transformatoren ganzheitlich auf die Errichtung einer temporären Baustraße aus ortsfremden Mineralbeton verzichtet werden. Auch hier, im überregionalen Einsatz, zeigte die Schwerlasttransportraupe neben ihrer extremen Offroad-Fähigkeit erneut Ihren Umweltnutzen, erstmalig sogar auf europäischer Ebene.



Abbildung 20: Einsatzdokumentation Meister GmbH.



Abbildung 21: Testfahrt System-Meister TC 100 mit Offroad Ladekran.

### 2.3.4 Einsatz Mobilfunk



Abbildung 22: Einsatzdokumentation Meister GmbH



Abbildung 23: Transport von Mobilfunkteilen in der Schweiz



Abbildung 24: Dokumentation Testfahrten TC 100 mit 60 t Mobilfunkmast

Abbildung 24 zeigt einen erfolgreichen zweitägigen Einsatz zum Transport eines mehrteiligen Schleuderbeton-Mobilfunksendemastes bei schwierigen Geländebedingungen ohne Wegebaukosten und mit einer weitestgehenden Vermeidung der Durchführung von Rodungsmaßnahmen oder sonstigen Eingriffen in die Bestandsvegetation am Bauvorhaben beim Transport der Mastbauteile. Hier wurden auch Gummipads zur Vermeidung von Schäden am Straßenbelag der teilweise asphaltierten Transportstrecke eingesetzt.

### 2.3.5 Testfahrt Betriebsmodus Offroad-Sattelzugmaschine



Abbildung 25: Testfahrt System-Meister TC 100 mit GK 1100

Beim Kranhersteller Manitowoc Cranes Group Germany GmbH (Grove) wurden Testfahrten zum Transport des Kransystems GK 1100 durchgeführt (Abb. 25). Der Grove-GK 1100 ist ein Kransystem, das bei Baustellen zum Einsatz kommt, bei denen große Hubhöhen bei geringen Platzverhältnissen realisiert werden müssen, wie zum Beispiel bei Windkraftbaustellen im Mittel- oder Hochgebirge. Hier konnte die erfolgreich eingesetzte Schwerlasttransportraupe TC 100 eine klare Erweiterung der Einsatzmöglichkeiten im Vergleich zu einer konventionellen 4-achsigen Schwerlastsattelzugmaschine beim Transport des ca. 130 Tonnen schweren neunachsigen Sattelauflegers des Teleskopsystems darlegen. Auch die geringeren Anforderungen an den Ausbau der Transportstrecke im Gelände konnten hinsichtlich des geringeren Eingriffs in die Natur und der damit zu erwartenden Kosten- und Zeitersparnis nicht nur Produktverantwortliche des Kranherstellers, sondern auch eine anwesende Delegation eines chinesischen Betreibers des Grove GK 1100 Kransystems ganzheitlich überzeugen.

### 2.3.6 Testfahrt Betriebsmodus Direktladung

Durchführung von erneuten Testfahrten mit 100 t Zuladung und Steigungen bis zu 25% bei Einsatz neuer Hydraulikmotoren zur Steigerung der Fahrgeschwindigkeit während Leer- und Vollastfahrt. Hierbei wurden in zahlreichen mehrstündigen Dauertests die Temperaturentwicklung der Antriebseinheit (Powerpack) überwacht, dokumentiert sowie optimiert. Ebenso wurden die Getriebeöltemperaturen dokumentiert und hinsichtlich Ausfallsicherheit und maximaler Einsatzdauer der Getriebemotoren ausgewertet.



Abbildung 26: Dokumentation Testfahrten TC 100 mit 100 t Zuladung

### 2.3.7 Planung Einsatz der Schwerlasttransportraupen zum Hochwasserschutz

Erstellung einer Konzeptstudie zum Aufnehmen und Transport einer Universalmaschine zum Verlegen von endlosen Geotextilschläuchen mittels 24 t Hakenliftgerät auf der Schwerlasttransportraupe TC 100. Mittels der Maschine werden Geotextilschläuche direkt am Verlegeort hergestellt und platziert. Hierzu wird mit der Maschine in Schrittgeschwindigkeit die Verlegestrecke abgefahren, während das Behelfsdeichbauwerk entsteht. Das Füllgut (z.B. Sand) wird hierzu in einen Behälter am hinteren Ende der Maschine eingebracht. Das Füllmaterial wird dann mittels zweier Wellenkantenbänder über einen Ausleger zum Fülltrichter gefördert und dort in ein Rohr verfüllt. Durch mehrere Umwicklungen des Rohres mit speziellem Geotextil entsteht ein Schlauchsystem.

Die Wicklungen können in diesem Schritt optional durch eine Fügetechnik miteinander verbunden werden (geschlossener Schlauch). Der mit Schüttgut gefüllte Schlauch wird durch den Vortrieb der Maschine abgelegt. Durch den Transport der Maschine mit einer Schwerlasttransportraupe TC 100 können bis zu 150 m Geotextilschlauch bis zu 3 m Höhe auf nahezu jedem Terrain verlegt werden.

### 2.3.8 Planung Transport von Brückenbauteilen

Mit dem Stahlbauunternehmen Donges Steeltec GmbH aus Darmstadt wurde der Transport von monolithischen Brückenbauteilen von bis zu 100 t Eigengewicht mittels Schwerlasttransportraupe Typ TC 100 als Alternative zum Einsatz zu konventionellen Modultransportern (SPMTs) bei schwierigen topografischen Gegebenheiten besprochen.

Die Schwerlasttransportraupe TC 100 System-Meister bietet bei dem Transport von Bauteilen mit einem Gewicht von 90 Tonnen eine deutlich leistungsstärkere Alternative in Hinblick auf Gelände- und Steigfähigkeit zu den bisher durch das Unternehmen eingesetzten Modultransportern (SPMTs).



Abbildung 27: Dongs Steeltec Brückenelemente



Abbildung 28: Brückenelemente auf TC 100

## 2.4 Behördliche Anforderungen (Genehmigungen)

Ein Betrieb des Systems Meister unterliegt den Vorschriften des Arbeitsschutzes und wird eingehalten. Eine Prüfung durch den TÜV oder andere Behörden ist nicht erforderlich. Die Raupe fährt nur auf Wegen abseits des Bereichs der Straßenverkehrsordnung. Der Transport mit Tieflader ist europaweit barrierefrei möglich. Der Transport von Bauteilen länger als 60m, wie bei Flügeln, ist bei Autobahnausfahrten in der Regel nicht möglich bzw. nicht erlaubt, sodass längere Bauteile nicht mit der Raupe auf einem Tieflader transportiert werden können.

## 2.5 Erfassung und Aufbereitung der Betriebsdaten

Dies erfolgt über ein CAN-BUS-System. Die Raupe hat ein Onboard-Diagnosegerät integriert, das permanent mitfährt.

Die relevanten Betriebs- und Leistungsdaten von TC100 sind wie folgt:

MOTORLEISTUNG	238 PS / 175 kW bei 1.900 U/min
BETRIEBSGEWICHT	24.000 kg
MAX. STEIGFÄHIGKEIT	30 °
MAXIMALES DREHMOMENT	36.0000 Nm
MAX. FAHRGESCHWINDIGKEIT	4,5 km/h
MAX. TRAGLAST OFF-ROAD	100 t
MAX. TRAGLAST ON-ROAD	200 t
TRANSPORTBREITE	2,43 m
TRANSPORTLÄNGE	abhängig von Systemkonfiguration
TRANSPORTHÖHE	abhängig von Systemkonfiguration
SATTELHÖHE	1,20 m – 1,35 m

## 3 Ergebnisse

### 3.1 Bewertung der Vorhabendurchführung

Die Durchführung wurde verzögert durch technische Probleme, die bei großtechnischen Tests erkannt wurden und behoben werden mussten sowie durch den sich verschlechternden Gesundheitszustand und zuletzt dem Ausscheiden von Jochen Meister. Dennoch wurden wesentliche Elemente erfolgreich realisiert und im Zusammenwirken demonstriert, sodass eine kommerzielle Nutzung mit dem angestrebten Umweltvorteil für die Meister GmbH und andere Investoren mit Breitenwirkung möglich ist.

Zur Nutzung des vollen Potentials, wie im Projektantrag und hier in Kapitel 2.1 und 2.2 beschrieben, müssen die Tandemfahrt und die kombinierte Hub-/Kipp- und Drehvorrichtung für den Flügeladapter noch realisiert werden. Dies ist nach den geleisteten Vorarbeiten möglich und soll lizenziert werden. Dazu gibt es Kontakte mit mehreren Firmen. Eine Aussage zur Lizenzierung der Technologie wird innerhalb des ersten Halbjahres 2017 erfolgen, Patente sowie Gebrauchsmuster wurden bereits erteilt.

Die Hub-, Kipp- und Drehvorrichtung ist deutlich teurer als geplant: Kosten insgesamt zwischen 0,5 und 1 Mio. € inklusive Anpassungen der Raupe. Das übersteigt die Finanzkraft von Meister. Die Notwendigkeit einer solchen Hub-, Kipp- und Drehvorrichtung für Windkraftflügel wird entfallen, wenn sich der abzeichnende Trend realisiert, dass die Flügel mehrteilig gebaut werden. Dann ist diese Vorrichtung nicht mehr notwendig.

### 3.2 Stoff- und Energiebilanz

Die Abgaswerte sind von Euro 0 auf Euro 3 verbessert worden. Der Bauraum bei Erreichung von Euro 4 würde eine neue Raupe, zumindest größere Umbauten, erfordern.

Durch den frühzeitigen Einbezug der variablen Einsatzmöglichkeiten der System-Meister TC 100 Schwerlasttransportraupen in die Transport- und Einsatzplanungen im Rahmen der oben genannten Bauvorhaben ergaben sich vermehrt Einsparungen hinsichtlich der Wegebaumaßnahmen. Aufgrund der hohen Offroad-Fähigkeiten der Schwerlasttransportraupen und der vielseitigen Einsatzmöglichkeiten geht der Einsatz von ortsveränderndem Material, wie Schotter oder Mineralbeton, deutlich zurück.

