

# Regionalverkehr Köln GmbH

Wir bewegen die Region

## „Der Brennstoffzellen-Bus: Die Alternative zum E-Bus?“



Jens Conrad, Fachbereichsleiter

Freiburg, 13. März 2019



Regionalverkehr Köln GmbH

## Die Brennstoffzelle

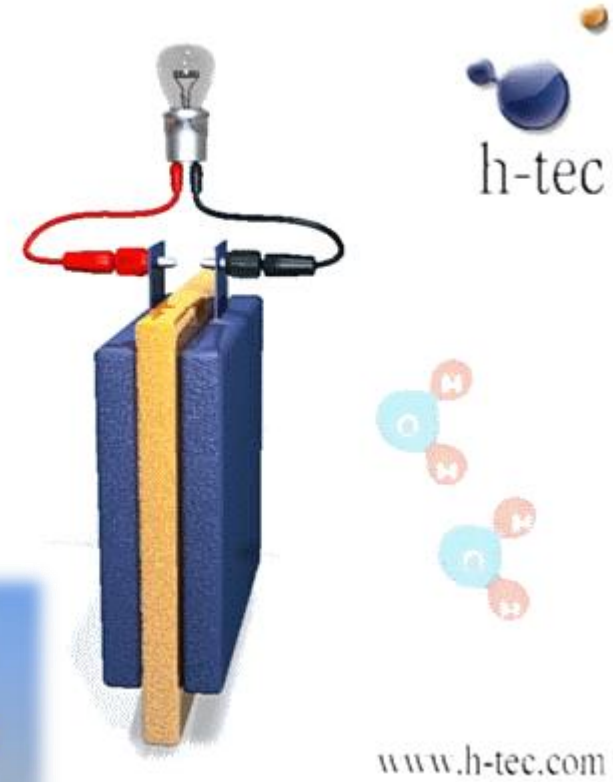
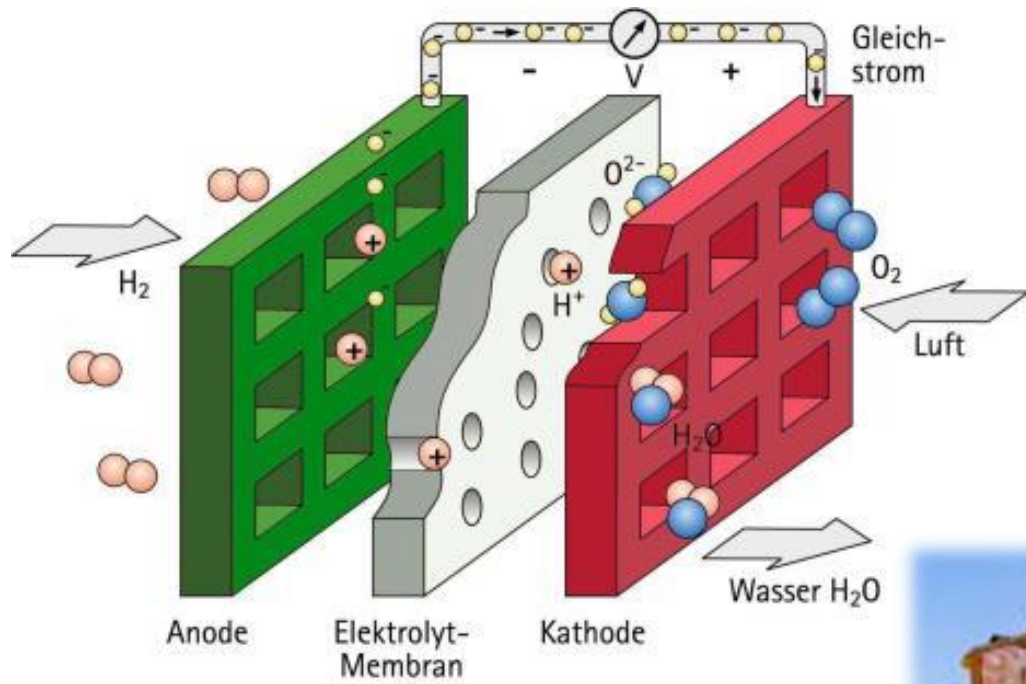
- Funktionsweise
- Was macht die Technologie für den Fahrzeugeinsatz interessant?

