



Westsächsische Hochschule Zwickau  
University of Applied Sciences



Institut für Energie und Verkehr **IEV**

## e-Bus Skorpion – automatisiertes Andrahtsystem



Zwickau, Crimmitschauer Straße



Gefördert durch:



Die  
Bundesregierung

Bayerisches Staatsministerium für  
Wirtschaft und Medien, Energie und Technologie



STAATSMINISTERIUM  
FÜR WIRTSCHAFT  
ARBEIT UND VERKEHR

Freistaat  
**SACHSEN**

Koordiniert durch:

**Bayern Innovativ**

saena  
Sächsische  
Energieagentur GmbH



VM-Bus

(paralleler)  
Hybridbus

Elektrobus

Antriebs-  
masch.



Energie-  
zwischen-  
umwandl.



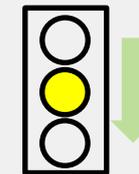
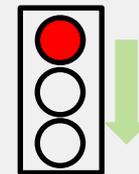
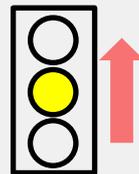
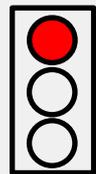
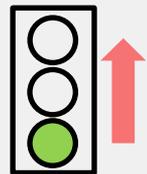
Speicher

Leistungs-  
übertrag.



„Energie-  
quelle“

Betr.wirt.  
Bewert.

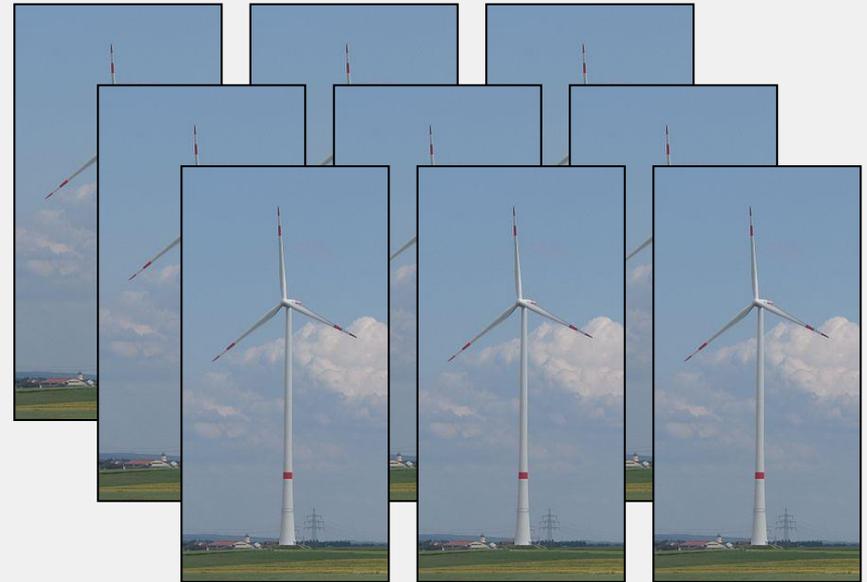


VM - Verbrennungsmotor  
EMa - elektr. Maschine  
Gen - Generator  
BZ - Brennstoffzelle

kBatt - kleiner elektr. Speicher  
gBatt - großer elektr. Speicher  
OLEi - Oberleitung  
LaSt - Ladestation



=



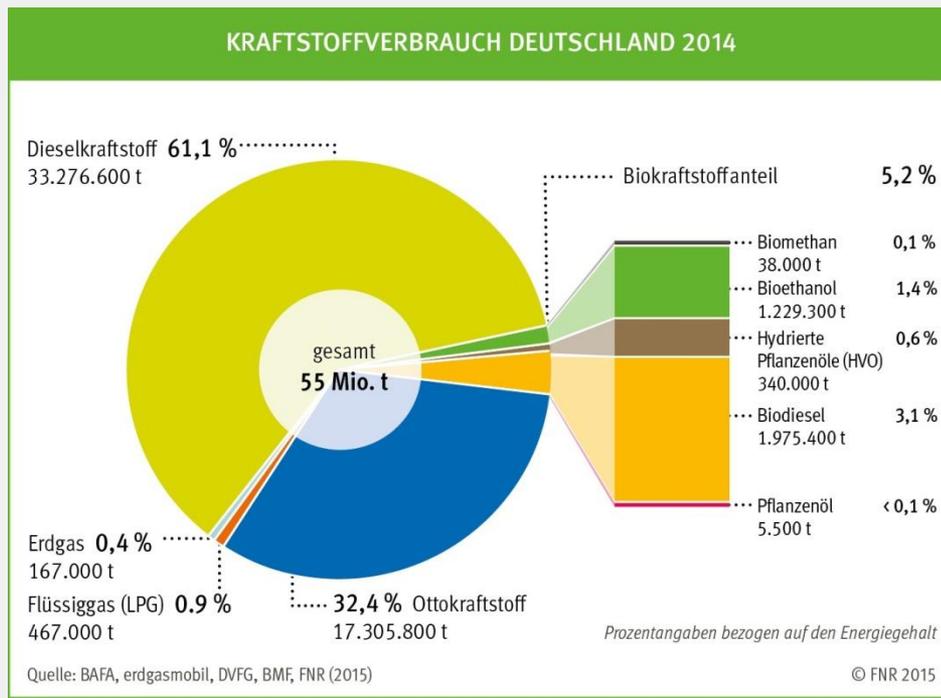
Anschlussleistung einer Zapfsäule entspricht 27 MW

Bei etwa 14.000 Tankstellen mit durchschnittlich 6 Zapfsäule ergibt sich eine Gesamtanschlussleistung aller Tankstellen in Deutschland von:

$$14.000 \times 6 \times 27 \text{ MW} = \mathbf{2.268 \text{ GW}}$$

Wollte man nach einer kompletten Umstellung auf alternative Antriebe mit einem vergleichbarem Komfort Energie auf die Fahrzeuge übertragen, so würde dies selbst unter Berücksichtigung eines deutlich höheren Wirkungsgrades eine Anschlussleistung von mind. **600 GW** erfordern.

