



Rav4 Hybrid - LL

Inhalt

- Specs: Fahrzeug, Benzinmotor, Batterie und E-Motoren
- Zusammenfassung: Rav4 und Prius3 Fahrdaten
- Statistik im Detail für Rav4 und Prius 3 (mit Karte)
- Geschwindigkeits- und Höhenprofile der Gesamtstrecken
- SOC und ICE Leistungsprofile der Gesamtstrecken
- Detailanalysen Benzinmotor
 - Muscheldiagramm, Leistung,
- Elektrisches System (Batterie, Motoren)

Specs: Car, ICE and Battery

Rav4: A25A-FXS

- 1645 kg, 8.1 Sec 0-100 km/h, 580 l Kofferraum
- Air Drag: cW 0.3 (Querschnittsfläche +45%)

ICE:

- 130 kW@5700 rpm, 221 Nm (3600-5200 rpm)
- Efficiency: 41%

Battery:

- $34 \times 6.5 \text{ Ah} \times 1.2 \text{ V} = 244.8\text{V}$
- 6.5 Ah → 1.59 kWh
- Voltage max/avg: 320 / 275 V
- Current max, min: -127 A, 153 A
- 88 kW, xx kW + 40 kW rear
- Discharge Limit: 25 kW
- Charge Limit: 39 kW

Prius 3: 2ZR-FXE

- 1445 kg, 10.4 Sec 0-100 km/h, 445 l Kofferraum
- Air Drag: cW 0.25

ICE:

- 73 kW, ? Nm
- Efficiency: 38.5 %

Battery:

- $28 \times 6.5 \text{ Ah} \times 1.2 \text{ V} = 201.6\text{V}$
- 6.5 Ah → 1.3 kWh
- Voltage max/avg: 270V / 225V
- Current max, min: -103 A, 129 A
- 60 kW, 42 kW electric motor
- Discharge Limit : 21 kW
- Charge Limit: 25 kW

Zusammenfassung Rav4 vs. Prius 3 bei vergleichbarem Profil

(Stand Sept. 2020)

Ausgeblendet:
Geschwindigkeit >110 km/h
Berge > 2000m

	Prius 3 (JAPAN)	Rav4 XA5, (JP Profil)	Kommentar
Strecke,Durchschnittsgeschw. und elektrischer Anteil	19170km, 43.8 km/h 21.5%	14615km, 47.5 km/h 38.4%	Fast doppelt so weit elektrisch!
Verbrauch Energie Verbrenner	4.6 l/100km, 14.3 kWh/100km	5.5 l/100km, 17 kWh/100km	Nur 20% Mehrverbrauch
Mittl. Wirkungsgrad Verbrenner	36.9%	36.9%	Kein Fortschritt messbar
Energie aus der Batterie pro 100km	2.4 kWh/100km	4.8 kWh/100km	Deutlich vergrößert!
Energie aus Rekuperation	1.3 kWh/100km	3.0 kWh/100km	Deutlich vergrößert!
Verlorene Energie (Bremse + Motorbremse)	0.8 kWh/100km	1.8 kWh/100km	Mit größerer Batterie wäre noch deutlich mehr Ersparnis drin
Fahrten in den Bergen:			
Verbrauch Berge (> 500m) Nicht rekuperiert:	5.0 l/100km (+ 0.4) 2.5 kWh/100km (=0.8 l/100km)	6.6 l/100km 4.3 kWh/100km (=1.4 l/100km)	
Verbrauch Hochgebirge (>1000m) Nicht rekuperiert:	6.5 l/100km (+1.9) 6.5 kWh/100km (=2.1 l/100km)	7.9 l/100km 7.8 kWh/100km (=2.8 l/100 km)	