## Einsatz von Brennstoffzellen-Bussen im ÖPNV

- Praxiserfahrungen bei der RVK

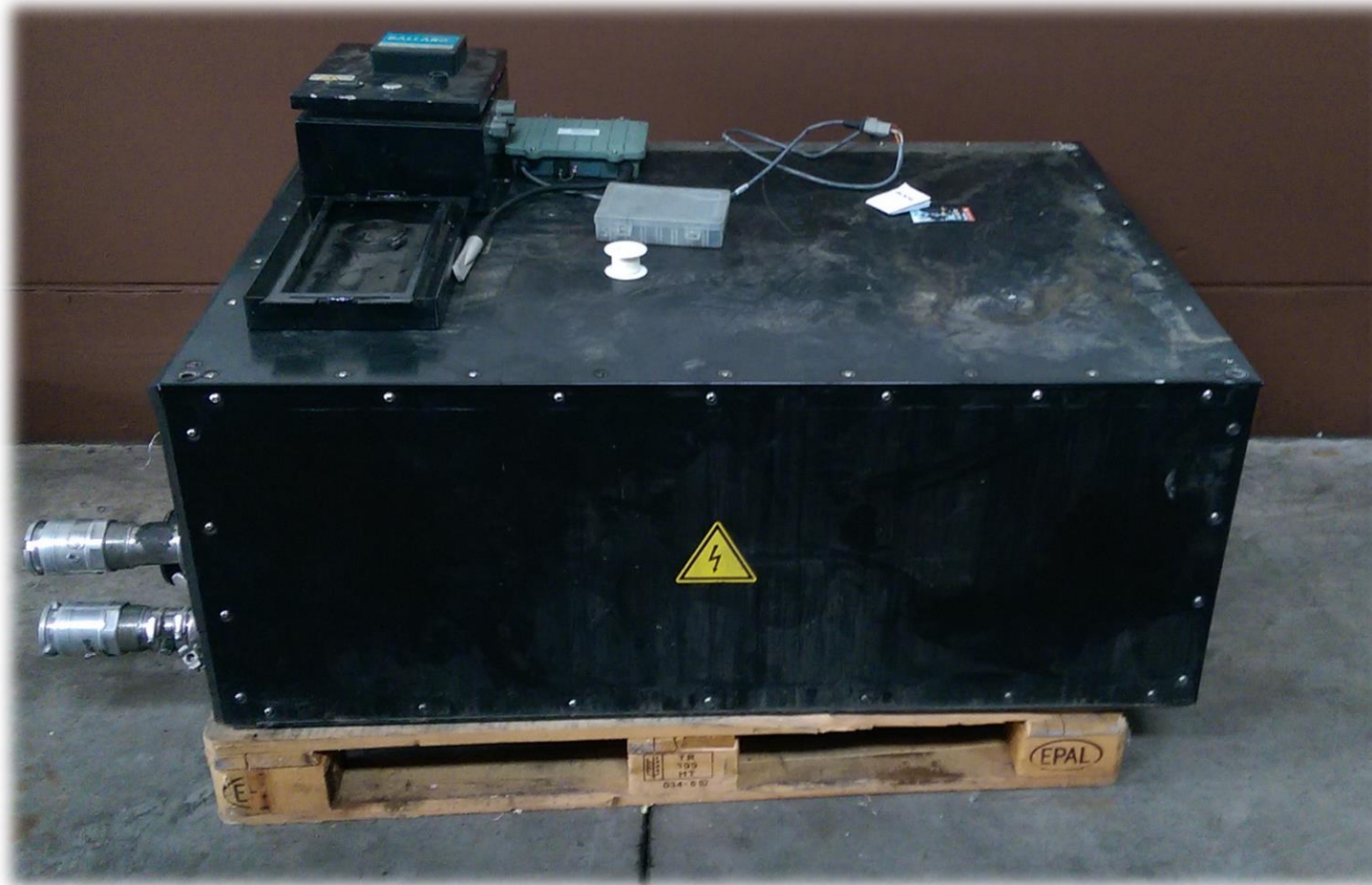
## Wasserstoff als Energieträger

# Die Brennstoffzelle



Wir bewegen die Region

# Die Brennstoffzelle



150 kW Brennstoffzelle von Ballard

# Warum Brennstoffzellen in der Mobilität?

Ein Brennstoffzellen-Streetscooter werde zwar teurer als die bisherigen Modelle, **rechne sich** aber wegen der **höheren Reichweite** schnell. „Wir haben das Thema Wirtschaftlichkeit klar im Blick.“

**Prof. Kampker**, Streetscooter, *bizzenergy* 25.1.18

„Die Brennstoffzelle ist die **ehrliche Lösung** der Elektromobilität“

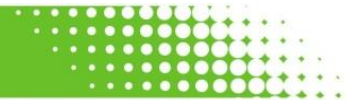
**Prof. Schuh**, e.GO mobile AG, *Automobilwoche* 20.1.18

„Stattdessen **glauben 78 Prozent** der Befragten (Automanager), dass **Fahrzeuge mit Brennstoffzelle den Durchbruch** für emissionsfreien Transport darstellen werden.“

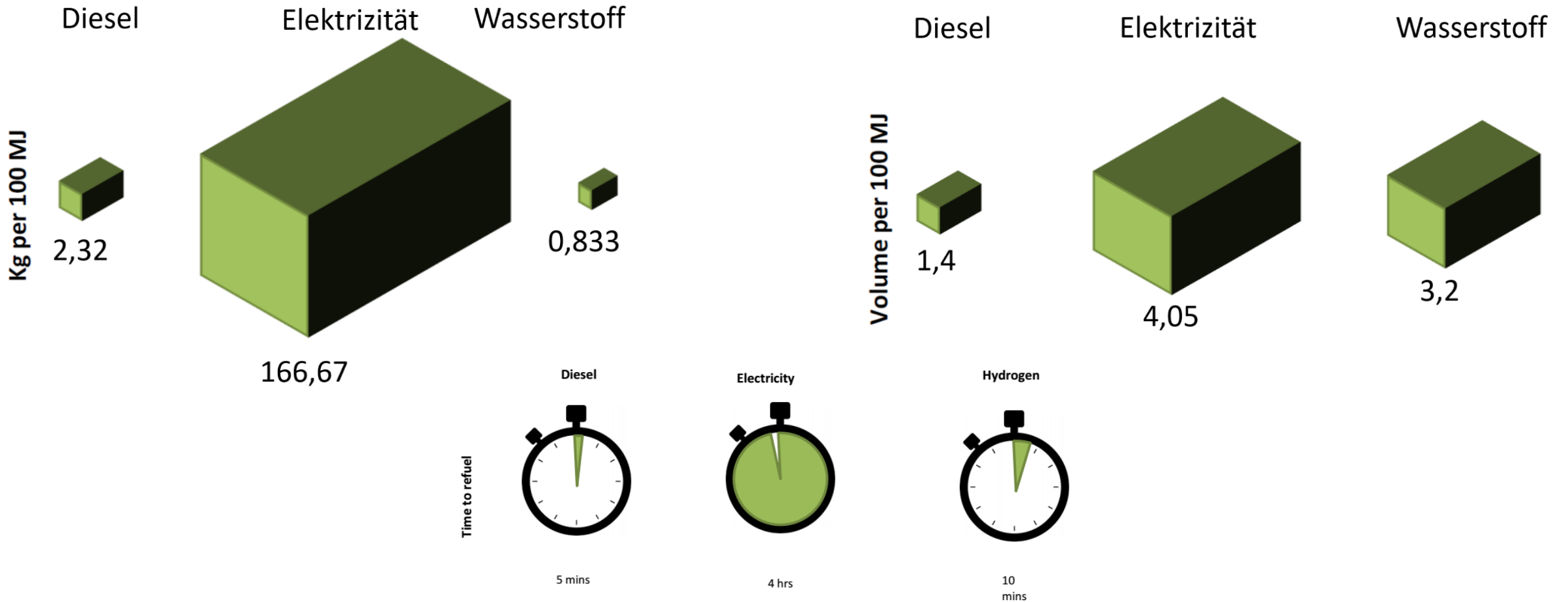
**KPMG Studie**, Januar 2018

„**Erst die Brennstoffzelle** wird das Elektroauto zu einem vollwertigen Antrieb ergänzen!“