Hingegen beträgt die gesamte installierte elektrische Leistung in Deutschland laut Netzagentur zur Zeit nur etwa **190 GW!**



Energiemenge des jährlichen Kraftstoffverbrauchs in Deutschland etwa:

$$55 \text{ Mrd. kg} \times 12 \text{ kWh/kg} = \mathbf{660 \text{ TWh}}$$

Unter Berücksichtigung des höheren Wirkungsgrades von Fahrzeugen mit alternativen Antrieben würden bspw. nur noch etwa **165 TWh** benötigt (grobe Schätzung).

Hingegen beträgt die Bruttostromerzeugung in Deutschland zurzeit etwa **614 TWh** jährlich.

### Schlussfolgerungen:

Bei Umstellung aller Kraftfahrzeuge auf alternative Antriebe – insbesondere mit batteriegestützten Elektronantrieben – wäre eine Schnellladung nach den heutigen Maßstäben für einen Betankungsvorgang ausgeschlossen.

Hingegen ist eine leistungärmere, d.h. langsamere Bereitstellung von elektr. Energie selbst bei kompletter Umstellung aller Fahrzeuge auf Elektroantrieb bei vergleichsweise geringen Investitionen in die Infrastruktur möglich.

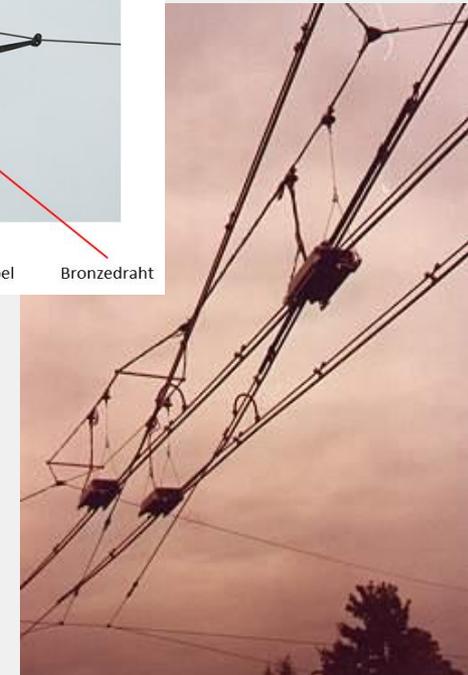
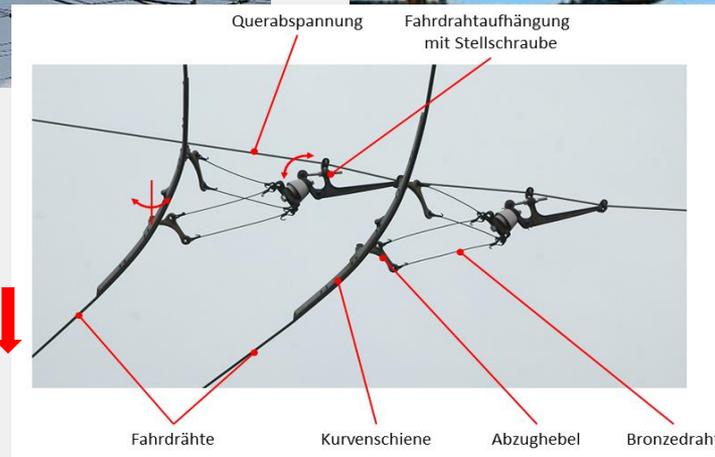
→ **lange Ladezeiten (z.B. über Nacht) oder Fahren unter „Draht“**



Solaris Trollino 18AC eingesetzt ab 2010 bei der Barnimer Busgesellschaft in Eberswalde

Trolleybus + Batteriepufferspeicher + automatisiertes Andrahtsystem  
= modernes kostengünstiges Transportmittel des ÖPNV





## Kosten von Oberleitungssystemen

mögliche Einsparungen bei  
partieller Oberleitung

zweispurige Fahrleitung je km	210.000 €	↓
Kreuzung	<del>20.700 €</del>	
Auslaufweiche (elektrisch)	<del>55.000 €</del>	
Einlaufweiche (mechanisch)	<del>20.100 €</del>	
Streckentrenner	<del>14.800 €</del>	
Speisepunkt	6.400 €	
Fahrleitungsmast	3.500 €	
Gleichrichterstation	430.000 €	



Diese Idee, die Energiezufuhr zu den Trolleybussen nicht durchgängig, sondern nur partiell durchzuführen, ist nicht neu. Sie wurde bspw. schon im sog. Duo-Bus Mitte der 70er Jahre in Ansätzen realisiert.

Die Zeit war jedoch im technischen, ökonomischen und politischen Sinne noch nicht reif, um diese auch aus heutiger Sicht immer noch bemerkenswerte Entwicklung des Duo-Busses zum Erfolg zu führen.



Unter Beachtung der heutigen technischen Möglichkeiten drängt sich eine Wiederaufnahme und Fortführung der damaligen Entwicklung regelrecht auf.