### 3.3 Umweltbilanz

Durch den geringen Kurvenradius (siehe Abbildung 9 und Abbildung 10) sowie der hohen Wendigkeit der Geräte kommt es auch seitens der Einsatzplanung zu weniger Aufwand, was die Vorbearbeitung der Transportstrecke anbelangt. Demnach kommt es bei einem Einsatz der Schwerlasttransportraupe in den Modifikationen „Direktladung, Offroad-Ladekran sowie Offroad-Teleskopkran“ zu geringeren Kosten zugunsten des Auftraggebers. Der Umweltvorteil bei Transport einzig mit einer mittig positionierten selbstlaufenden Raupe besteht darin, dass kein Straßenbau erforderlich ist und vorhandene Wege mit Steigungen bis zu 34% benutzt werden können. Der überstrichene Bereich ist für den Fall von Abbildung 10 dann einzig der schraffierte Bereich. Die Flächensparnis beträgt damit 100% für die Straße und insgesamt 43%. Außerdem sind viel engere Kurvenradien möglich:

Durch die Kompaktheit der Schwerlasttransportraupen und den bereits genannten Modifikationen kommt es auch bei erschwerten topografischen Bedingungen zu weniger Eingriffen in die Bestandsvegetation sowie einer witterungsunabhängigen Abwicklung der geforderten Leistungen.

Die hohe Offroadtauglichkeit der Schwerlasttransportraupe macht aufwendige Wegebaumaßnahmen unnötig, sodass die natürliche Umwelt und anliegende Naturschutzgebiete in ihrer Ausprägung nicht großartig verändert werden müssen. Oftmals ist es für Projekte, beispielsweise bei der Errichtung von Windkraftanlagen, notwendig, strapazierfähige Baustraßen zu errichten, welche nach dem Einsatz nicht wieder benötigt werden.

Die Schwerlasttransportraupe TC 100 kommt aufgrund der hohen Wendigkeit und Traktion ohne diese Maßnahmen aus und ist in der Lage, alle benötigten Komponenten umweltschonend an ihren Bestimmungsort zu transportieren.



Abbildung 29: Die Rodung für den Einsatz in unwegsamem Gelände entfällt größtenteils.



Abbildung 30: Erschließung einer Schwerlast-Straße für den Bau von Windkraftanlagen

Mit dem Einsatz der System-Meister TC 100 Schwerlasttransportraupen kommt es folglich zu verringerten Kosten seitens des Auftraggebers als auch zu einer wichtigen Weiterentwicklung im Bereich der Green-Logistics. Aufgrund der Eignung der Einzelkomponenten lassen sich die unterschiedlichsten Rüstzustände realisieren. Dadurch soll das System in folgenden Bereichen mit folgenden Umweltvorteilen zur Anwendung kommen:

### **Windkraft**

Die Energiewende ist in vollem Gange. Gespräche mit Planern weisen einen hohen Bedarf unserer Technologie vor allem in höheren Lagen mit starken Steigungen nach.

In einem Positionspapier des Bundesamtes für Naturschutz „Windkraft über Wald“ /i/ sind die Potenziale für Anwendungen in Deutschland mit bis zu 22% der Bundesfläche angegeben (Studie des Fraunhofer Institut für Windenergie und Energiesystematik (IWES, 2011)). Die potenziell in Frage kommende Waldfläche außerhalb von Schutzgebieten beträgt nach Angaben des Fraunhofer Instituts etwa 4% der Bundesfläche. Dies entspricht 13,6% der deutschen Waldfläche. Baubedingte Auswirkungen können sich vor allem durch auftretende Lärmemissionen und erhöhten Flächenbedarf für Transportwege ergeben. Eine Schwerlast geeignete Baustraße verbraucht ca. 0,3 ha /ii/. Bei ca. 620 Neuanlagen/a /iii/ und 10% Einsparung durch das System-Meister sind das 20 ha/a.

### **Deichbau**

Die „Jahrhundert-Hochwasser“ der letzten Jahre zeigen die Schwächen des Deichbaus in Deutschland auf. Teile der beschriebenen Technologie sind in der Lage, sogenannte Wechselbehälter zu transportieren. Hiermit kann z. B. der Bodenaustausch ohne größere logistische Eingriffe vorgenommen werden.

Als effizienteste Lösung werden die Verladung des geschwächten Materials in Wechselbehälter sowie der abschließende Abtransport zu einem Sammlager möglich. Die wenig tragfähigen Böden im Bereich des Bachbetts verlangen den Materialtransport bodenschonend durchzuführen. Der Einsatz von Wechselbehältern sorgt außerdem dafür, dass nicht, wie üblich, mittels Dumper transportiert, abgekippt und erneut auf Lkw aufgeladen und abtransportiert werden muss. Mit System-Meister ist das ohne Straßen möglich. Außerdem werden Deichbauten mit Verstärkungen aus Geotextilien und Produktion vor Ort ermöglicht, ein Konzept dazu liegt vor.

## **Transport und Errichtung von Funkmasten**

z. B. für den Behördenfunk BOS, UMTS und LTE. Laut Aussage von DFMG (Deutsche Funkturm GmbH) müssen mit rund 1000 sogenannten Problemmasten gerechnet werden. Bei  $\frac{3}{4}$  dieser Einsätze kann man durch den Einsatz vorgenannter Technologie System-Meister Umweltbelastungen erheblich reduzieren. Mit ca. 2 km/Standort und 4 m Wegbreite ergeben sich bei Annahme von 10 % dieser Fläche 68 ha Einsparungen an Flächenzubau.

## **Solar**

Trotz rückläufiger Prognosen ein wichtiges Entlastungspotential für die Umwelt. Bisher mussten die Wege zu den Wechselrichterhäuschen (Trafo) für den Schwerlastverkehr ausgelegt werden. Eine eigens entwickelte Version der oben beschriebenen Technologie kann komplett ohne Wegebau zufahren. So bleibt lediglich die Notwendigkeit zur Errichtung einer Servicestraße für Kleinbusse. Dementsprechend weniger muss Schotter oder ortsübliches, anderes Material zugefahren und eingebaut werden.

## **Freileitungsbau**

Trotz des mittlerweile erfolgten Beschlusses zum Vorrang von Erdverkabelung für Hochspannungs-Gleichstromübertragung sind noch weitere Wechselspannungstrassen geplant. Dass System-Meister ist für alle Mastarten (Stahlgitter und Kompaktvollwandmasten) vielfach einsetzbar. Die Gesamtlänge der Leitungen, die sich aus dem Bundesbedarfsplangesetz ergeben, liegt E3Q2016 bei etwa 6.100 km. Im Netzentwicklungsplan sind davon etwa 3.050 km als Netzverstärkung kategorisiert, d.h. 3.050 km Neubau. Dies würde einem Bedarf von ca. 8800 Masten entsprechen. Wenn die Hälfte als Erdkabel ausgeführt wird, verbleiben noch 4400 Masten. Die dafür bei konventioneller Errichtung der Masten nötigen Straßen entfallen. Die Flächeneinsparung ist um Größenordnungen höher als bei der Windkraft

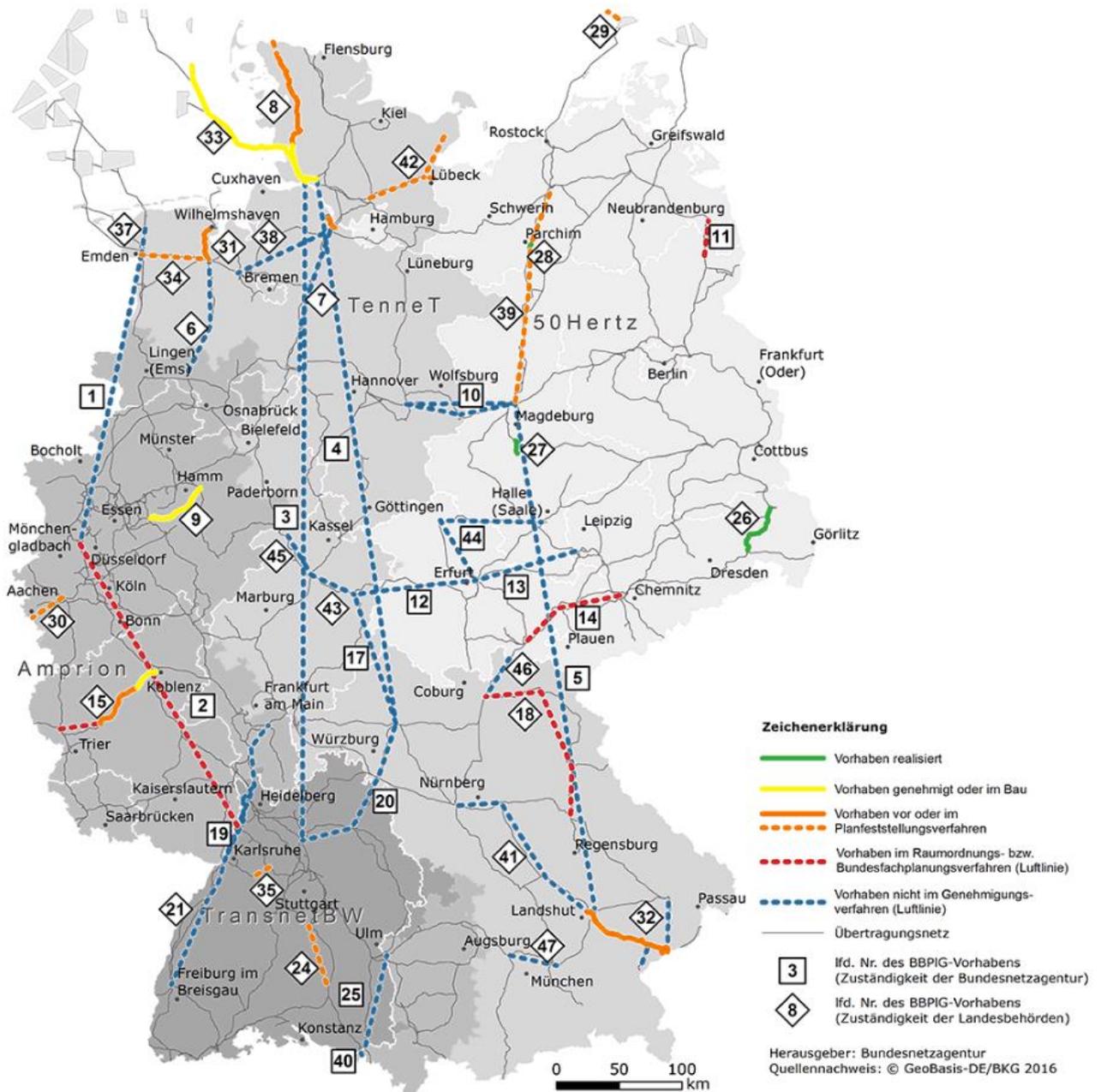


Abbildung 31: Stand des Ausbaus von Leitungsvorhaben nach dem Bundesbedarfsplangesetz (BBPIG) 3Q2016  
<https://www.netzausbau.de/leitungsvorhaben/de.html;jsessionid=CCCAA02F4D370C0AE1287230DB2361B0>

Auch bei der Kabelverlegung ist der Einsatz des Systems-Meister denkbar. Gespräche dazu sind geplant.