**Prof. von Unwerth**, Lehrstuhl für Alternative Antriebe TU Dresden, *TAZ* 23.1.18

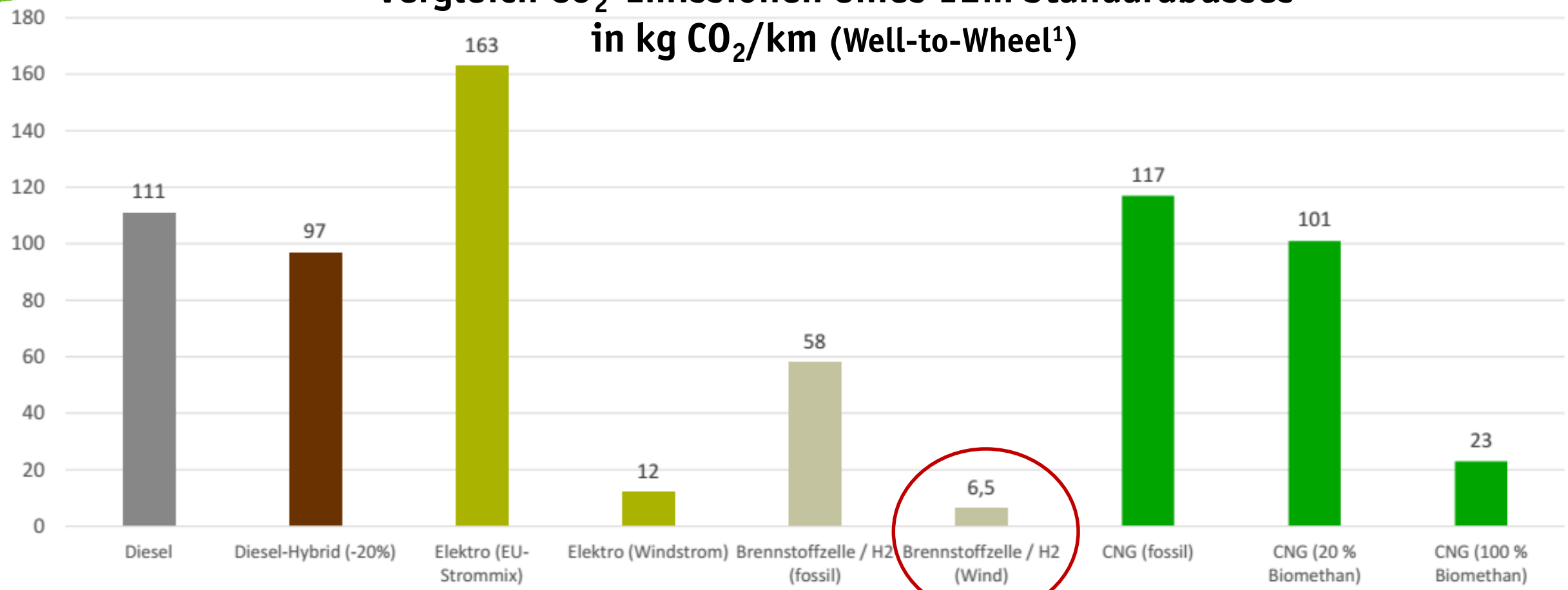


## Was macht Wasserstoff für mobilen Einsatz attraktiv?



# Emissionen verschiedener Antriebsarten

## Vergleich CO<sub>2</sub>-Emissionen eines 12m Standardbusses in kg CO<sub>2</sub>/km (Well-to-Wheel<sup>1</sup>)



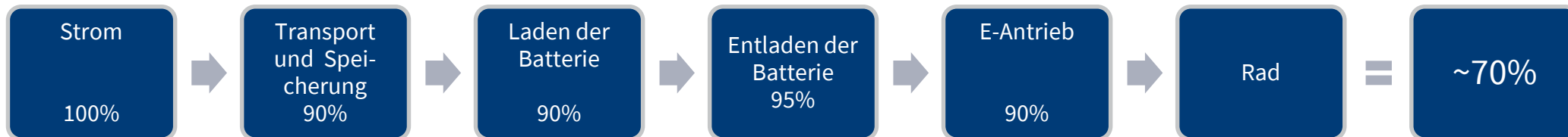
<sup>1</sup>Well-to-Wheel („vom Bohrloch bis zum Rad“): Betrachtung, bei der die gesamte Wirkkette für die Fortbewegung von der Gewinnung und Bereitstellung der Antriebsenergie bis zur Umwandlung in kinetische Energie untersucht wird.

# Vergleich BZ-Bus zu Batterie-Bus

**Power-to-Wheel Wirkungsgrad BZ-Bus – Nutzung von Elektrolyse-H<sub>2</sub>:**



**Power-to-Wheel Wirkungsgrad Batteriebus – Direkte Nutzung von Strom:**



**Faktor:  
2,3**





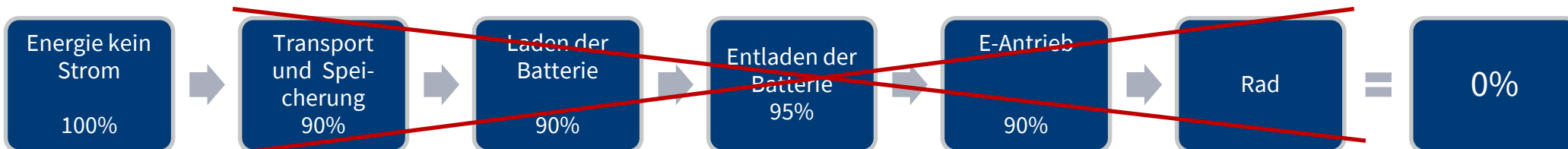
# Vergleich BZ-Bus zu Batterie-Bus

Power-to-Wheel Wirkungsgrad BZ-Bus – Nutzung von Elektrolyse-H<sub>2</sub>:

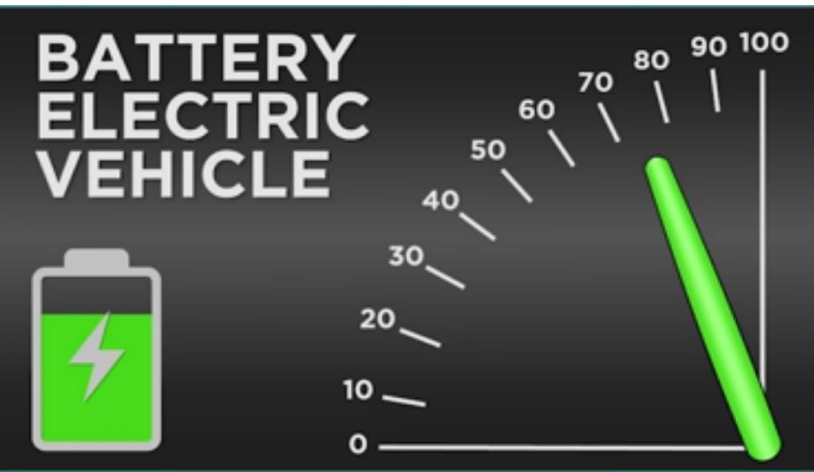


**Ausgangsenergie kein Strom, sondern z. B. Nebenproduktwasserstoff aus Chemieindustrie oder Wasserstoff aus Biomasse**

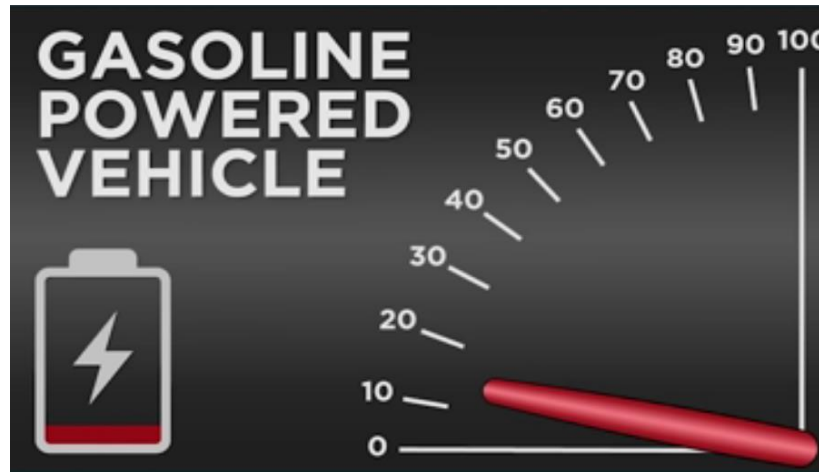
Power-to-Wheel Wirkungsgrad Batteriebus – Direkte Nutzung von Strom:



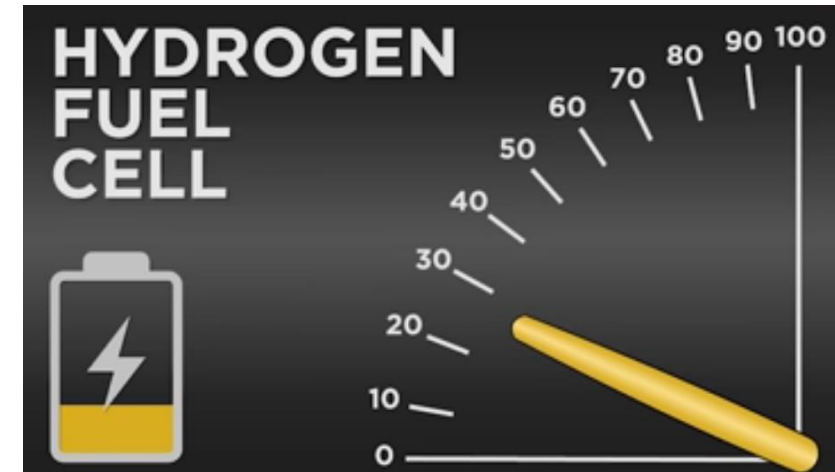
# Vergleich Wirkungsgerade



ca. 70%



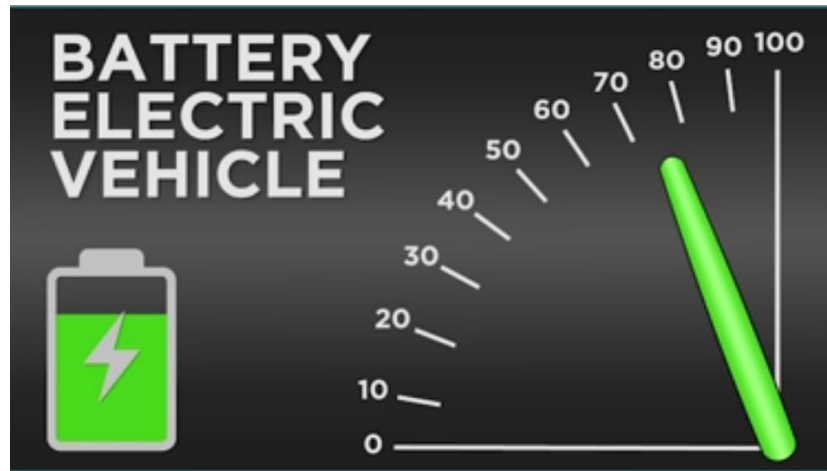
ca. 14%



ca. 30%

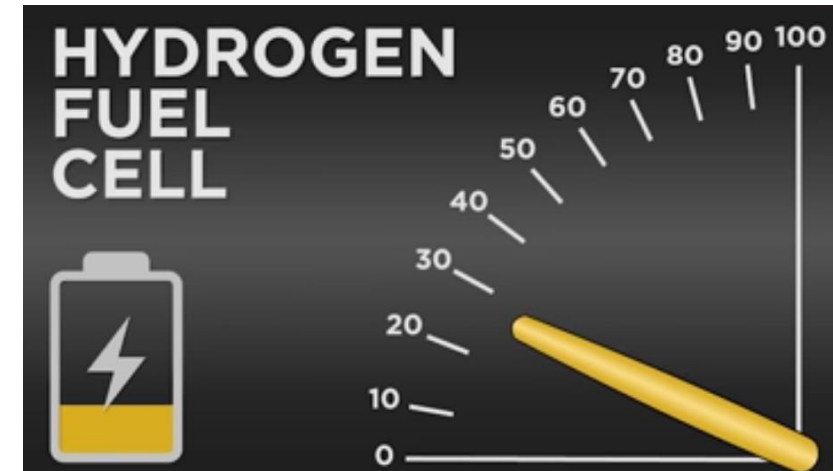
**Power-to-Wheel Betrachtung**

# Vergleich Wirkungsgerade



ca. 70%

vs.  
Faktor 2,3



ca. 30%

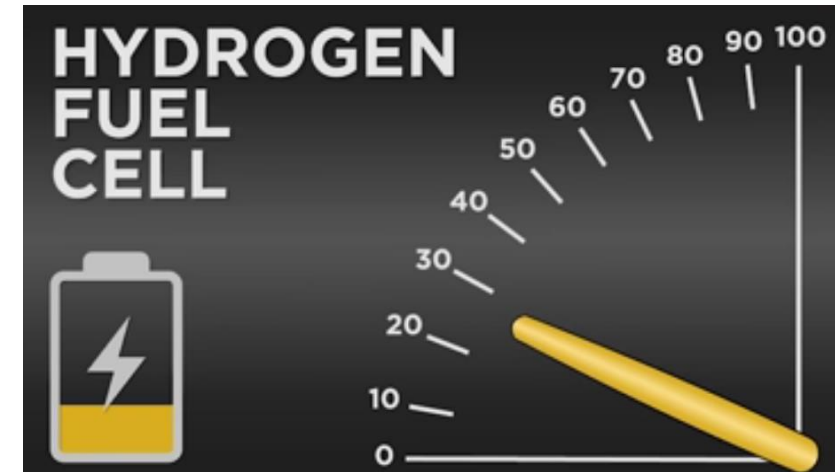
Power-to-Wheel Betrachtung

# Vergleich Wirkungsgerade



ca. 14%

vs.  
**Faktor 2,1**



ca. 30%

**Power-to-Wheel Betrachtung**

# Vergleich Wirkungsgerade

Oberleitungsbusse haben einen deutlich besseren Wirkungsgrad als batterieelektrische Busse