## Auslegeschrift 24 60 843

①  
②  
③  
④

Aktenzeichen: P 24 60 843.3-32  
Anmeldetag: 21. 12. 74  
Offenlegungstag: 1. 7. 76  
Bekanntmachungstag: 30. 9. 76

⑤

Unionspriorität:

⑥ ⑦ ⑧

⑨

Bezeichnung: Stangenstromabnehmer für gleislose, elektrisch angetriebene Fahrzeuge

⑩

Anmelder: Dornier System GmbH, 7990 Friedrichshafen

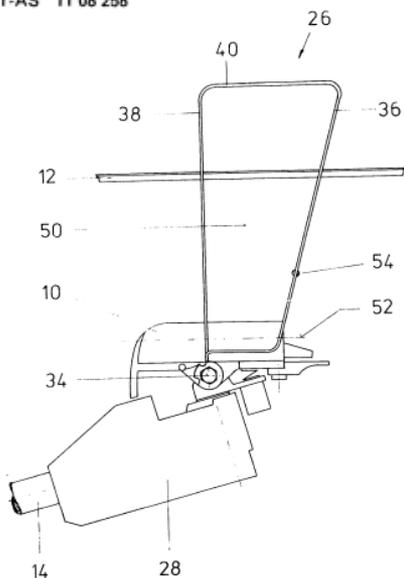
⑪

Erfinder: Dietrich, Eckard, Dipl.-Ing.; Fischer, Klaus-Peter; Fritzsche, Albert, Dr.-Ing., 7778 Markdorf; Seidl, Ernst, 7990 Friedrichshafen; Wuch, Peter, 7778 Markdorf

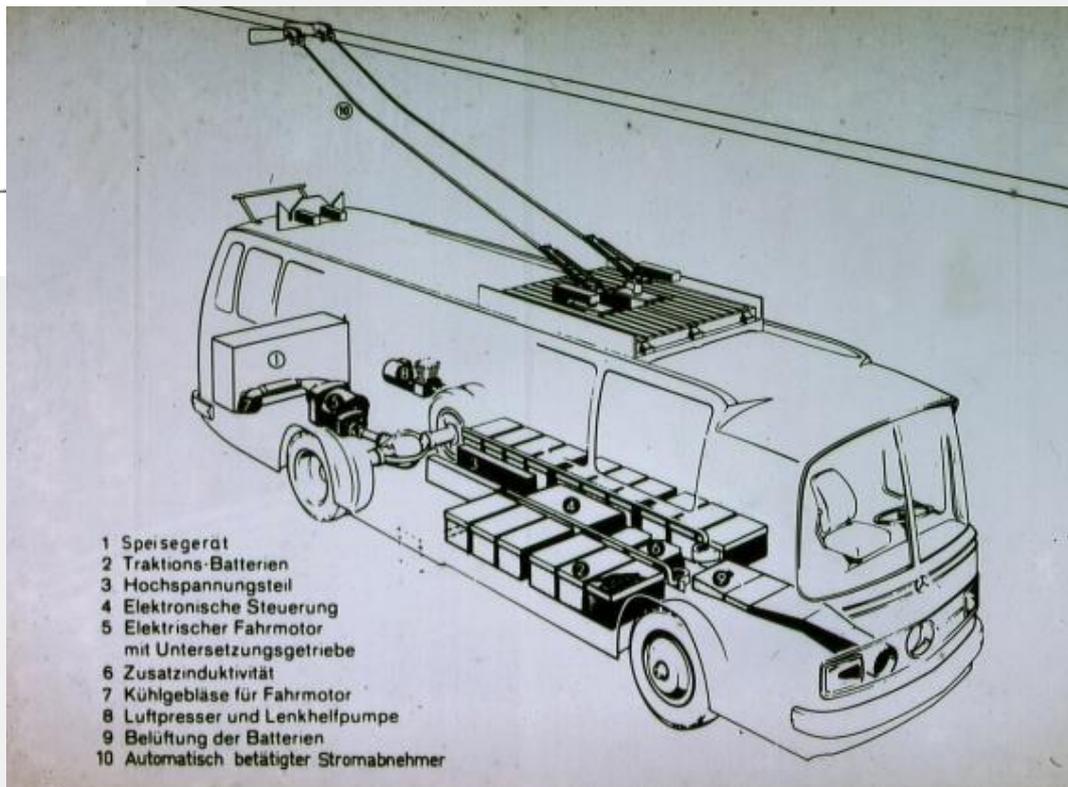
⑫

Für die Beurteilung der Patentfähigkeit in Betracht gezogene Druckschriften:

DT-PS 3 36 812  
DT-AS 11 08 258



Patent der Dornier System GmbH 1974 mit der entscheidenden Idee, wie die Schleifschuhe treffsicher an der Oberleitung angedrahtet werden können.