### Pipelinebau

Der Einsatz vorgenannter Technologie ermöglicht eine geringere Breite der Ausbaustrecken. Dadurch, dass Kran und Transport in einer Achse stehen können, kann sich der Wegebau um mindestens eine Fahrzeugbreite reduzieren. Grundsätzlich stehen durch dieses System wesentlich höhere Tragfähigkeiten am Kran wie bisher zur Verfügung.

### **Watteinsatz**

Der Transport von Komponenten vereinfacht sich. Durch breite Ketten der Raupenfahrzeuge wird die Wattfähigkeit garantiert. Bisher gibt es kein vergleichbares Transportmittel, um z. B. Wasserstandsabsenkanlagen in monolithischer Bauweise über das Watt transportieren zu können.

### **Gewässerbau**

Für Renaturierungsarbeiten an den Fluss- und Bachläufen finden sich notwendige Einsatzgebiete für das System-Meister, um die gebietstypische Flora und Fauna wieder herstellen zu können. Erste Einsätze im Bereich von Fischaufstiegsanlagen zeigen die Umweltentlastung durch die große Reichweite einer der Systemkomponenten. Das Arbeiten unter Brücken, z. B. mit Zieh- und Rammgeräten, ist nur mit fortschrittlicher Kran- und Hebetchnik realisierbar, ohne das Flussbett zu befahren.

### **Errichtung von Freizeitanlagen**

Die hohe Steigfähigkeit des Systems kann z. B. bei dem Bau von Skiliften eingesetzt werden. Hier können komplette Zwischenstationen vormontiert, an den Bestimmungsort transportiert und als Fertigteil am Stück abgesetzt werden. Das reduziert die Bauzeit und entlastet die Umwelt in erheblichem Maße.

### 3.3 Konzeption, Durchführung und Ergebnisse des Messprogramms

#### 3.3.1 Verringerung der Radlasten

Radlasten bei dem Transport einer Windkraftturmsektion (20.000 kg) mit einer Zugkombination aus einer 3-Achs-Schwerlastsattelzugmaschine (9.280 kg) und einem 4-Achs-Teleskop-sattelaufleger (11.020 kg):

$$\frac{40300\text{kg}}{22} = 1831,81 \text{ kg/Rad}$$

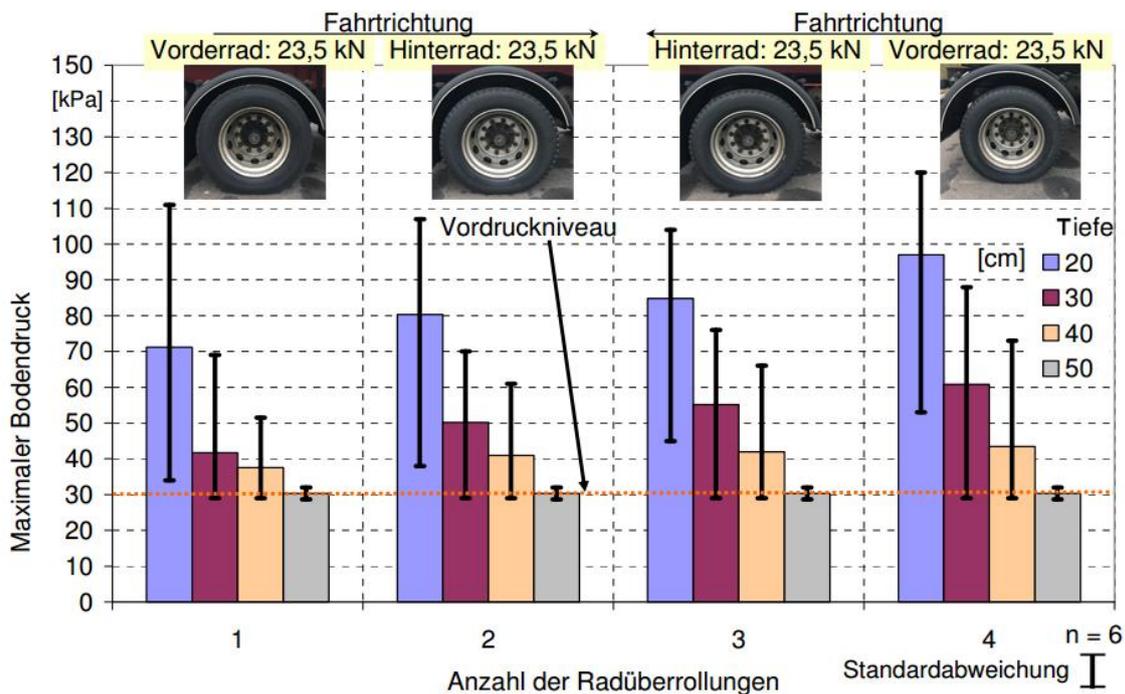


Abbildung 32: Bodendruck eines 4-Achs-Sattelauflegers

Lasten bei dem Transport der Windkraftturmsektion mit der Schwerlasttransportraupe TC 100 System-Meister:

**Kettenvariante 1:500 mm:**  $\frac{44000\text{kg}}{3632} = 12,11 \text{ kg/cm}^2$  (0,118 kN/cm<sup>2</sup>)

**Kettenvariante 1:1000 mm:**  $\frac{44000\text{kg}}{7264} = 6,06 \text{ kg/cm}^2$  (0,059 kN/cm<sup>2</sup>)

**Kettenvariante 1:1300 mm:**  $\frac{44000\text{kg}}{9443,2} = 4,66 \text{ kg/cm}^2$  (0,045 kN/cm<sup>2</sup>)

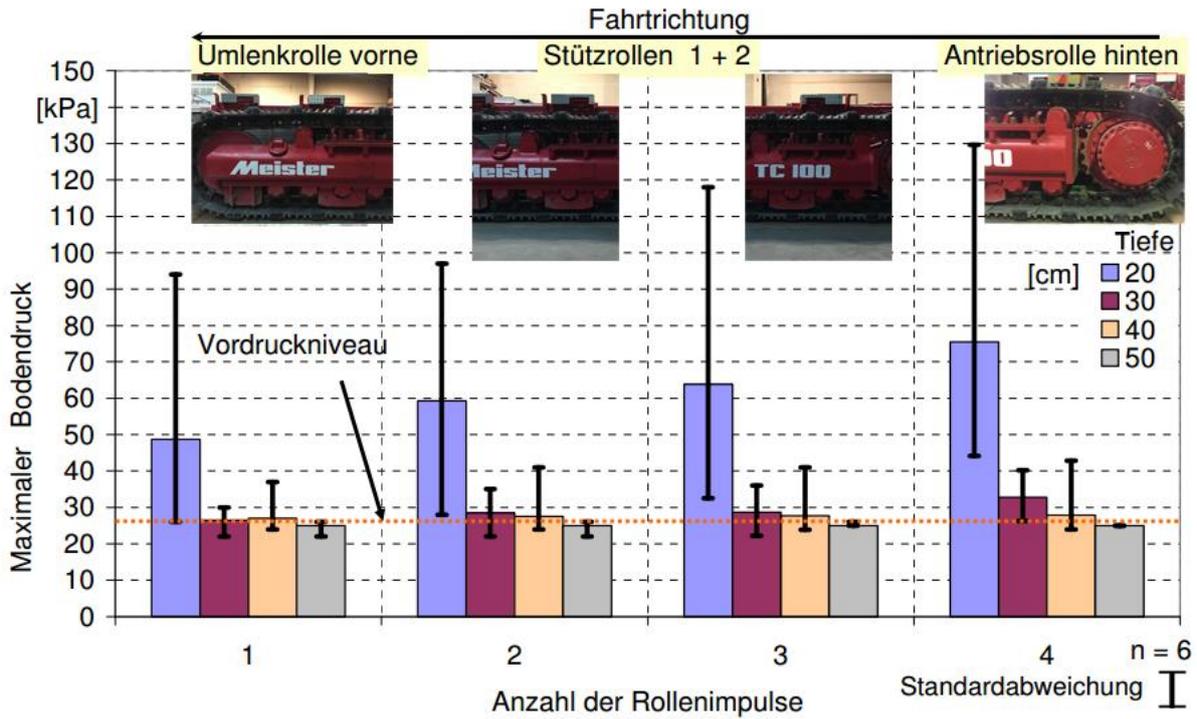


Abbildung 33: Bodendruck bei Fahrzeug mit Raupenfahrwerk

Die Grafiken zeigen den reduzierten Bodendruck durch den Einsatz eines Kettenfahrwerks. Des Weiteren wird deutlich, dass eine Kettenbreite von 1300 mm im Vergleich zu einem 500 mm Standardkettenblatt den Bodendruck um 38% verringert.



Abbildung 34: **Links:** unstrapazierter Boden – befahren mit Kettenfahrzeug (vergleichbar mit TC 100). **Rechts:** verdichteter Boden – befahren mit Schwerlastsattelzugmaschine und Sattelaufleger mit normaler Bereifung



Abbildung 35: Transport des Pfeilers auf 3-Achs-Sattelzugmaschine mit 4-Achs-Sattelaufleger



Abbildung 36: Bodenverdichtungen breites Kettenlaufwerk vs. schmales Kettenlaufwerk vs. Straßenbereifung

In den beiden Grafiken (Abb. 32 und Abb. 33) werden die unterschiedlichen Auswirkungen der Fahrwerksvarianten und einer konventionellen Straßenbereifung veranschaulicht. Die Bodenfläche wird durch die unterschiedlichen Kettenbreiten sowie der herkömmlichen Straßenbereifung einer Zugkombination bestehend aus einer 3-Achs-Sattelzugmaschine und einem 4-Achs-Stattelauflegers unterschiedlich beeinträchtigt. Bei dem Transport eines identischen Werkstückes konnten die verschiedenen Spurtiefen beobachtet werden. Ebenfalls werden die Auswirkungen der zwei Kettenbreiten (500 mm und 1000 mm) und der damit einhergehenden Vergrößerung bzw. Verkleinerung der Spurtiefe deutlich.