Wir bewegen die Region

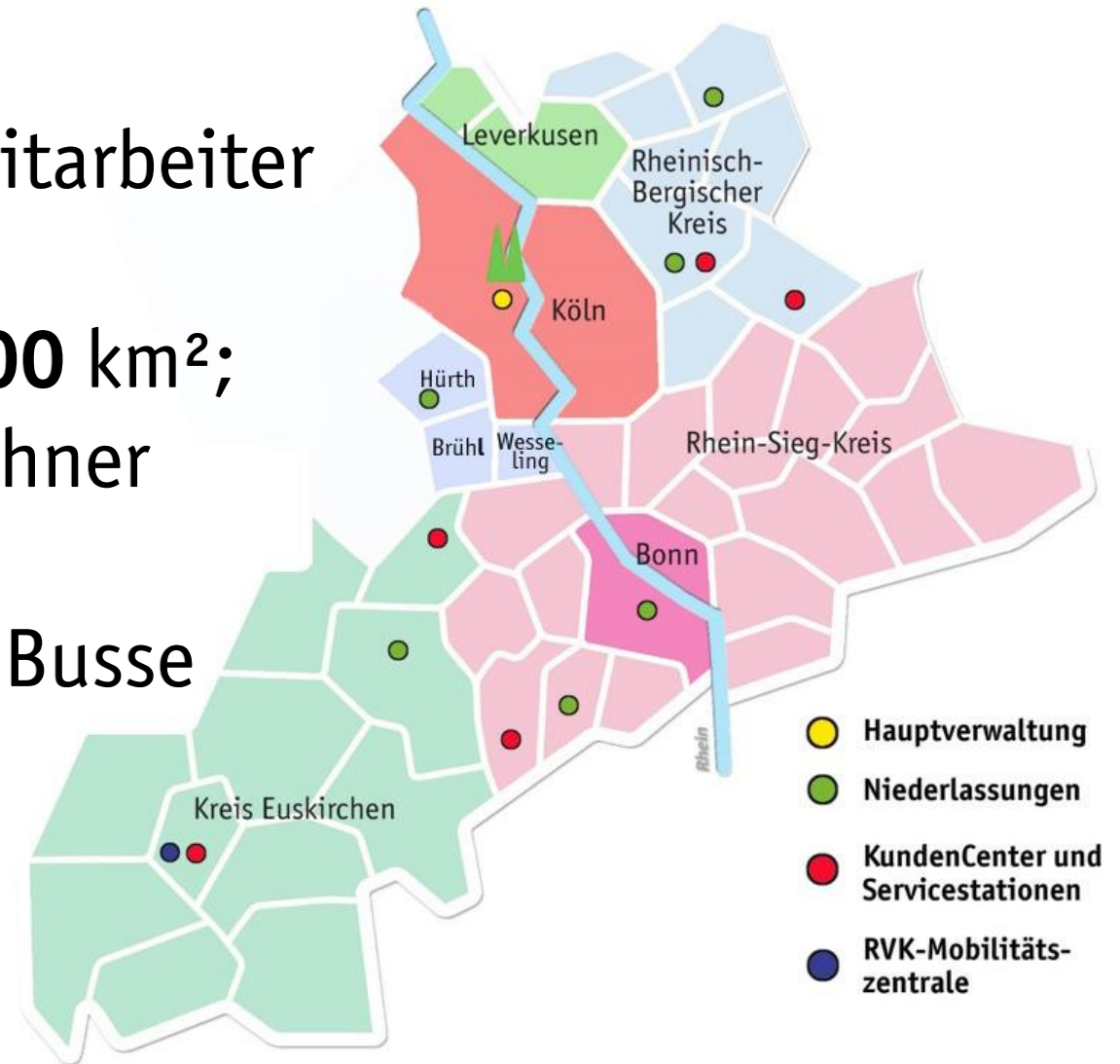
**Wirkungsgrad nicht das wichtigste  
Entscheidungskriterium!**

**Power-to-Wheel Betrachtung**

# Der Brennstoffzellen-Bus: Die Alternative zum E-Bus? Praxiserfahrungen bei der Regionalverkehr Köln GmbH



- Beschäftigte: ca. **780** Mitarbeiter
- Verkehrsgebiet: ca. **3.500 km<sup>2</sup>**;  
mehr als **2,8** Mio. Einwohner
- Fahrzeugflotte: ca. **550** Busse  
(**298** eigene Busse)





Selbstverpflichtung:

**Spätestens ab 2030 nur noch Beschaffung von Fahrzeugen mit klimaneutralen Antriebsformen.**

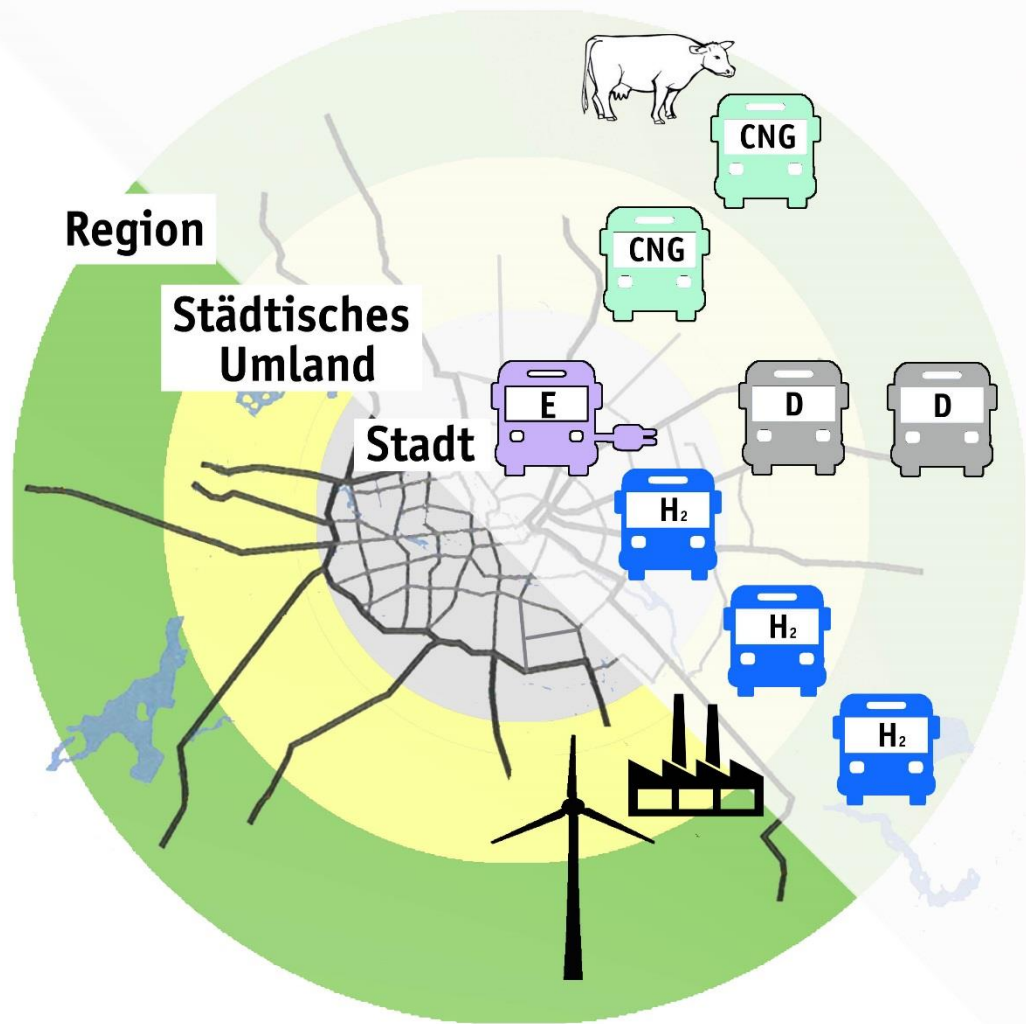
Je nach Region technologische Schwerpunkte:

- **Brennstoffzellen-Hybridbusse**  
(Kreise: Rhein-Berg, Rhein-Sieg  
Städte: Hürth, Brühl, Wesseling, Köln)
- **CNG-Busse mit Bio-Erdgas**  
(Kreis und Stadt Euskirchen)