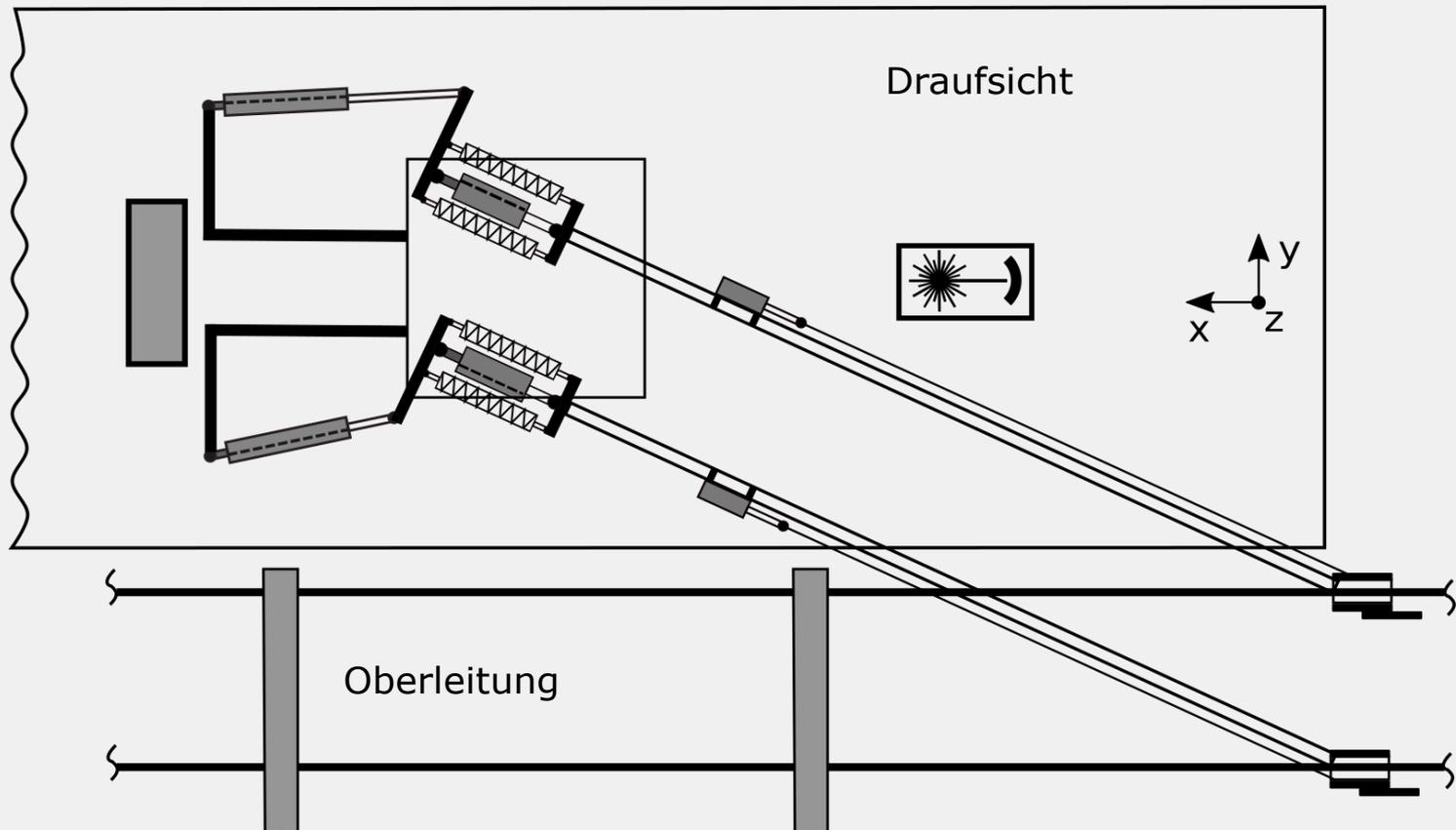


- 1 Speisegerät
- 2 Traktions-Batterien
- 3 Hochspannungsteil
- 4 Elektronische Steuerung
- 5 Elektrischer Fahrmotor mit Untersetzungsgetriebe
- 6 Zusatzinduktivität
- 7 Kühlgebläse für Fahrmotor
- 8 Luftpressor und Lenkhilfpumpe
- 9 Belüftung der Batterien
- 10 Automatisch betätigter Stromabnehmer



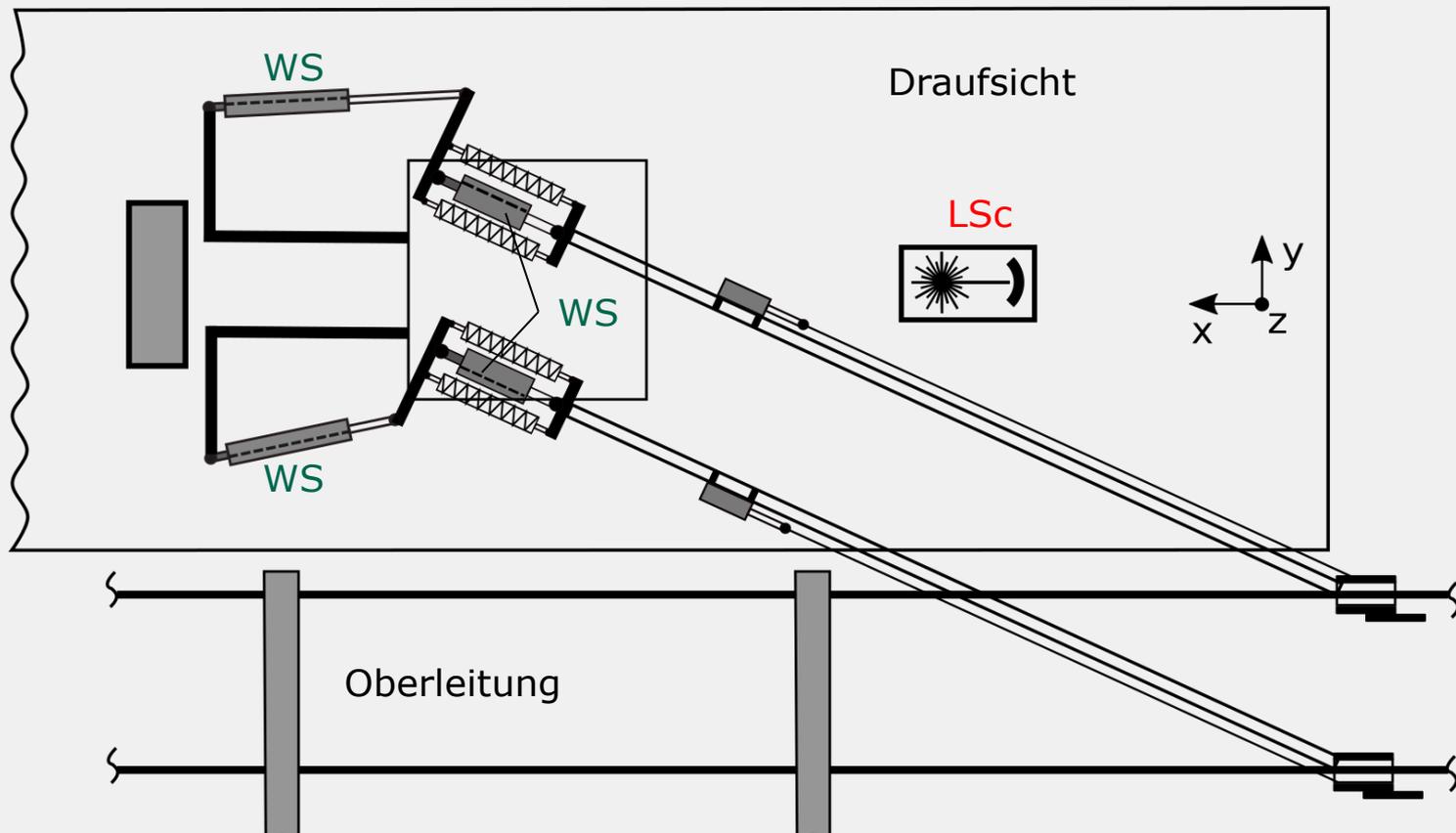
## Konzept der Westsächsischen Hochschule Zwickau