### 3.3.2 Bodendruckwerte

Kettenvariante 1:500 mm/Fahrwerk (eine Kette) = 1000 mm x 3632 mm = 3632 cm<sup>2</sup>

Kettenvariante 2:1000 mm/Fahrwerk (eine Kette) = 2000 mm x 3632 mm = 7264 cm<sup>2</sup>

Kettenvariante 3:1300 mm/Fahrwerk (eine Kette) = 2600 mm x 3632 mm = 9443,2 cm<sup>2</sup>

Leergewicht: 24.000 kg / Gewicht bei 100% Ladung: 124.000 kg

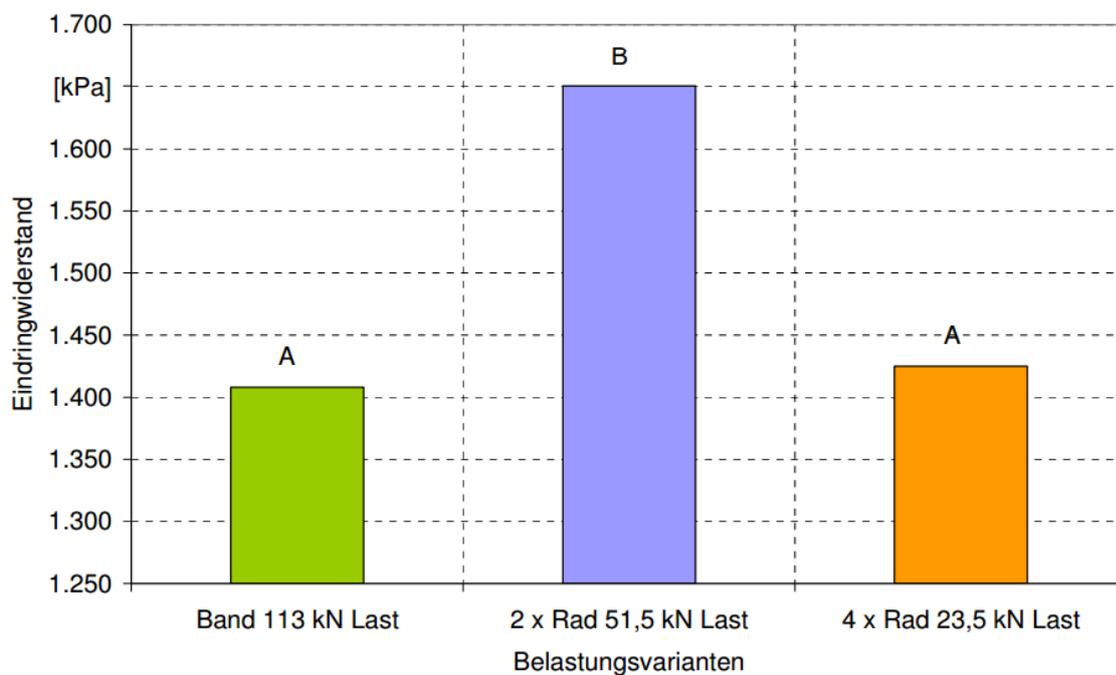


Abbildung 37: Berechnete Vergleichswerte bei Befahrung von Achsen vs. Kettenlaufwerk

### Kettenvariante 1:500 mm

Bodendruck bei Leergewicht  $\frac{24000}{3632} = 6,61 \text{ kg/cm}^2$  (0,064 kN/cm<sup>2</sup>)

Bodendruck bei 100% Ladung  $\frac{124000}{3632} = 34,14 \text{ kg/cm}^2$  (0,334 kN/cm<sup>2</sup>)

### Kettenvariante 2:1000 mm

Bodendruck bei Leergewicht  $\frac{24000}{7264} = 3,30 \text{ kg/cm}^2$  (0,032 kN/cm<sup>2</sup>)

Bodendruck bei 100% Ladung  $\frac{124000}{7264} = 17,07 \text{ kg/cm}^2$  (0,157 kN/cm<sup>2</sup>)

### Kettenvariante 3:1300 mm

Bodendruck bei Leergewicht  $\frac{24000}{9443,2} = 2,54 \text{ kg/cm}^2$  (0,024 kN/cm<sup>2</sup>)

Bodendruck bei 100% Ladung  $\frac{124000}{9443,2} = 13,13 \text{ kg/cm}^2$  (0,128 kN/cm<sup>2</sup>)

## 3.3.3 Gesamtgewicht

Betrachtet man das obige Beispiel des Transports einer Windkraftturmsektion mit einem Gewicht von 20.000 kg, beläuft sich das Gesamtgewicht einer ausgewählten Zugkombination auf 40.300 kg.

Dem entgegen steht die Schwerlasttransportraupe TC 100, welche bei dem Transport der genannten Windkraftturmsektion auf ein Gesamtgewicht von 44.000 kg kommt.

Tabelle 3: TÜV Gutachten (Auszug §70 Genehmigung) 3-Achs-Schwerlastzugmaschine und 4-Achs-Sattelaufleger)

Achse-Nr.		1. Achse	2. Achse	3. Achse	4. Achse	5. Achse	6. Achse	7. Achse
Achslast	t	7,1	9,5	9,5	12,0	12,0	12,0	12,0
Achsabstand	m		3,3	1,31	3,76	1,82	1,82	1,82
starr / geteilt		S	S	S	S	S	S	S
gelenkt / un gelenkt		G / °	U / 0°	U / 0°	U / 0°	G / °	G / °	G / °
gefedert / ungefedert		G	G	G	G	G	G	G

### 3.3.4 Kurvenradien

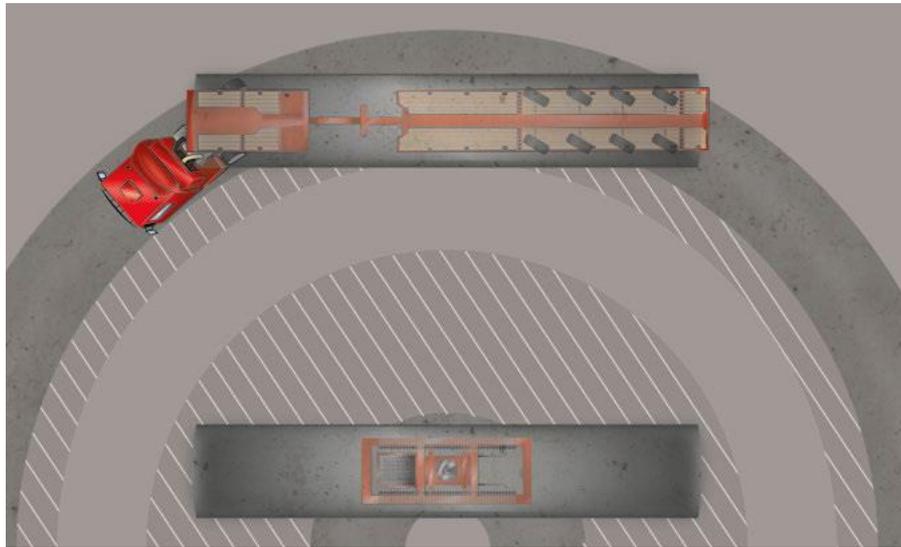


Abbildung 38: Vergleichsgrafik Kurvenradien Zugkombination und TC 100 System-Meister

Transport einer Windkraftturmsection in Kurvenfahrt mit 3-Achs-Schwerlastsattelzugmaschine und 4-achsigen Teleskopsattelaufleger sowie auf Schwerlasttransportraupe System-Meister TC 100. Hier wird der wesentlich geringere Flächenbedarf der Schwerlasttransportraupe deutlich.

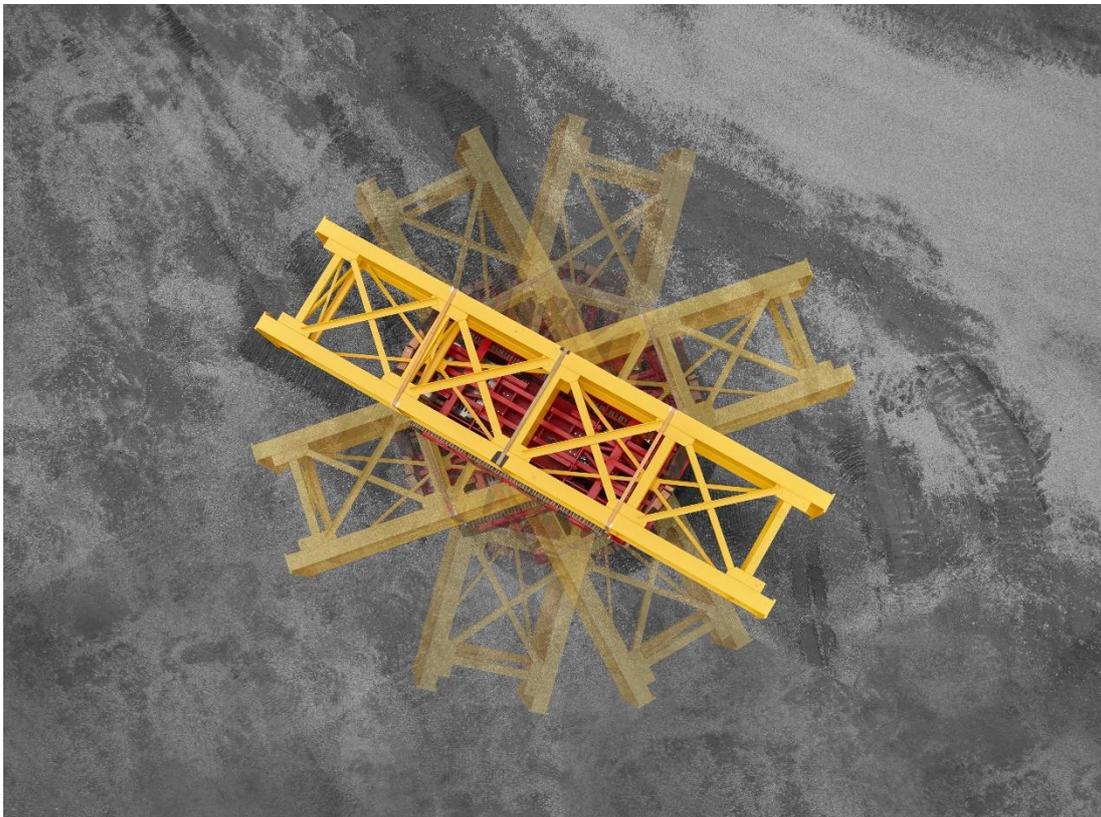


Abbildung 39: Dokumentation der letzten Testfahrten mit Last

Kreisfahrt mit einem Brückenstützpfiler (Abmessungen: 3 m x 12 m, Gewicht: 11 t) in der Modifikation Direktladung.