Statistik

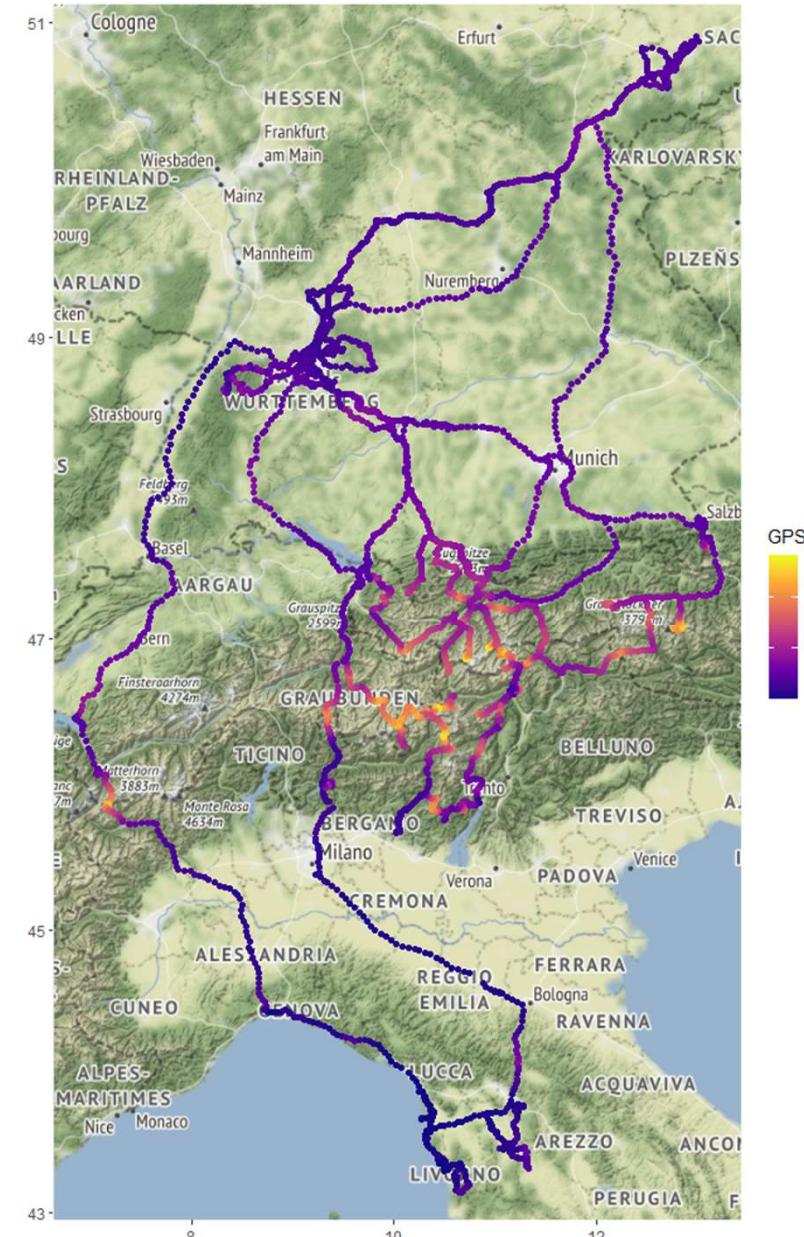
Rav4 - gesamt

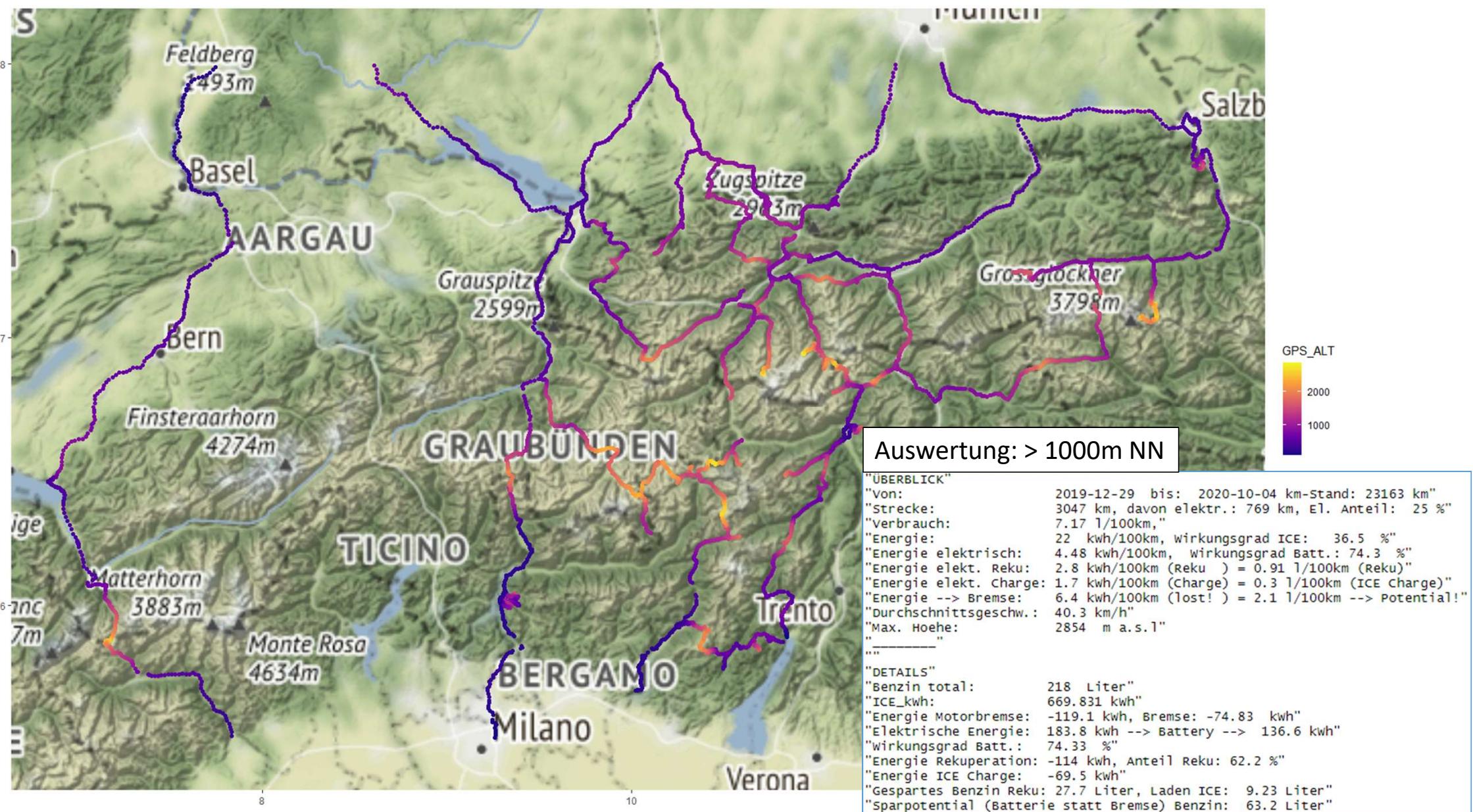
```
"Von: 2019-12-21 bis: 2020-12-01 km-Stand: 24817 km"  
"Strecke: 23999 km, davon elektr.: 7142 km, El. Anteil: 30 %"  
"Verbrauch: 5.987 l/100km,"  
"Energie: 18.8 kWh/100km, Wirkungsgrad ICE: 37.4 %"  
"Energie elektrisch: 4.14 kWh/100km, Wirkungsgrad Batt.: 89.7 %"  
"Energie elekt. Reku: 2.5 kWh/100km (Reku) = 0.79 l/100km (Reku)"  
"Energie elekt. Charge: 1.7 kWh/100km (charge) = 0.3 l/100km (ICE Charge)"  
"Energie --> Bremse: 1.3 kWh/100km (lost!) = 0.42 l/100km --> Potential!"  
"Durchschnittsgeschw.: 47.1 km/h"  
"Max. Hoehe: 2854 m a.s.l."  
"  
"DETAILS"  
"Benzin total: 1437 Liter"  
"ICE_kwh: 4512.6 kWh"  
"Energie Motorbremse: -179.5 kWh, Bremse: -136.2 kWh"  
"Elektrische Energie: 1108 kWh --> Battery --> 994.2 kWh"  
"Wirkungsgrad Batt.: 89.69 %"  
"Energie Rekuperation: -664 kWh, Anteil Reku: 59.9 %"  
"Energie ICE Charge: -444 kWh"  
"Gespartes Benzin Reku: 190 Liter, Laden ICE: 71.1 Liter"  
"Sparpotential (Batterie statt Bremse) Benzin: 101 Liter"
```