1. Sensoren
2. Aktuatoren
3. elektronische und pneumatische Steuerung



## 1. Hauptsensoren

- Laserscanner zum Erfassen der Oberleitung auf größere Distanz (LSc)
- Wegsensoren an den pneumatischen Zylindern zum Erfassen der Kolbenposition (WS)



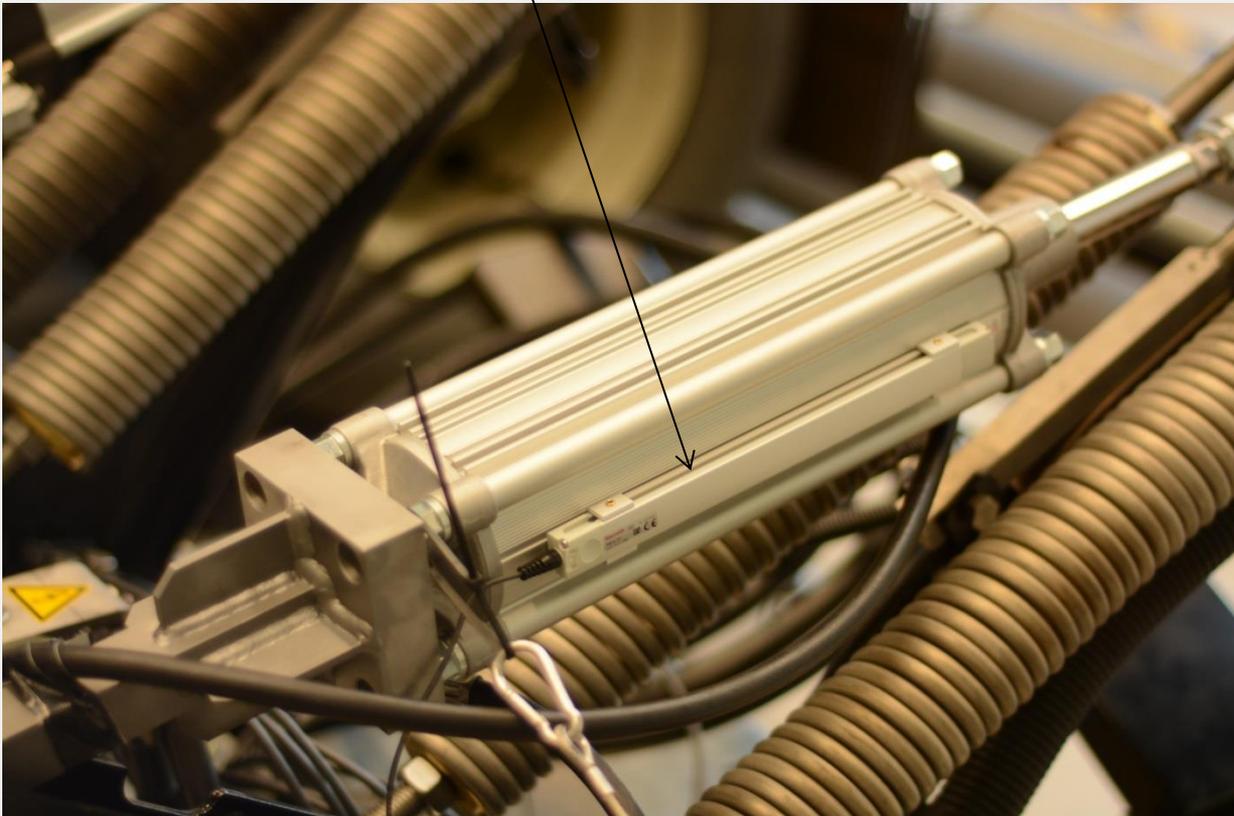
## 1. Hauptsensoren

- Laserscanner zum Erfassen der Oberleitung auf größere Distanz (LSc)  
(Typ: SICK LMS511)



## 1. Hauptsensoren

- Laserscanner zum Erfassen der Oberleitung auf größere Distanz (LSc)
- Wegsensoren an den pneumatischen Zylindern zum Erfassen der Kolbenposition (WS)