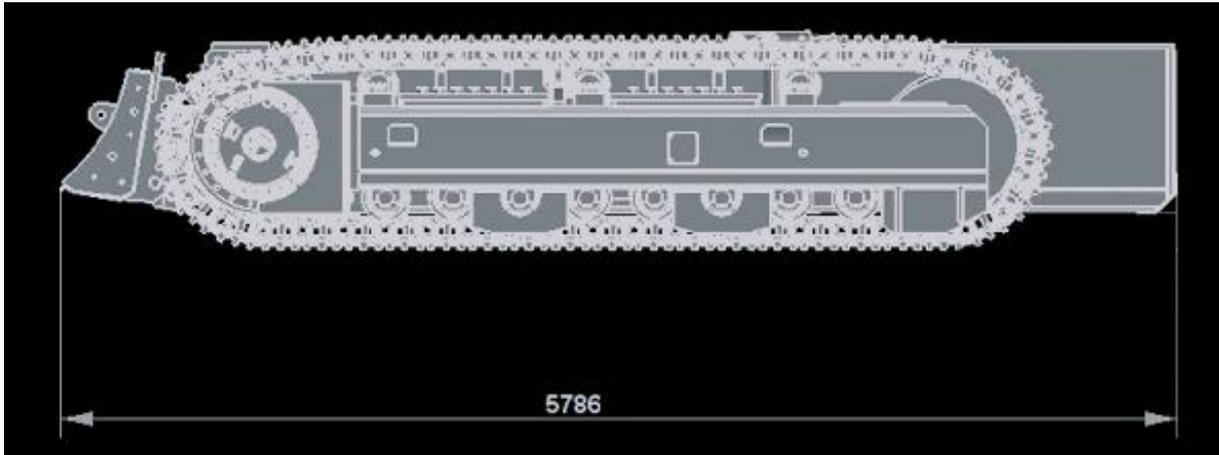


Abbildung 40: technische Zeichnung TC 100 (ohne Last)

Der Kurvenradius bei der Leerfahrt beschränkt sich auf die Abmessung der TC 100 selbst. Der Anbau des Räum- und Stützschildes ist hierbei optional.

### 3.3.4 Emissionswerte

Tabelle 4: Datenblatt mit Emissionswerten des verwendeten Dieselmotors

#### OFFROAD

#### NEF SERIES

#### N67 ENT 175KW

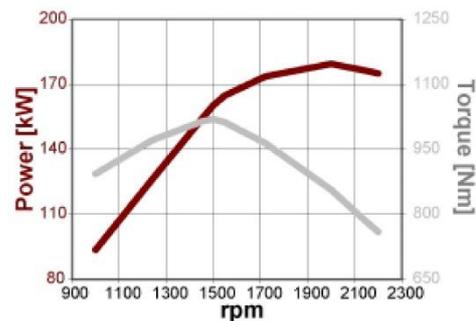
175 KW(238 HP) @ 2200 RPM  
1020 NM(104 KGM) @ 1500 RPM  
STAGE IIIA / TIER 3

##### DATEN

Thermodynamischen Zyklus	Diesel 4 stroke
Lüftung	TAA
Zylinde	6L
Bohrung x Hub (mm)	104 X 132
Gesamthubraum (l)	6,7
Ventile pro Zylinder (n°)	4
Kühlsystem	liquid
Drehrichtung (Schwungradansicht)	CCW
Verdichtungsverhältnis	17.5:1
Einspritzsystem	ECR

##### LEISTUNG

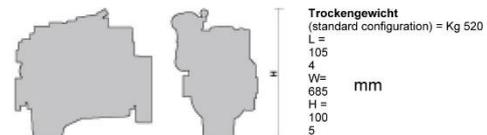
Nennleistung [*] (kW (Ps) @ U/min)	175 ( 238 ) @ 2200
Spitzendrehmoment (Nm (kgm) @ U/min)	1020 ( 104 ) @ 1500
Hohe Leerlaufdrehzahl (U/min)	-
Niedrige Leerlaufdrehzahl (U/min)	--
Mindeststarttemperatur ohne Hilfsmittel (°C)	-15 °
Öl- und Ölfilterwartungsintervall für den Austausch [***] (Stunden)	600



##### STANDARDKONFIGURATION

Schwungradgehäuse (Typ)	SAE 3 - cast iron
Schwungradgröße (Inch)	11,5"
Lage Ansaugkrümmer	left side / frontwards
Lage Auspuffkrümmer	middle high / right side / frontwards
Turbolader	fixed geometry
Lage Turbolader	middle high / right side
Übersetzungsverhältnis Lüfter	1.4:1
Abstand zwischen Lüfter - Kurbelwellenmitten (mm)	X = 0 Y = 296
Kraftstofffilter (n°)	single cartridge - left side
Kraftstoffvorfilter	included
Kraftstoffpumpe	high pressure pump (H.P.P.)
Ölfilter (n°)	single cartridge - right side
Ölwanne	suspended sheet steel / front sump, 35° angularity limits continuous in all directions
Öldampf-Blow-by-Kreis	on gear housing / Mann & Hummell valve
Ölwärmetauscher	incorporated into the block
Öleinfüllstutzen	on valve cover
Saugpumpe	-
Anlasser	24 V - 4 kW
Lichtmaschine	24 V - 70 A with W contact
Motorstopvorrichtung	incorporated in the pump
Kabelstrang	-
Anstrichfarbe	grey

##### GEWICHT UND MAßE



##### NICHT IN DER STANDARDKONFIGURATION ENTHALTEN

Kraftabnahme (PTO)	-
PTO - Übersetzungsverhältnis	1.03:1
PTO - max. verfügbares Drehmoment	SAE A 100 Nm (9 teeth) - 150 Nm (11 teeth) SAE B 240 Nm (13 teeth)
Batterie - empfohlene Mindestkapazität [*] (Ah)	130 Ah (24 V)
Batterie - empfohlene Mindestkapazität bei Kaltstart [*] (A)	500 A (24 V)

[\*] Power at flywheel according to 2004/26 EC (without fan), after 50 hours running, 3% tolerance, fuel Diesel EN 590.  
[\*\*] Oil type: ACEA E3 - E5.

#### Legende

Zylinde	Lüftung	Turbolader	Einspritzsystem	Emissionsstandard	Abgassystem
L (in Übereinstimmung)	TAA (Turbocharging mit Nachkühler) TC (Turbocharging) NA (Selbstansaugend)	WG (Wastegate) VGT (Turbolader mit variabler Geometrie) TST (Zweistufiger Turbolader)	M (Mechanisch): ECR (Elektronisches Common Rail) EUI (Elektronisches Pumpe-Düse-Element)	EEV (Verbessertes umweltfreundliches Fahrzeug)	EGR (Abgasrückführung) SCR (Selektive katalytische Reduktion)

FÜR INFORMATIONEN ÜBER NICHT VERFÜGBARE LEISTUNGSDATEN, WELCHE IN DIESEM DOKUMENT NICHT ANGEFÜHRT SIND, IST DAS FPT INDUSTRIAL-VERKAUFSNETZ ZU KONTAKTIEREN ODER DIE WEBSITE WWW.FPTINDUSTRIAL.COM ZU KONSULTIEREN

# N67 ENT

175 kW (238 HP) @ 2200 rpm - 1020 Nm @ 1500 rpm  
Stage IIIA / Tier 3

## SPECIFICATIONS

Technical code		F4HE9484A*J1XX
Thermodynamic cycle		Diesel 4 stroke
Air intake		TAA
Arrangement		6L
Bore x Stroke	mm	104 x 132
Total displacement	L	6.7
N° valves per cylinder		4
Cooling		liquid
Direction of rotation (seen from flywheel side)		CCW
Compression ratio		16.5 : 1
Rotation mass moment of inertia (without flywheel)	kgm <sup>2</sup>	0.31
Standard flywheel inertia	kgm <sup>2</sup>	0.708

## FUEL SYSTEM

Injection system		Electronic Common Rail
Injection pressure	kPa(bar)	160.000 (1.600)
Gas oil max intake temperature	°C	70 (at 25°C amb.)