**NULL**  
Emission

# Verschiedene Antriebsarten



Wir bewegen die Region

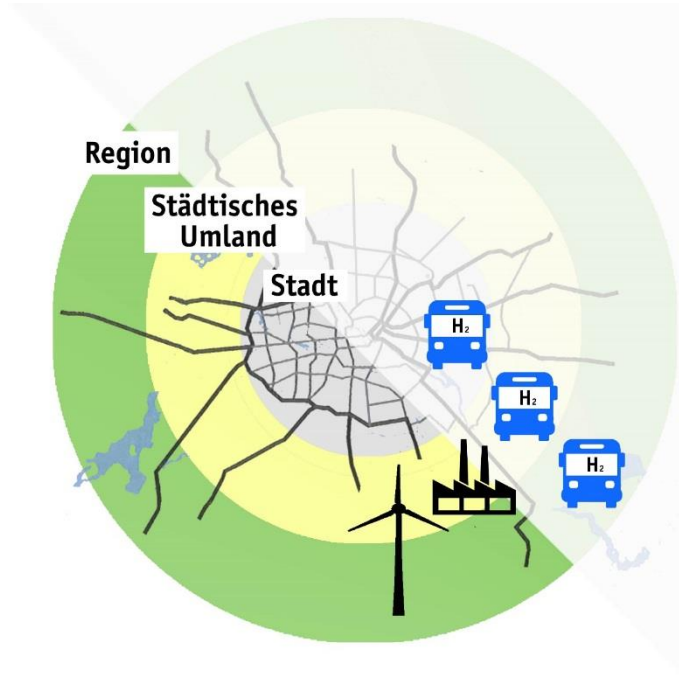
Quelle: Eigener Entwurf

## Vorteile Brennstoffzellen-Busse

- Reichweite
- Betankungszeit
- Flexibilität
- (lokal) keine Emissionen



**NULL**  
Emission



## Die Brennstoffzellen-Hybridbusse der RVK



Im Linienbetrieb bis Ende 2016



## A330 FC von Van Hool – Ein weiterer Schritt zur Serienreife

- ➔ Im regulären Linienverkehr seit 7. Mai 2014
- ➔ Energiespeicher: 24 kWh LTO-Batterie
- ➔ Gefahrene Kilometer ca. 290.000 km



Hydrogen storage system

Batteries

Drive cooling

Ca. 90 % der Komponenten von batterieelektrischen Bussen und Brennstoffzellen-Bussen sind identisch

Resistor

- BZ-System: 150 kW (Ballard)
- Batteriesystem: 100kW (LTO)
- Rekuperationssystem: Bremswiderst. (2 Einheiten, je 60kW)
- H<sub>2</sub>-Tanks: 8 Tanks @350 bar, 40 kg

Electric Motor

Fuel Cell

## Infrastruktur Wasserstoff

### Busbetankung

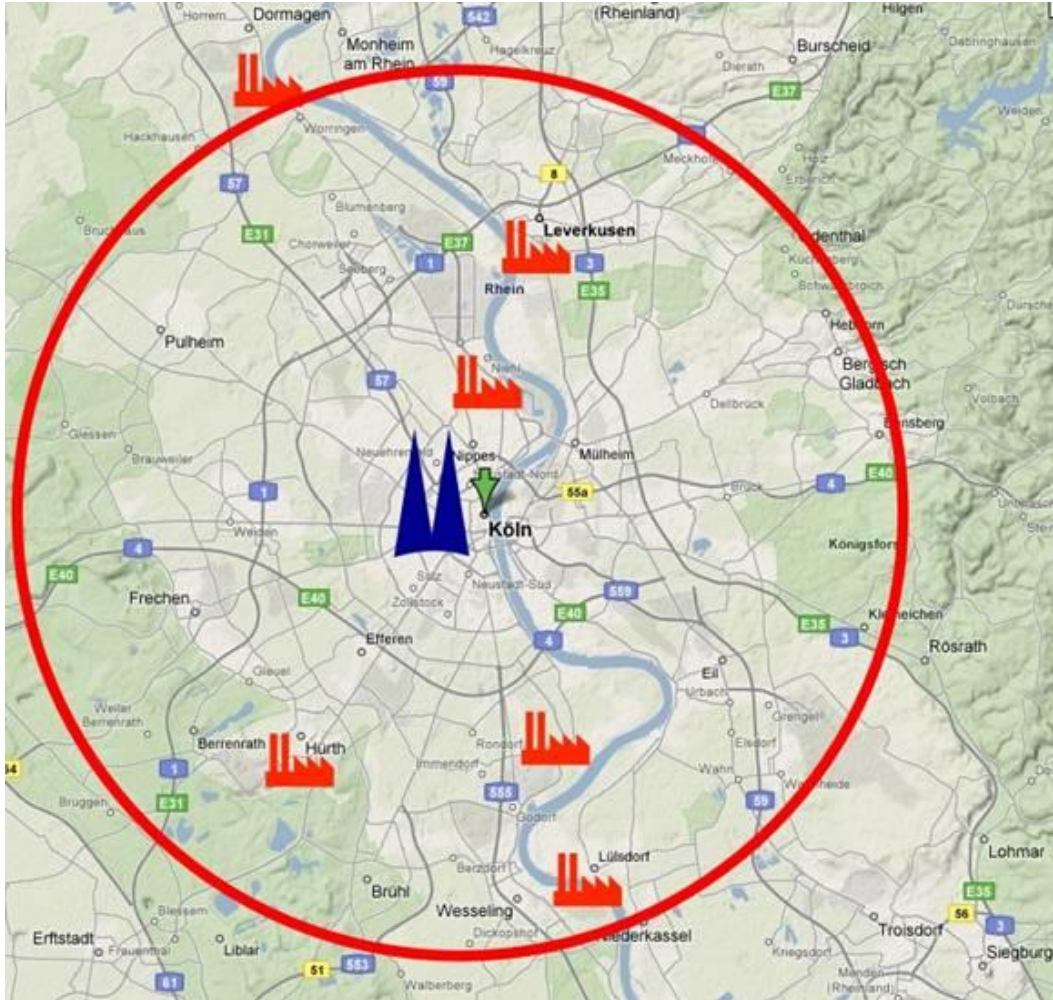


- ➔ Nutzung von Nebenproduktwasserstoff
- ➔ Betankungsdauer: < 10 min.
- ➔ Tankdruck: 350 bar



Wir bewegen die Region

## Infrastruktur Wasserstoff



- 20 Tonnen Wasserstoff pro Tag
- Reicht für die komplette regionale Busflotte (1000 Busse)



Wir bewegen die Region



Busbetankung

wasserstoff

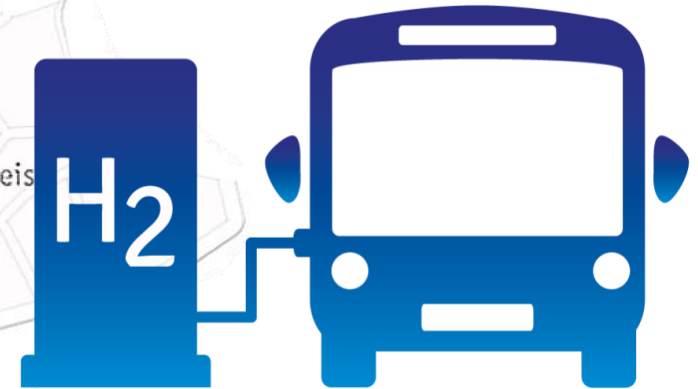


## 30 Brennstoffzellen-Hybridbusse

## 2 Wasserstofftankstellen



+





## Für die Region Köln

# Standorte der H2-Tankstellen

10 x  + 1 x 

5 x 



10 x  + 1 x 

5 x 

-  Hauptverwaltung
-  Niederlassungen
-  KundenCenter und Servicestationen
-  RVK-Mobilitätszentrale



Wir bewegen die Region

## Brennstoffzellen-Hybridbus-Flotte

Ausweitung der Flotte um  
**30 Busse**

**JIVE**



**ZERO EMISSION**



This project has received funding from the Fuel Cell and Hydrogen 2 Joint Undertaking under grant agreement No 735582. This Joint Undertaking receives support from the European Union's Horizon 2020 research and innovation programme, Hydrogen Europe and Hydrogen Europe research.