## 1. Hauptsensoren

- Laserscanner
- Wegsensoren



- Bewegungssensor

## und zusätzliche Sensoren zur Positionsbestimmung des Fahrzeuges



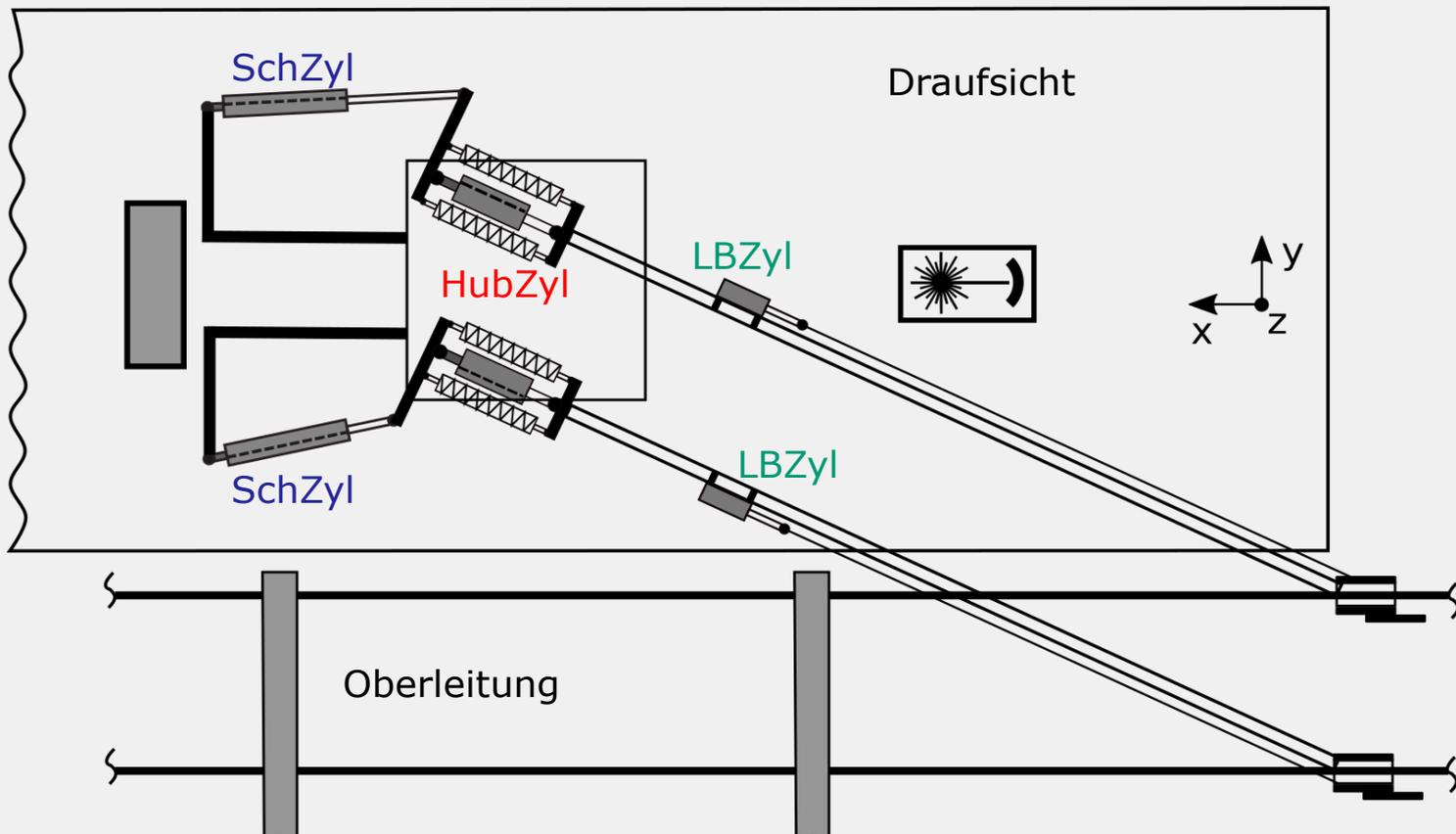
- Diff.GPS Modul

sowie 2 x 4 Ultraschallsensoren zum Überwachen des Umfeldes der Stromabnehmerstangen (seitlich)