## AIR INTAKE

Max suggested intake restriction with clean air filter	kPa(bar)	3.5 (0.035)
Max suggested intake restriction with dirty air filter	kPa(bar)	4.5 (0.045)
Air flow at 100% load / rated speed	kg/h	517 (404)
Turbocharging pressure at full load/rated speed	kPa(bar)	175 (1.75)
Maximum supercharging air temperature (compressor outlet)	°C	200
Maximum air temperature increase between ambient and intercooler outlet	°C	25
Heat rejected to intercooler at maximum power	kJ/s(kcal/h)	29.8 (25.543)
Intercooler system max pressure drop	kPa(bar)	12 (0.12)

## EXHAUST SYSTEM

Max allowable backpressure	kPa(bar)	10 (0.1)
Max exhaust temperature at full load/rated speed	°C	514
Exhaust flow at max output	kg/h	986

## N67 ENT

175 kW (238 HP) @ 2200 rpm - 1020 Nm @ 1500 rpm  
Stage IIIA / Tier 3

### LUBRICATION SYSTEM

Minimum oil pressure at idle	kPa(bar)	70 (0.7)
Max oil pressure at idle	kPa(bar)	350 (3.5)
Max oil temperature at full load/rated speed	°C	140
Engine angularity limits continuous operation:		
max front up and front down	0/360°	35°
max left hand and right hand	0/360°	35°
Total system capacity including pipes, filters, etc.	L	17.2

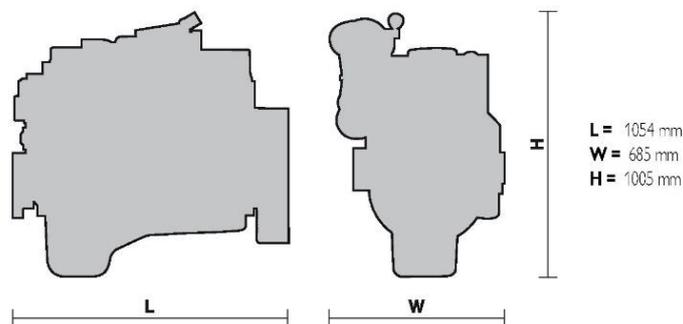
### COOLING SYSTEM

Coolant capacity (engine only)	L	10.5
Water pump flow at rated speed	m <sup>3</sup> /h	12
Heat to reject by heat exchanger at max power	kJ/s(kcal/h)	75.8 (64,954)
Thermostatic valve (adjustment range)	°C	83 ÷ 99
Cooling liquid max temperature	°C	106
Min/max inner pressure in the cooling circuit	kPa(bar)	30/275 (0.3/2.75)
External cooling system max pressure drop	kPa(bar)	35 (0.35)

### ELECTRICAL SYSTEM

Voltage	V	24
---------	---	----

### Dimensions



## N67 ENT

175 kW (238 HP) @ 2200 rpm - 1020 Nm @ 1500 rpm  
Stage IIIA / Tier 3

### STANDARD CONFIGURATION

Flywheel housing	type	SAE 3 - cast iron
Flywheel size	inch.	11" 1/2
Intake manifold location		high / left side / vertical upwards
Exhaust manifold location		high / right side / front
Turbocharger		Fixed Geometry with Waste Gate valve
Turbocharger location		high / rear / right side
Fan transmission ratio		1.4 : 1
Distance between fan - crankshaft centers	mm	x = 0 ; y = 296
Fuel filter	n°	single cartridge - left side
Fuel prefilter		included
Fuel pump		mechanical - incorporated in high pressure pump
Oil filter	n°	single cartridge - right side
Oil sump		suspended sheet steel / front sump, 35° angularity limits continuous in all directions
Oil vapours blow-by circuit		on flywheel housing, Mann & Hummel valve
Oil heat exchanger		integrated into the block
Oil filler		on valve cover
Exhaust counter flange		included
Starter		24V - 4kW
Alternator		24V - 70A with W contact
Engine stop device		incorporated in the pump
Wiring harness		-
Painting	color	grey

N67 ENT - Stage IIIA / Tier 3 - INDUSTRIAL APPLICATIONS

### NOT INCLUDED IN THE STANDARD CONFIGURATION

Power take off - transmission ratio		1.03 : 1
PTO maximum available torque	SAE A	100Nm (9 teeth) - 150Nm (11 teeth)
	SAE B	240Nm (13 teeth)
Battery - minimum capacity recommended		130Ah (24V)
Battery - minimum cold cranking capacity recommended		500A (24V)

**FPT OFFERS THE WIDEST AVAILABILITY OF ENGINE BUILD OPTIONS TO CUSTOMER SPECIFIC REQUIREMENTS WITHIN THE ENGINE SUPPLY. TO FIND OUT MORE ABOUT THE CONFIGURATIONS AND ACCESSORIES WHICH ARE AVAILABLE, CONTACT THE FPT SALES NETWORK.**

Publication: F25C7N/SE - 06/2011  
Specifications subject to change without notice.  
Illustrations may include optional equipment.

## N67 ENT

175 kW (238 HP) @ 2200 rpm - 1020 Nm @ 1500 rpm  
Stage IIIA / Tier 3

### PERFORMANCE

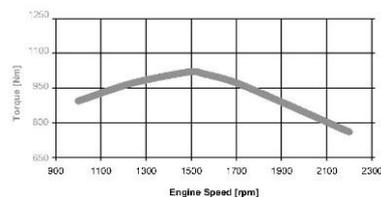
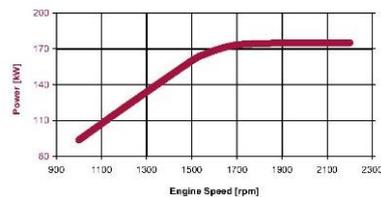
Rated power [*]	kW(HP)	175 (238)
At speed	rpm	2200
Peak power	kW(HP)	175 (238)
At speed	rpm	2200
Peak torque	Nm(kgm)	1020 (104)
At speed	rpm	1500
Maximum no load governed speed at max rating	rpm	2375
Minimum idling speed	rpm	800
Mean piston speed at rated speed	m/s	10.1
BMEP at max torque	bar	19.58
Available certifications		CE 97/68 Stage IIIA - EPA Tier 3
Specific fuel consumption at full load (best value)	g/kWh	205 @ 1250
Oil consumption at max rating	% fuel cons.	0.1%
Rumore alla potenza massima (ISO 3744)	dBA	91
Minimum starting temperature without auxiliaries	°C	-15
Oil and oil filter maintenance interval for replacement [**]	h	600
Dry weight (standard configuration without: oil, cooling, starter, clutch, Compressor A/C, alternator)	kg	529

**FOR INFORMATION ON THE AVAILABLE RATINGS NOT LISTED IN THIS DOCUMENT PLEASE CONTACT THE FPT SALES NETWORK.**

[\*] **Power** at flywheel according to 97/68 EC (without fan), after 50 hours running, 3% tolerance, Fuel Diesel EN 560.

[\*\*] **Oil type:** Approved engine oil specification: 15W-40 ACEA E7 / API CI-4 or 10W-30 ACEA E7 / API CI-4 (ambient temperature below -15°C), 10W-40 ACEA E9/API CJ-4 as alternative.

**Test conditions:** ISO 3046/1, 25 °C air temperature, 100 kPa atmospheric pressure, 30 % relative humidity - Applicable also to DIN 6271, BS 5514, SAE J1349 Standards.



Das Datenblatt zeigt die Reduzierung des Stickoxid-Ausstoßes (in g/kWh) um mehr als 60% vom Euro 0-Motor des System-Meister Prototyps (TC 50) zu der aktuellen Schwerlasttransportraupe TC 100 System-Meister TC 100 mit Euro IIIa-Motor.

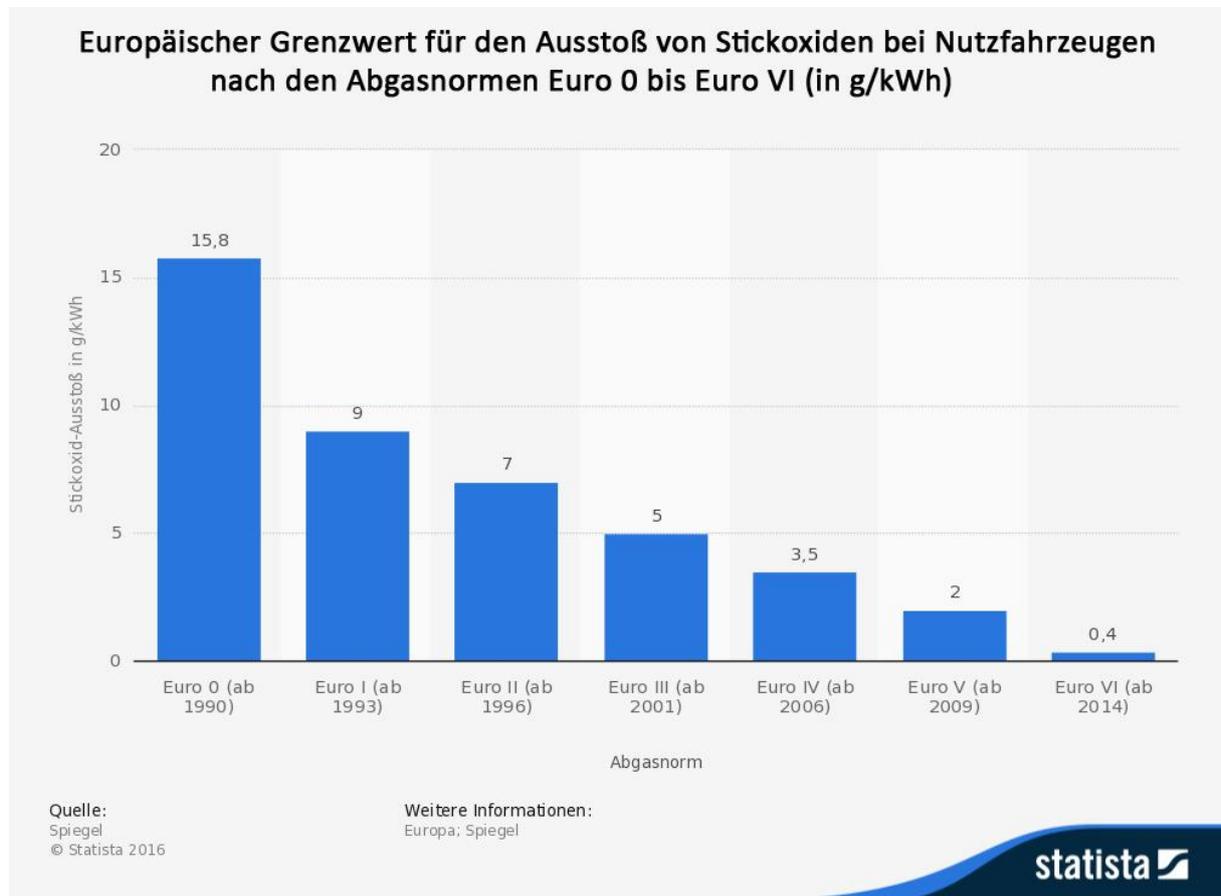


Abbildung 41: Statistische Auswertung abhängig von den Abgasnormen

Die hier aufgeführte Grafik spiegelt die rückwärtige Entwicklung der Stickoxid-Ausstöße im Bereich des Kraftverkehrs wider. Da ein Rückgang des Güterkraftverkehrs mittels Lastkraftwagen undenkbar ist, sind Systeme wie die TC 100 System-Meister im Bereich der Verringerung von Transportträgern innovativ und weniger umweltbelastend.