Gefördert durch:



Bundesministerium  
für Verkehr und  
digitale Infrastruktur

Koordiniert durch:

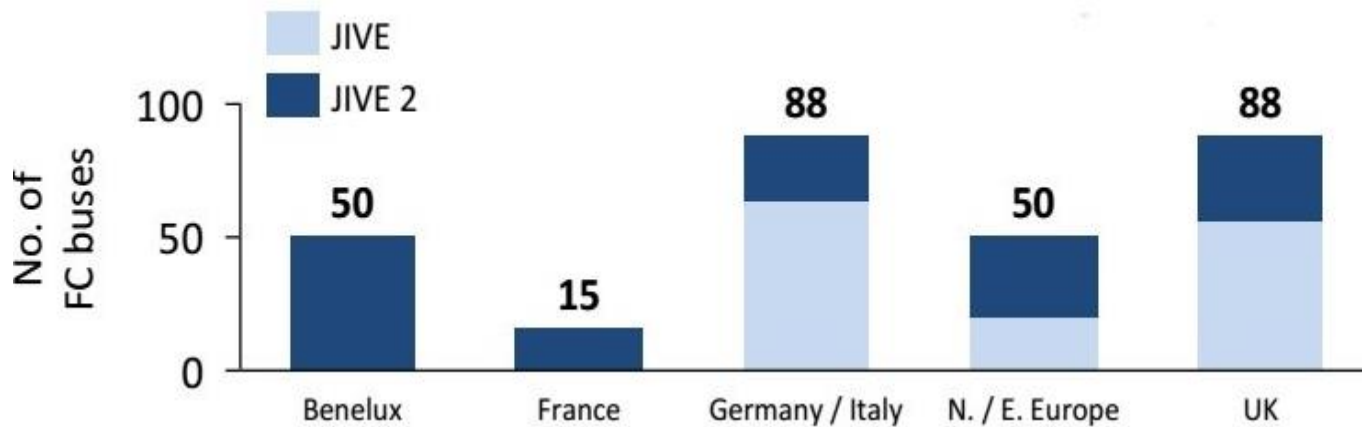


# Van Hool baut 40 Wasserstoffbusse für Kölner und Wuppertaler Verkehrsunternehmen



- 30 Busse für die Regionalverkehr Köln GmbH (RVK) und 10 Busse für die Wuppertal Stadtwerke (WSW)
- **Größter Auftrag aller Zeiten für Wasserstoffbusse in Europa**
- Auslieferung der neuen Fahrzeuge ab Frühjahr 2019
- Produktionsstandort Koningshooikt (Belgien) unterstreicht sein einzigartiges technologisches Know-how.

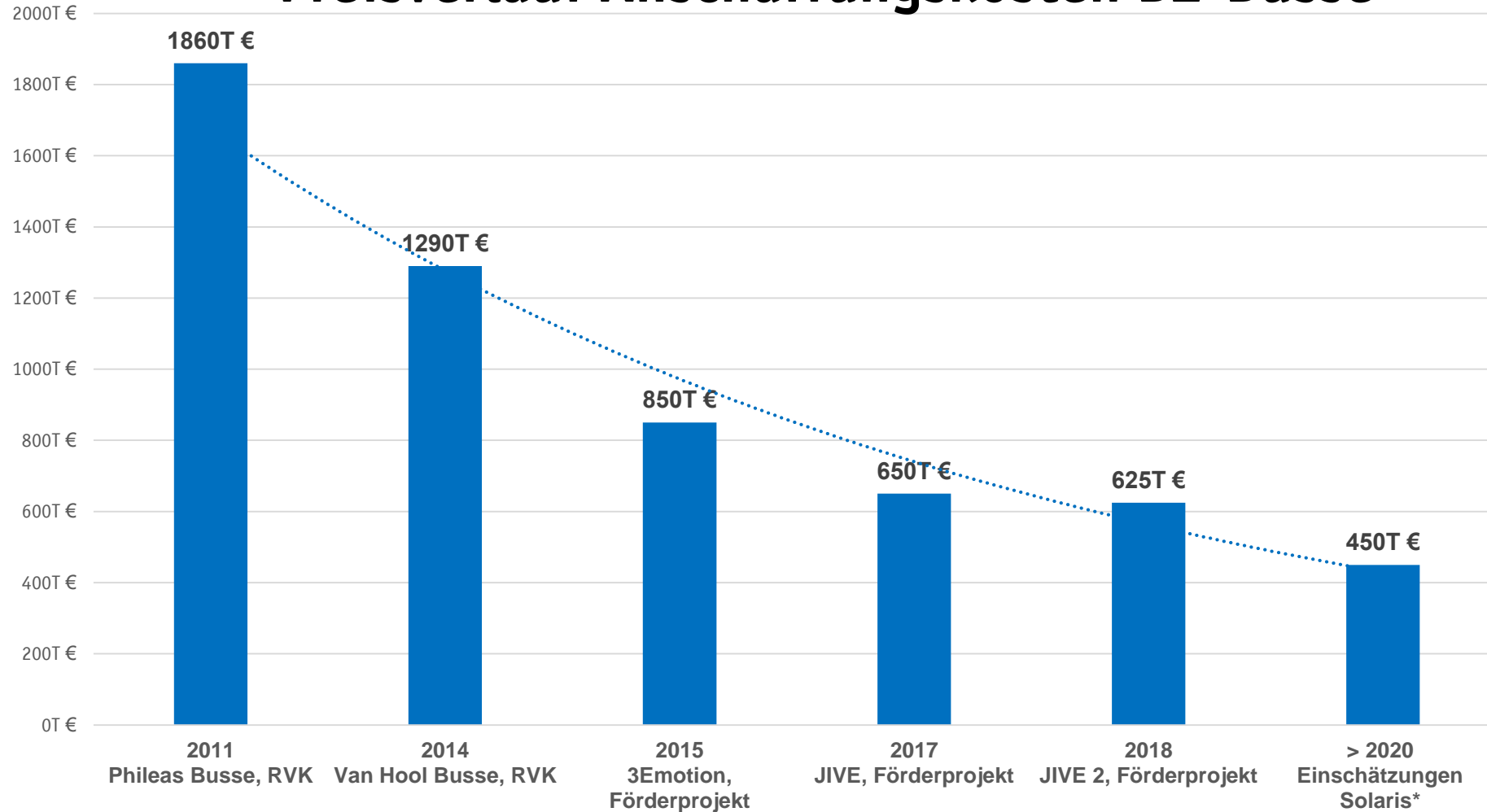
## Ausbau der Brennstoffzellen-Hybridbusflotte in Europa