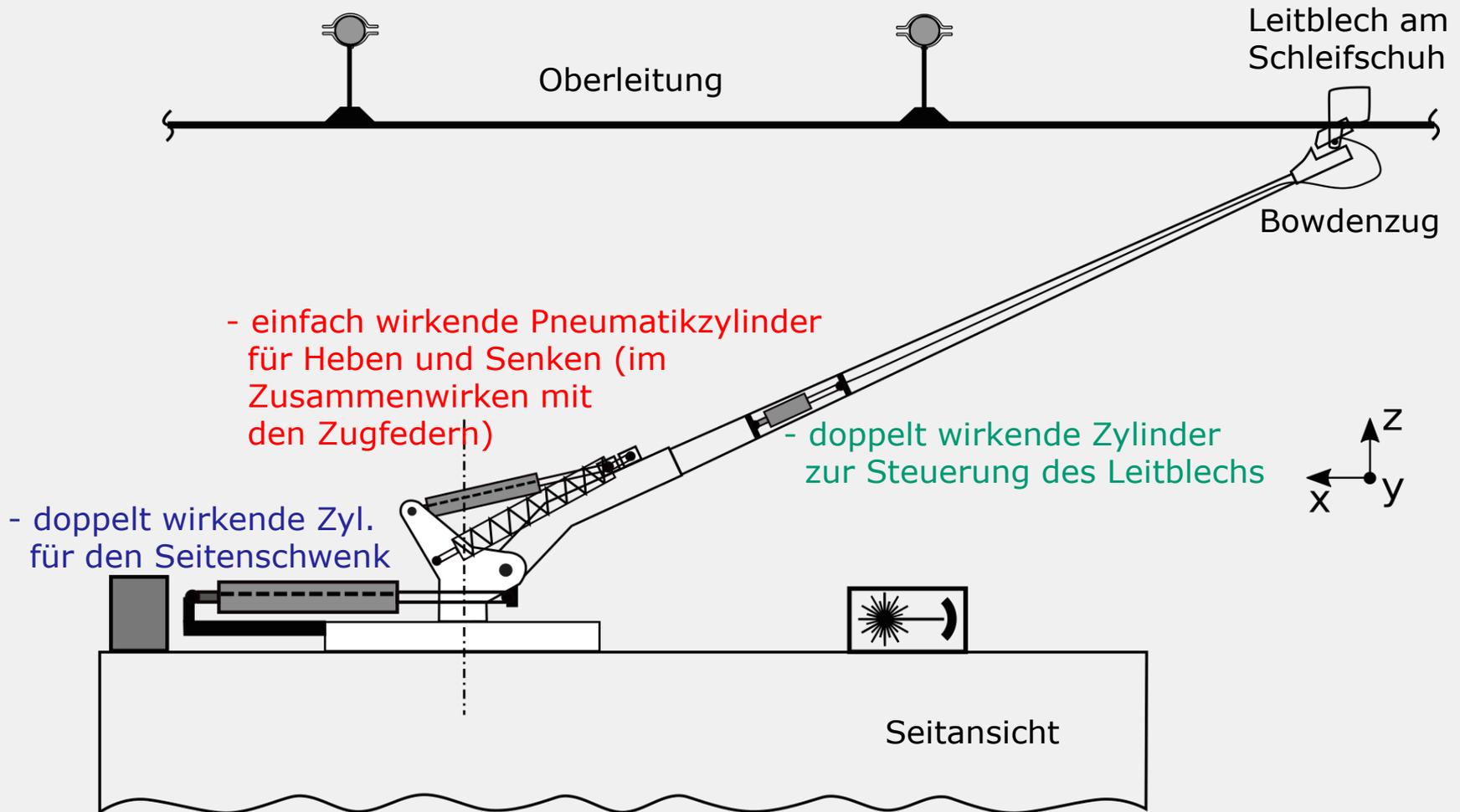


## 2. Stellglieder

- einfach wirkende Pneumatikzylinder für Heben und Senken (HubZyl) (im Zusammenwirken mit den Zugfedern)
- doppelt wirkende Zylinder für den Seitenschwenk (SchwZyl)
- doppelt wirkende Zylinder zur Steuerung des Leitblechs (LBZyl)



## 2. Stellglieder





## 2. Stellglieder

- doppelt wirkende Zylinder  
für den Seitenschwenk

- einfach wirkende Pneumatikzylinder  
für Heben und Senken





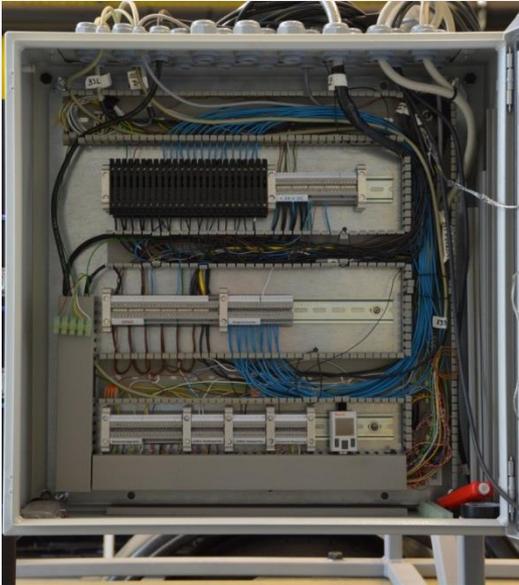
## 2. Stellglieder

### Leitblech in den beiden Positionen

- doppelt wirkender Zylinder zur Steuerung des Leitblechs



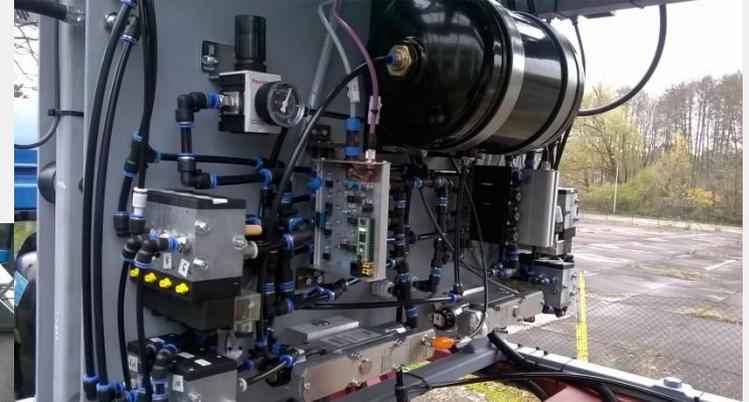
### 3. elektronische und pneumatische Steuerung



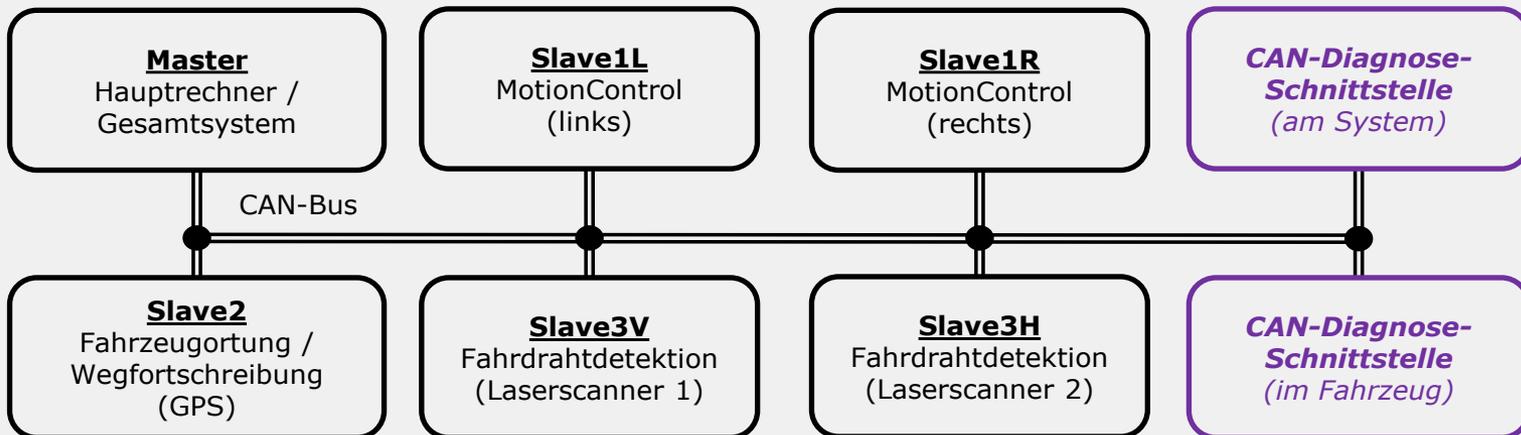
Schaltschrank



Hauptrechner (beim Debuggen)