Da zum einen auch die Abgasnorm (aktuell EURO VI) zu einer immer schonenderen Belastung der Umwelt führt, ist diese Wirkung in der Verbindung mit der Kombination von Transport- und Hubfahrzeug eine innovative Entwicklung, welche die Emissionen nochmals um ca. 50% reduzieren.

### 3.4 Wirtschaftlichkeitsanalyse

Wie bereits im vorherigen Teil aufgeführt (s. Kap. Umweltbilanz) verringern sich die Kosten bereits bei der Auftrags- und Transportplanung mit dem Schwerlasttransportraupensystem TC 100 – System-Meister. Die hohe Wendigkeit als auch die Offroad-Fähigkeiten sind hierbei ausschlaggebend.

Die Wirtschaftlichkeitsanalyse hängt ab von der Weglänge, die mit der Raupe zurückgelegt werden müsste bzw. die ausgebaut werden müsste. Bei Mobilfunkmasten ist der Einsatz der Raupe bislang immer deutlich günstiger als von Radfahrzeugen, für die dann eine Wegeertüchtigung gebraucht wird. Die Wirtschaftlichkeitsanalyse hängt also sehr stark vom Untergrund, den Wegeverhältnissen sowie der Weglänge ab, also vom vorhandenen Wegesystem.

#### 3.4.1 Investitionskostenvergleich und weitere wirtschaftliche Eckdaten

In der Gesamtbetrachtung ergibt sich betriebswirtschaftlich ein Kostenvorteil bei der Nutzung von System-Meister Teil 1 auf Feld- und Waldwegen bzw. auf unbefestigtem Gelände durch den Wegfall der Wegekosten, siehe Tabelle für das Beispiel eines Mastes bzw. Turm-  
sektion:

Tabelle 5: Investitionskostenvergleich und weitere wirtschaftliche Eckdaten

	<b>Konventionelle Technik</b>	<b>Meister Teil 1</b>
Kosten Wegebau 0,5 km ... 2,0 km	15.000 € ... 120.000 €	-
Invest		
Spezialfahrzeug	750.000 € (Voser)	300.000 € (Raupe)
Hub- und Kippvorrichtung	ist inkl.	270.000 €
Lkw 4-Achser (Spezialanfertigung)	-	128.000 €
Aufbaukran 1	230.000 €	230.000 €
Abrollaufbau	-	40.000 €
Sattelzugmaschine	120.000 €	144.000 €
Sattelkupplung	6.000 €	6.000 €
Schwerlastauflieger	120.000 €	144.000 €
SUMME	1226.000 €	1.262.000 €
Nutzungszeit der Investition / Projekt	3 Tage	5 Tage
Nutzungstage / Jahr	240	144
Abschreibung anteilig / Projekt		
8 Jahre linear, Nutzungsstage / Jahr	1.916 €	5.477 €
Arbeitszeit- und Gemeinkosten pro Projekt, GK 100% der Brutto-PK+AGSV	6.591 € (5 Personen, 3 Tage)	10.986 € (5 Personen 5 Tage)
Summe Selbstkosten	8.507 €	16.463 €
Summe Gesamtkosten (Aufwand)	23.507 € ... 128.507 €	16.463 €

Die Kosten für Hin- und Rückfahrt sind für beide Varianten gleich und deshalb weggelassen. Für Projekte, die System-Meister Teil 1-3 erfordern, sieht der Kostenvergleich eher günstiger aus. Die schwereren und ggfs. längeren Transportgüter erfordern noch mehr Aufwand für den Straßenbau bei Anwendung konventioneller Technik.

### 3.4.2 Amortisation

Amortisationszeitraum aus Dienstleistungen: 5,5 Jahre (Teil1) 6,5 Jahre (Teile 1-3) ohne Förderung. Mit 30% Förderung werden Invest und Amortisationszeit um 30% reduziert.

Tabelle 6: Amortisationsrechnungen für die verschiedenen Ausbaustufen des Systems Meister

<b>System-Meister Teil 1 (Dienstleistungen) in 1.000 €</b>	<b>2017</b>	<b>2018</b>	<b>2019</b>	<b>2020</b>	<b>2021</b>	<b>2022</b>	<b>2023</b>
Anzahl Dienstleistungsprojekte	9	24	24	24	24	24	24
Umsatz aus Dienstleistungen (28.800 € / Projekt)	259	691	691	691	691	691	691
Personalkosten inkl. Personal-NK	85	226	226	226	226	226	226
Gemeinkosten (Wartung, Inspektion, Reparatur, Verwaltung, Ortsbesichtigungen) ca. 100% auf PK+PNK	85	226	226	226	226	226	226
Ergebnis vor Steuern	90	239	239	239	239	239	239
Ergebnis 2017 - 2022	1.525						
Invest Teil 1	1.467						

<b>System-Meister Teile 1-2 (Dienstleistungen) in 1.000 €</b>	<b>2017</b>	<b>2018</b>	<b>2019</b>	<b>2020</b>	<b>2021</b>	<b>2022</b>	<b>2023</b>
Anzahl Dienstleistungsprojekte	9	24	24	24	24	24	24
Umsatz aus Dienstleistungen (63.000 € / Projekt)	567	1.512	1.512	1.512	1.512	1.512	1.512
Personalkosten inkl. Personal-NK	170	452	452	452	452	452	452
Gemeinkosten (Wartung, Inspektion, Reparatur, Verwaltung, Ortsbesichtigungen) ca. 100% auf PK+PNK	170	452	452	452	452	452	452
Ergebnis vor Steuern	228	608	608	608	608	608	608
Ergebnis 2017 - 2023	3.876						
Invest Teile 1-3	3.891						

<b>System-Meister Teile 1-2 und Grob- Planung Teil 3 (Systemverkauf) in 1.000 €</b>	<b>2017</b>	<b>2018</b>	<b>2019</b>	<b>2020</b>	<b>2021</b>	<b>2022</b>	<b>2023</b>
Anzahl Verkaufsabschlüsse	1	2	3	4	6	8	12
Umsatz aus Verkauf von Systemkomponenten (7% Spanne)	645	1.290	1.935	2.581	3.871	5.161	7.742
Einkaufspreis	600	1.200	1.800	2.400	3.600	4.800	7.200
Ergebnis vor Steuern	45	90	135	181	271	361	542
Ergebnis 2017 - 2027	3.794						
Invest Teile 1-3	3.891						

Die Amortisationszeit wird bei einer halb so hohen Projektanzahl oder halbem Ertrag pro Projekt verdoppelt. Die Unsicherheit besteht aufgrund von technischen und wirtschaftlichen Risiken. Der Ausbau der Windkraft an Land kann stagnieren durch Änderung der Einspeisevergütung den Strompreisanstieg und alternativen Ausbau von Gaskraftwerken. Entsprechend kann der Ausbau der Stromleitungen stagnieren. Der Preis für die Dienstleistungen wird reduziert durch die anderen Nutzer von System-Meister aus dem Systemverkauf. Dies ist hier noch nicht berücksichtigt und stellt erhebliche Risiken für die Meister GmbH dar.

Durch den angestrebten Systemverkauf wird die Amortisationszeit verkürzt. Hier sind auch ein Lizenzmodell oder ein Verkauf der Technologie denkbar, eine Anfrage liegt bereits vor.

Die Wirtschaftlichkeit ist mit dem bisher besten System der Fa. Voser in Punkt 1 verglichen. Bei der Notwendigkeit von Wegebau ist das System-Meister schon bei zu bauenden Weglängen von 125 m bis 250 m überlegen.

Alternativ kommt noch ein Hubschraubertransport infrage. Dies ist nur bei Massen bis 5 t möglich, zu 500 € / h. Hubschraubereinsätze werden von der unteren Naturschutzbehörde verboten, da durch den vom Rotor erzeugten Wind Totholz von den Bäumen gewirbelt wird.

### 3.5 Technischer Vergleich zu konventionellen Verfahren

#### 3.5.1 Vergleich für die verschiedenen Betriebsmodi

##### 3.5.1.1 Offroad-Sattel



Abbildung 42: Testfahrten TC 100

Im Betriebsmodus Offroad-Sattelzug ist das Aufsatteln von nahezu jedem Auflieger, ganz egal ob Standartsattel, Semi-Tieflader oder Nachläufer, möglich. Somit lassen sich auch vollständig beladene Auflieger komplett, das bedeutet ohne zeitaufwendiges Umladen, selbst in schwierigstem Gelände sicher zum gewünschten Einsatzort bringen. Hier zeigt die Schwerlasttransportraupe des System-Meister deutlich ihre Vorteile gegenüber Schwerlast-Sattelzugmaschinen. Die Kombination des Kettenlaufwerks, das eine ideale Traktion mit einem leistungsstarken Antrieb bietet, macht gerade beim Befahren von Steigungsstrecken auf schlecht befestigtem oder rutschigem Untergrund den Einsatz von weiteren Zugmaschinen als Zug- und Schubverband überflüssig. So können Schäden, die häufig beim Ziehen an modernen Sattelzugmaschinen entstehen, besonders, wenn nur bedingt geeignete Hilfsmittel wie Traktoren oder sogar Baumaschinen eingesetzt werden, gänzlich vermieden werden. Auch beim Befahren einer Kurve an einer Steigung in schwierigem Gelände wird der Vorteil der Schwerlasttransportraupe des System-Meister deutlich. Hier reduziert sich bei Einsatz einer Standard-Sattelzugmaschine der verbleibende Freiraum zwischen Zugfahrzeug und Auflieger so stark, dass ein Befahren der betreffenden Streckenabschnitte oftmals schwierig bis unmöglich wird. Die verschiebbare und höhenverstellbare Sattelkupplung der Schwerlasttransportraupe ermöglicht ein exaktes Anpassen an die jeweilig zu bewegenden Auflie-

ger. Durch die Verstellbarkeit der Sattelkupplung und vor allem durch die extrem kompakten Abmessungen der Schwerlasttransportraupe wird ein ideales Durchschwenkmaß zwischen Auflieger und Schwerlasttransportraupe erreicht, was auch in schwierigstem Gelände enge Kurvenfahrten zulässt. Die Schwerlasttransportraupe des System-Meister kann sowohl mit einer Standard-Sattelkupplung für 2,0“-Sattelzugzapfen als auch in der Schwerlastvariante für 3,5“-Sattelzugzapfen betrieben werden. Die entsprechende Hydraulik- und Elektrikversorgung für Spezialauflieger steht für die verschiedenen Anschlussvarianten der meisten namhaften Hersteller, wie z. B. Doll, Faymonville, Goldhofer, Nooteboom und Scheuerle, zur Verfügung.