**Total = 291**  
new FC buses  
for Europe



## Preisverlauf Anschaffungskosten BZ-Busse



# OEMs in Europe are responding to the growing demand for FC buses and preparing to offer new solutions



European bus OEMs with fuel cell buses demonstrators / offering fuel cell buses for sale



Non European OEMs active in the fuel cell bus sector





# Langlebigkeit Brennstoffzelle

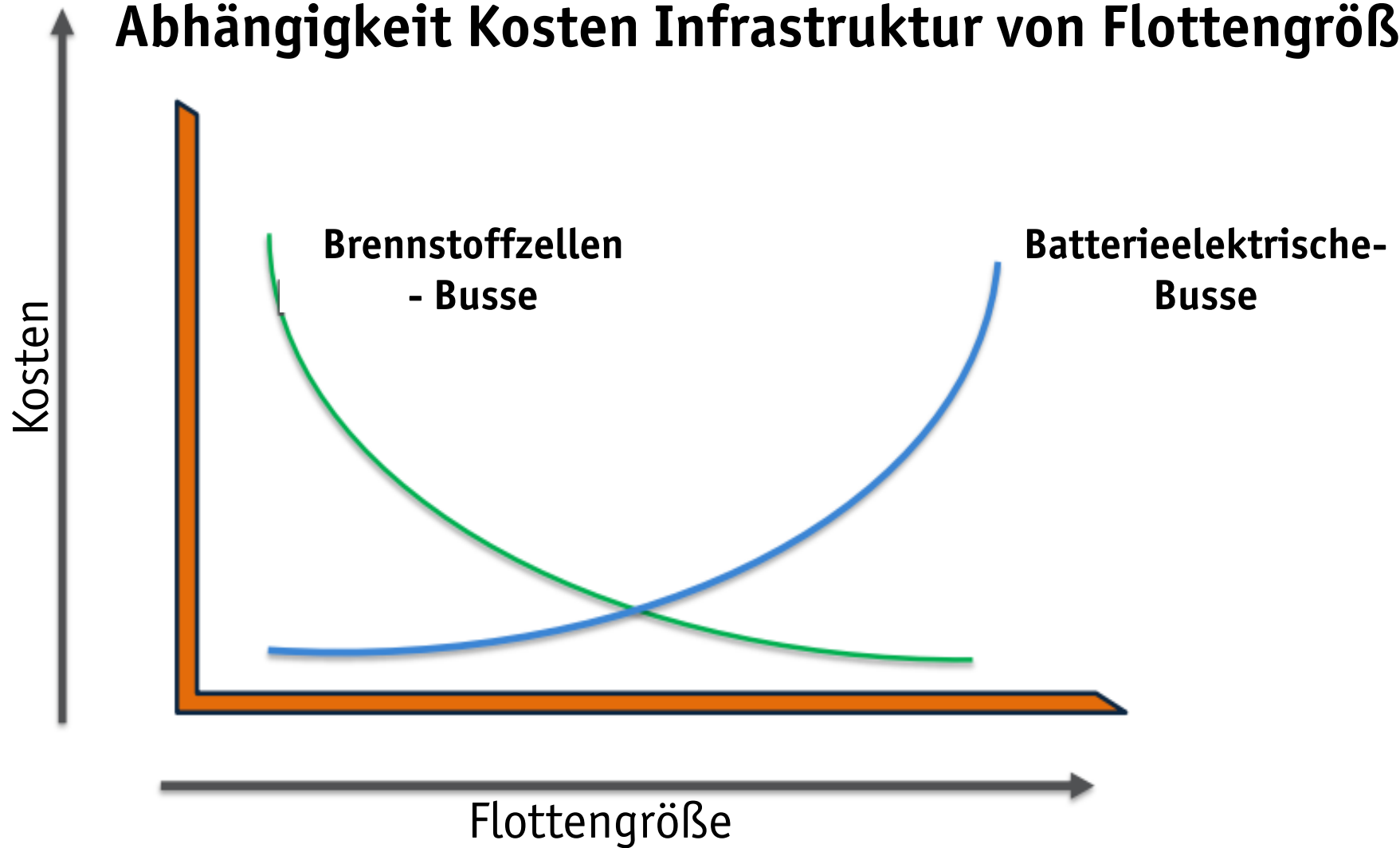
- **Brennstoffzellen-Bus in London im Einsatz seit 2011**
- **Über 33.000 Betriebsstunden der Brennstoffzelle ohne Austausch**



**Ballard Power** @BallardPwr · 31. Jan.

In London this week, the #fuelcell stack of Bus 62996 operated and maintained by Tower Transit has passed 33,000hrs - that's durability proven on the road since 2011!!  
#theotherelectricbus #poweredbyballard

## Abhängigkeit Kosten Infrastruktur von Flottengröße



# Kosten Infrastruktur



Wir bewegen die Region

## Ausweitung RVK-Busflotte:

Anschaffung von zusätzlichen:

- **86** Brennstoffzellen-Hybridbussen bis Ende 2023



## Wasserstoff als umweltfreundlicher Energieträger

### Wasserstoff ist

- aus Erneuerbaren Energien erzeugbar
- transportierbar
- speicherbar





## als umweltfreundlicher Energieträger

### WELTGRÖSSTE WASSERSTOFF-ELEKTROLYSE ENTSTEHT IN DER RHEINLAND RAFFINERIE

2018-01-18

Shell und ITM Power werden in der Raffinerie Rheinland, Werk Wesseling, die weltweit größte PEM-Wasserstoff-Elektrolyse-Anlage errichten. Mit einer Kapazität von zehn Megawatt wird der Wasserstoff vor allem für die Verarbeitung von Produkten der Raffinerie genutzt. Die Technologie wird zugleich für einen möglichen Einsatz in anderen Sektoren getestet.

Das europäische Konsortium von Shell, ITM Power, SINTEF, thinkstep und Element Energy hat eine entsprechende Vereinbarung unterzeichnet. Die Gesamtinvestition des Projekts, einschließlich der Integration in die Raffinerie, beläuft sich auf rund 20 Millionen Euro. Davon stellt die Europäische "Fuel Cell Hydrogen Joint Undertaking" zehn Millionen Euro zur Verfügung.

erbar  
ar



## Brennstoffzellen-Mobilität **Marktreif**

Sowohl **Fahrzeuge** als auch **Infrastruktur** stehen zur Verfügung

Wasserstoff als Kraftstoff **umweltfreundlich** und **regional** erzeugbar

Aufgrund der **Vorteile** bzgl. **Reichweite, Flexibilität** und **Betankungszeit** definitiv **alternative** zu **batterieelektrischen Bussen**

# Wann fahren Sie mit einem umweltfreundlichen Brennstoffzellen-Bus?



## Kontakt:

**Dipl. Geogr., B.Eng Jens Conrad**

Fachbereichsleiter

Regionalverkehr Köln GmbH

E-Mail: [jens.conrad@rvk.de](mailto:jens.conrad@rvk.de)



Regionalverkehr Köln GmbH