Median km pro Tag: 44 km

~ 50% der km gefahren an Tagen mit mehr als 400 km (22 Tage)

~ 75% der km gefahren an Tagen mit mehr als 100 km

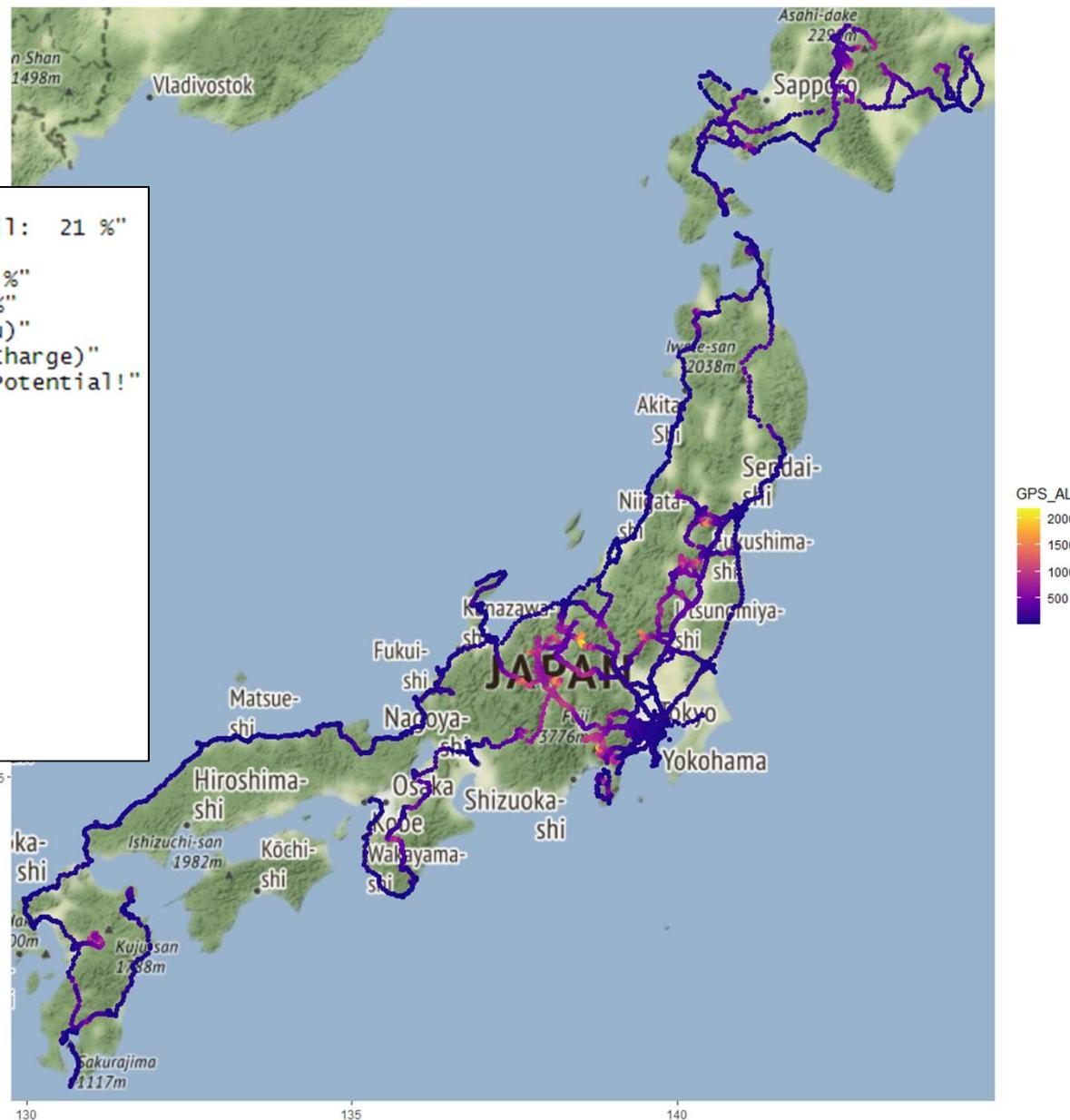




Statistik

Prius 3 – Daten über ein Jahr

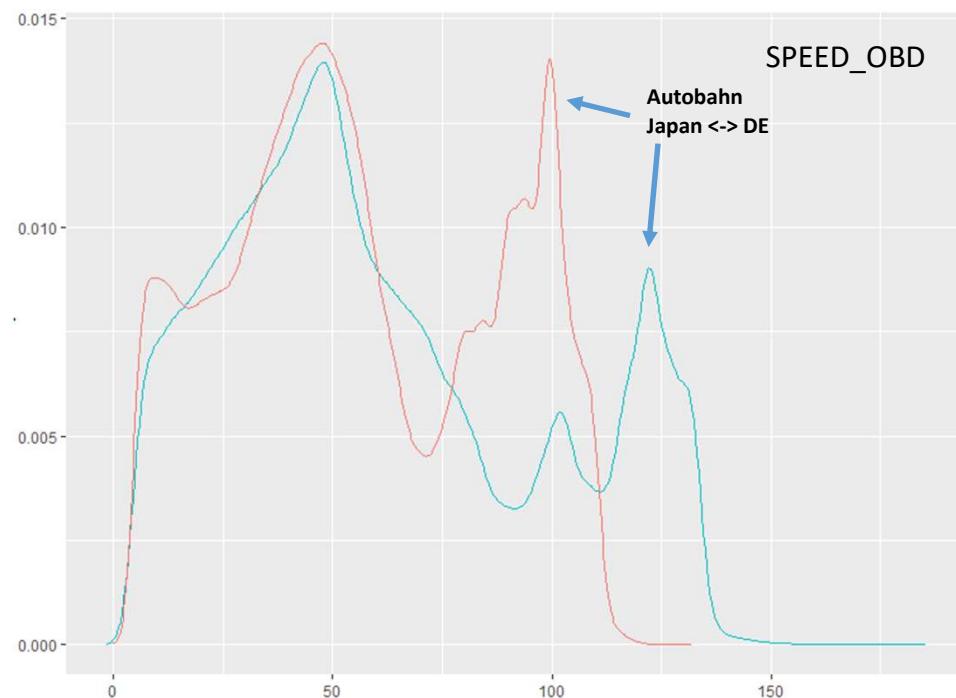
Von: 2018-07-19 bis: 2019-08-22
 Strecke: 19170 km, davon elektr.: 4117 km, El. Anteil: 21 %"
 Verbrauch: 4.6 l/100km,"
 Energie: 14.3 kWh/100km, Wirkungsgrad ICE: 36.9 %"
 Energie elektrisch: 2.4 kWh/100km, Wirkungsgrad Batt.: 85.6 %"
 Energie elekt. Reku: 1.3 kWh/100km (Reku) = 0.42 l/100km (Reku)"
 Energie elekt. Charge: 1.1 kWh/100km (Charge) = 0.2 l/100km (ICE charge)"
 Energie --> Bremse: 0.8 kWh/100km (lost!) = 0.26 l/100km --> Potential!"
 Durchschnittsgeschw.: 43.8 km/h"
 Max. Hoehe: 2191 m a.s.l"
 "
DETAILS"
 Benzin total: 884 Liter"
 ICE_kwh: 2742.401 kwh"
 Energie Motorbremse: -78.95 kWh, Bremse: -74.27 kWh"
 Elektrische Energie: 538.7 kWh --> Battery --> 460.9 kWh"
 Wirkungsgrad Batt.: 85.57 %"
 Energie Rekuperation: -293 kWh, Anteil Reku: 54.4 %"
 Energie ICE Charge: -245 kWh"
 Gespartes Benzin Reku: 80.9 Liter, Laden ICE: 37.5 Liter"
 Sparpotential (Batterie statt Bremse) Benzin: 49.4 Liter"