### 3.5.1.2 Direktladung



Abbildung 43: Testfahrten Feldversuch 100 Tonnen Zuladung

Im Betriebsmodus Direktladung kann die Schwerlasttransportraupe des System-Meister dank variabler und projektbezogen modifizierbarer Ladungsträger unterschiedlichste Ladungen aufnehmen. Somit ist die Schwerlasttraupe in der Lage, Lasten bis zu 200 t, z. B. bei Pro-

jekten in der Windkraft, beim Freileitungs- und Anlagenbau, oder bei der Errichtung von Mobilfunksendemasten, auch in schwierigstem Gelände sicher zu transportieren.

Mit einem projektbezogenen Einsatz des multifunktionalen Transportsystems TC 100 kommt es zu einem geringeren Einsatz von Schwerlastfahrzeugen und einer demnach geringeren Umweltbelastung durch Schadstoffe und Emissionen.

### 3.5.1.3 Offroad-Ladekran



Abbildung 44: Testfahrten Offroad-Ladekran

Im Betriebsmodus Offroad-Ladekran nimmt die Schwerlasttransportraupe einen 53 mt Ladekran mit Fly-Jib samt Transportpritsche auf. Dies ermöglicht neben einem leistungsstarken Knickarmkran mit bis zu 35 m Hubhöhe und einer seitlichen Reichweite von über 30 m, zeitgleich auch die gewünschte Last in schwierigem Gelände oder bei beengten räumlichen Verhältnissen sicher transportieren zu können. Gerade im Glas- und Glaselementbau zeigt dieser Betriebsmodus Vorteile beim Einsatz in engen Baustellen. Auch wird hier die Modularität des Systems deutlich:

Das komplette System-Meister kommt genehmigungsfrei mit nur einem Gliederzug und weniger als 40 t Gesamtzuggewicht zum Einsatzort.

Die Modifikation „TC 100 Offroad-Ladekran“ bringt gerade bei schwierigen örtlichen Begebenheiten zwei entscheidende Vorteile mit sich. Zum einen laufen Transport und Hub von der gemeinsamen Systemkomponente ab, und zum anderen verringert sich die Anzahl und die Größe der benötigten Fahrzeuge am Einsatzort.

### 3.5.1.4 Offroad-Teleskopkran

Der nächste Schritt bei der Weiterentwicklung des Systems hätte die Integration eines AT-Kranoberwagens dargestellt. Hierbei waren ein 60 t sowie ein 100 t Kranoberwagen zur Umrüstung des Systems geplant, durch welche die Einsatzmöglichkeiten der TC 100 noch erweitert werden sollten. Im Fokus stand dabei die Umsetzung einer Hubkraft bis zu 100 t im Gelände. Ein weiteres Feature der Betriebsmodifikation ‚Offroad-Teleskopkran‘ sollte der sog. „Stand-Alone“ Modus sein. Hierbei ist die Systemkombination ohne Unterwagen betreibbar. Die Realisierung und Finalisierung der Fahrzeugkombination Teleskopkran und TC 100 hätte die Erweiterungsmöglichkeiten und Modifikation des System-Meister dargestellt. Des Weiteren wäre durch die Erweiterung um eine weitere Systemkonfiguration der Einsatzspielraum noch erhöht worden.

### 3.5.1.5 Räumschild

Das Räumschild kann auf Wegen zum Einsatz kommen, die konventionellen Radfahrzeugen nur mit Wegeausbau zugänglich sind, oder im Katastrophenfall nicht rechtzeitig da sind.



Abbildung 45: Einsatz des Räumschildes inklusive 25 Tonnen Bergewinde



Abbildung 46: Dokumentation Testfahrten TC 100 mit Räumschild.

## 4 Empfehlungen

### 4.1 Erfahrungen aus der Praxiseinführung

Das System-Meister funktioniert hervorragend für die demonstrierten Einsatzfälle. Das System-Meister überzeugt aufgrund seiner Schadstoffeinsparungen infolge der fehlenden Zugmaschine im Vergleich zu einem konventionellen Sattelzug. Der weiteren entfallenen Rodungen in Gebieten fernab von befestigter Infrastruktur sowie Eingriffe und Maßnahmen durch den Einsatz von ortsfremden Materialien.

Für abweichende Einsatzfälle, wie z.B. größere Windkraftanlagen, sind noch Anpassungen auch an der Spezialraupe notwendig.

### 4.2 Modellcharakter

Die Raupenanwendung ist sehr zu empfehlen bei sämtlichen Errichtungen von Bauwerken mit Bauteilen schwerer als 20 t in Bereichen außerhalb befestigter Infrastruktur.

Brücken sind ein im Projekt identifiziertes, weiteres großes Anwendungsfeld mit Modellcharakter.

Die Anwendung im Katastrophenschutz und Deichbau bietet potentiell viele Vorteile. Hier sollten entsprechende Behörden und das Technische Hilfswerk informiert werden, sodass ggf. für z.B. jeden Regierungsbezirk wenigstens eine Raupe zur Verfügung steht.

Modellcharakter haben Bauprojekte im Mobilfunkbereich, bei denen die Leistungsfähigkeit der System-Meister Schwerlasttransportraupen in Sachen Umweltschutz eindrucksvoll unter Beweis gestellt werden konnte. So konnte beispielweise bei der Errichtung eines über 40 m hohen Schleuderbeton-Sendemastes am Fuße der Berge des bayerischen Waldes gelegenen, dem niederbayerischen Landkreis Deggendorf zugehörigen Ort Schaufling bei dem Transport der Mastteile durch den Einsatz einer System-Meister TC 100 Schwerlasttransportraupe gänzlich auf die bei allen Transportalternativen unabdingbar notwendigen umfangreichen Rodungsmaßnahmen komplett verzichtet werden. Ebenso war auf Grund des geringen Bodendruckes und der hohen Traktion der Schwerlasttransportraupe auch auf der bis zu 22° steilen Steigung der Transportstrecke keine weitere Ertüchtigung der ursprünglichen Wege notwendig.

So konnte hier auf den Einbau von ortsfremden Material verzichtet werden und alle Umweltschutzauflagen sind ganzheitlich erfüllt worden.

Ebenso konnten auch bei einem weiteren Einsatz in dem zur Metropolregion Stuttgart gehörenden Ort Weissach auf erhebliche Rodungsmaßnahmen an einem mehrere Jahrzehnte alten Baumbestand verzichtet werden. Hier galt es eine Reihe von bis 9 t schweren Tanks am Porsche-Entwicklungszentrum zu transportieren und einzuheben. Die ursprüngliche Einsatzplanung sah hier den Einsatz eines 300 t-Teleskopkranes vor. Allein, um die benötigte Kranstellfläche herzurichten und dem Großgerät die Zufahrt zur selbigen zu ermöglichen, hätten hier über 20 Bäume gefällt werden müssen und zig Kubikmeter Schotter zur Errichtung einer temporären Baustraße an- und nach dem Kraneinsatz wieder abtransportiert werden müssen. Auf diese nicht unerheblichen Eingriffe in bestehende Vegetation konnte ganzheitlich durch den Einsatz einer System-Meister Schwerlast-Transportraupe TC 100 im Betriebsmodus Offroad-Ladekran verzichtet werden. In Verbindung mit einem 78 mt-System-Aufbaukran war es uns möglich, Transport- und Hebeleistung mit nur einem Gerät, auch bei engsten Kurvenradien, Steigungen bis 26° und nur bedingt tragfähigen Bodenverhältnissen ohne Rodungen und temporäre Baustraßen termingerecht zu erbringen.

### 4.3 Zusammenfassung

Wir haben aber schon viel erreicht! Der beabsichtigte umweltschonende Einsatz unserer Raupen ist demonstriert.

Die hohe modulare Bauweise ermöglicht die Bewältigung zukünftiger Anforderungen unter Einsatz von projektspezifischen Modifikationen oder neu entwickelten Rüstsätzen. Dies unterstreicht auch die weltweite Vermarktbarkeit des Schwerlasttransportraupensystems, dessen Hauptaugenmerk auf der Fertigstellung der beiden Schwerlasttransportraupen TC100\_001 und TC 100\_002 liegt.

Die mittlerweile nach erfolgreicher Mängelbeseitigung voll einsetzbaren Raupen werden von der neugegründeten Meister GmbH (Betriebsgesellschaft) eingesetzt. Die Fahrzeuge werden der GmbH im Rahmen eines langfristigen Pachtvertrages zur Verfügung gestellt.

Durch den Tod von Herrn Jochen Meister haben wir den für das Projekt unabdingbar notwendigen Visionär und Entwickler verloren. Dadurch fehlte die notwendige Kraft, um das

Projekt in der ursprünglichen Form abzuwickeln. Dementsprechend wurden noch nicht alle Komponenten für System-Meister Teil 2 und 3 angeschafft und demonstriert.

Alleinige Gesellschafterin und Geschäftsführerin ist Frau Claudia Meister, die Erbin von Herrn Jochen Meister. Die Eigentumsrechte unserer Fahrzeuge und auch der Raupen liegen bei Kranservice Meister e.K., Inh. Claudia Meister. (Besitzgesellschaft)

Unabhängig von der eigenen Nutzung der Raupen führen wir Gespräche mit Interessenten zwecks Veräußerung der Rechte am „System-Meister“ und bewerben das System /iv/.

## 6 Literatur

---

<sup>i</sup> BfN-Positionspapier „Windkraft über Wald“, Juli 2011: <http://www.bfn.de/ff>

<sup>ii</sup> Jörg Zausig Vortrag „Auswirkungen von erneuerbaren Energien auf den Boden“ auf Tagung „Bau und Betrieb von WEA – Auswirkungen auf Boden und Grundwasser“, 7. Marktredwitzer Bodenschutztag, 10. Oktober 2012

<sup>iii</sup> <http://www.wind-energie.de/infocenter/statistiken> (Stand 14.06.2013)

<sup>iv</sup> Broschüre System-Meister TC 100

<http://www.meisterkran.de/montage-und-transport/system-meister/>