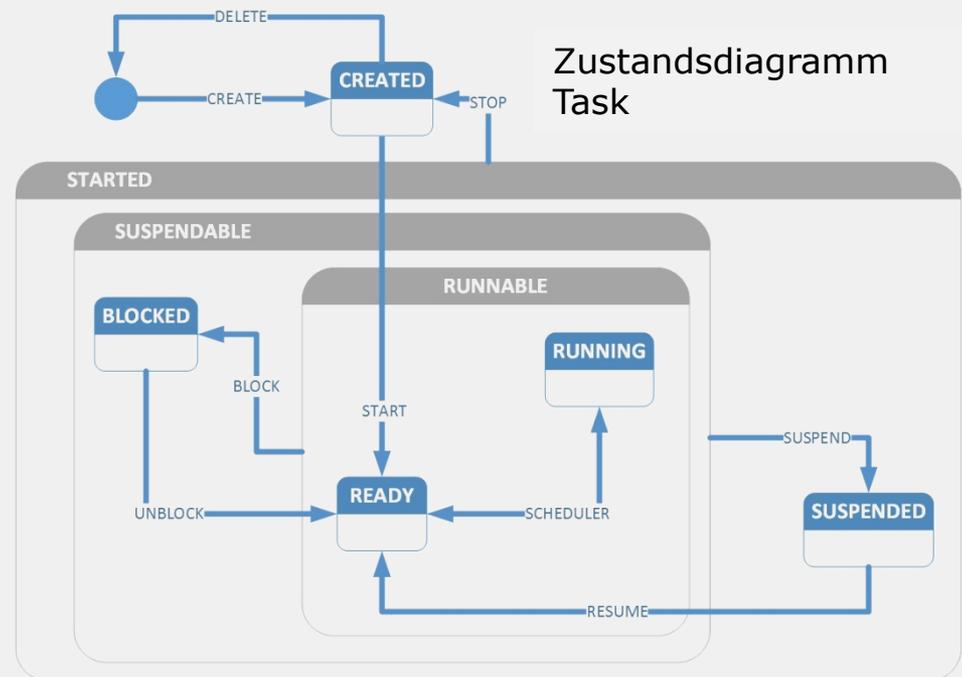
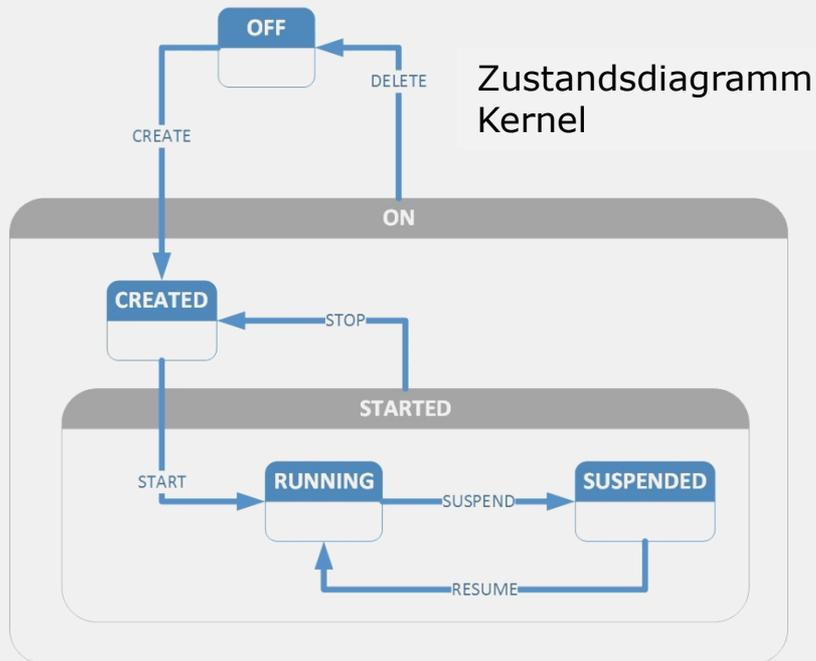


Ventilsteuerung  
mit geöffnetem  
Slave-Rechner



### 3. elektronische und pneumatische Steuerung

- Entwicklung eines eigenen robusten präemptiven Multitasking-Echtzeitbetriebssystems für die eingesetzten Mikrocontroller (Infineon TriCore und Microchip PIC32).



Das Betriebssystem ist aufgrund seiner abstrakten Schichten für die hardware-spezifischen Funktionen prinzipiell auf jedem Rechner lauffähig.



Am 11. und 12. November wurden die ersten Versuche an einer realen Oberleitung in Eberswalde durchgeführt.

Wir danken den Kollegen der Barnimer Bus Gesellschaft von Herzen für ihre großartige Unterstützung.

Video 1: Automatisches Andrahten rechts der Oberleitung (Eberswalde 11.11.2015)

Video 2: Fahrt an Oberleitung mit neu entwickelten Stromabnehmerköpfen

Inzwischen haben wir an der Westsächsischen Hochschule Zwickau eine eigene kleine Versuchsanlage installiert.

Video 3: Automatisches Andrahten links der Oberleitung (Zwickau 29.01.2016)

Video 4: Automatisches Andrahten bei schräger Ausrichtung des Fahrzeuges zur Oberleitung (Zwickau 04.02.2016)

nächste Aufgaben (bis zur Beendigung des Förderthemas am 30.6.2016):

An- und Abdrahten nach GPS-Koordinaten und Inbetriebnahme der Sensoren für eine Wegfortschreibung bei Störung des GPS-Empfangs.

nächster notwendiger Schritt (nach offizieller Beendigung des Förderthemas):

Überführung des Prototyps des automatisierten Andrahtsystems in eine serientaugliche Lösung.



**Das Team des Instituts für Energie und Verkehr dankt für Ihre Aufmerksamkeit.**



## Kontakt:

Westsächsische Hochschule Zwickau  
Fakultät Kraftfahrzeugtechnik  
Prof. Dr.-Ing. Matthias Thein  
Postfach 201037  
08012 Zwickau

Tel. +49 (0) 375 536 3863  
Fax +49 (0) 375 536 3393  
E-Mail: [Matthias.Thein@fh-zwickau.de](mailto:Matthias.Thein@fh-zwickau.de)

[www.fh-zwickau.de/Skorpion](http://www.fh-zwickau.de/Skorpion)