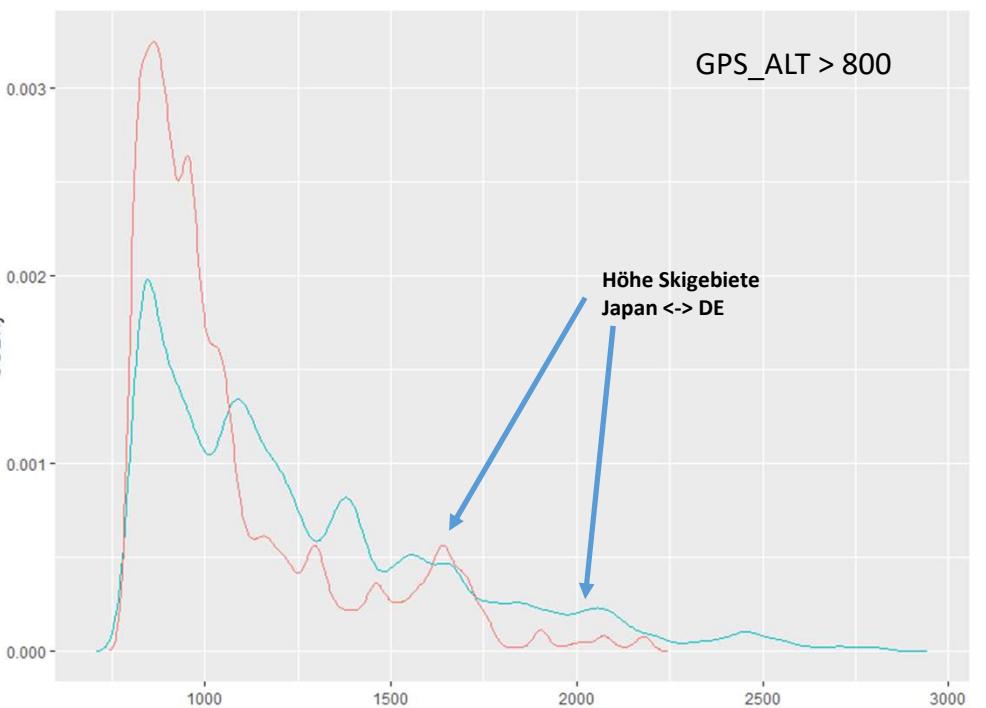
Geschwindigkeits- und Höhenprofile

Geschwindigkeitsprofil

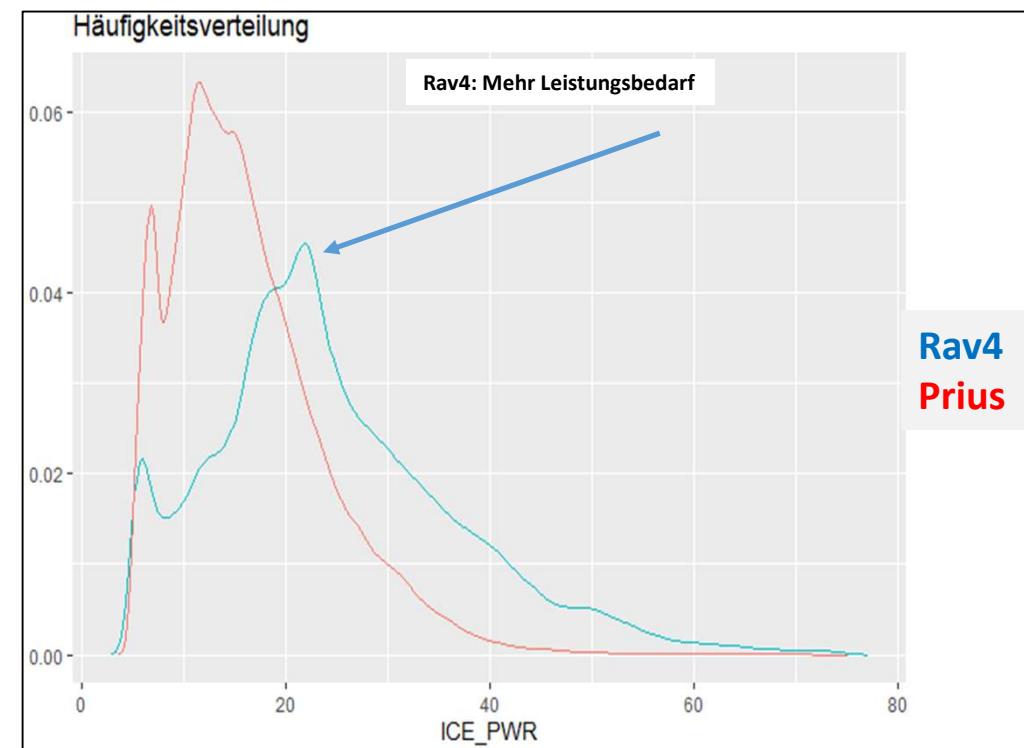
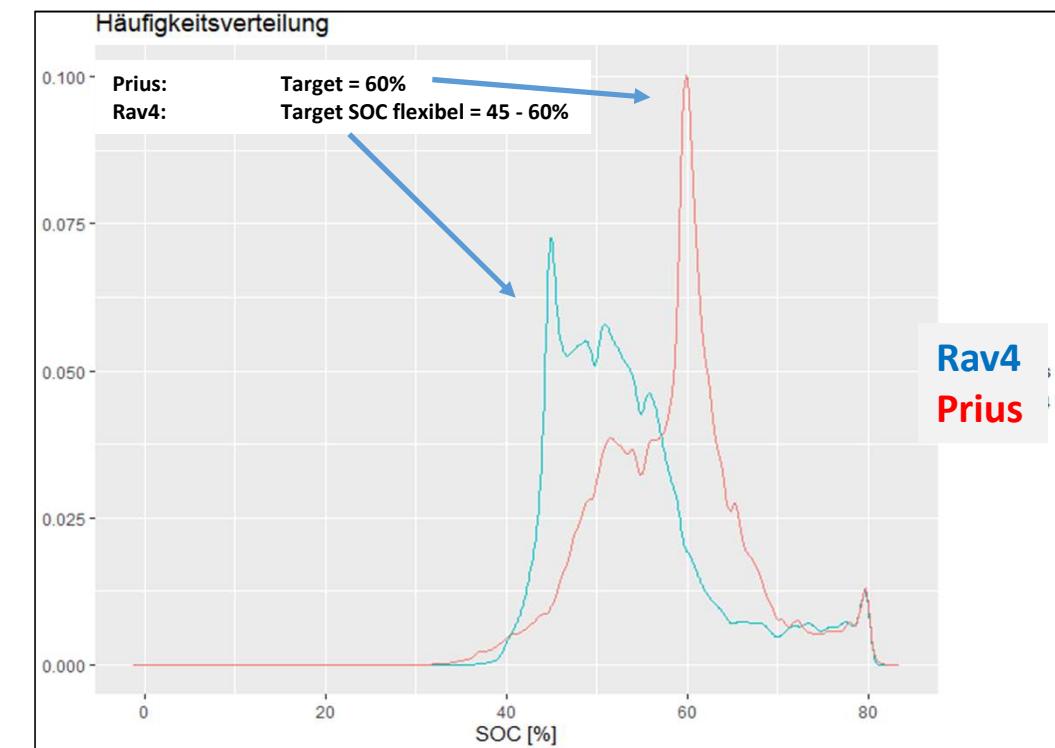
- **Rav4:** 51.3 km/h, in Bewegung: 59.3 km/h
Anteil > 90 km/h: 45.6%
- **Prius:** 43.7 km/h, in Bewegung: 54.5 km/h
Anteil > 90 km/h: 37.6%



Höhenprofil:



SOC and Leistung Verbrennungsmotor

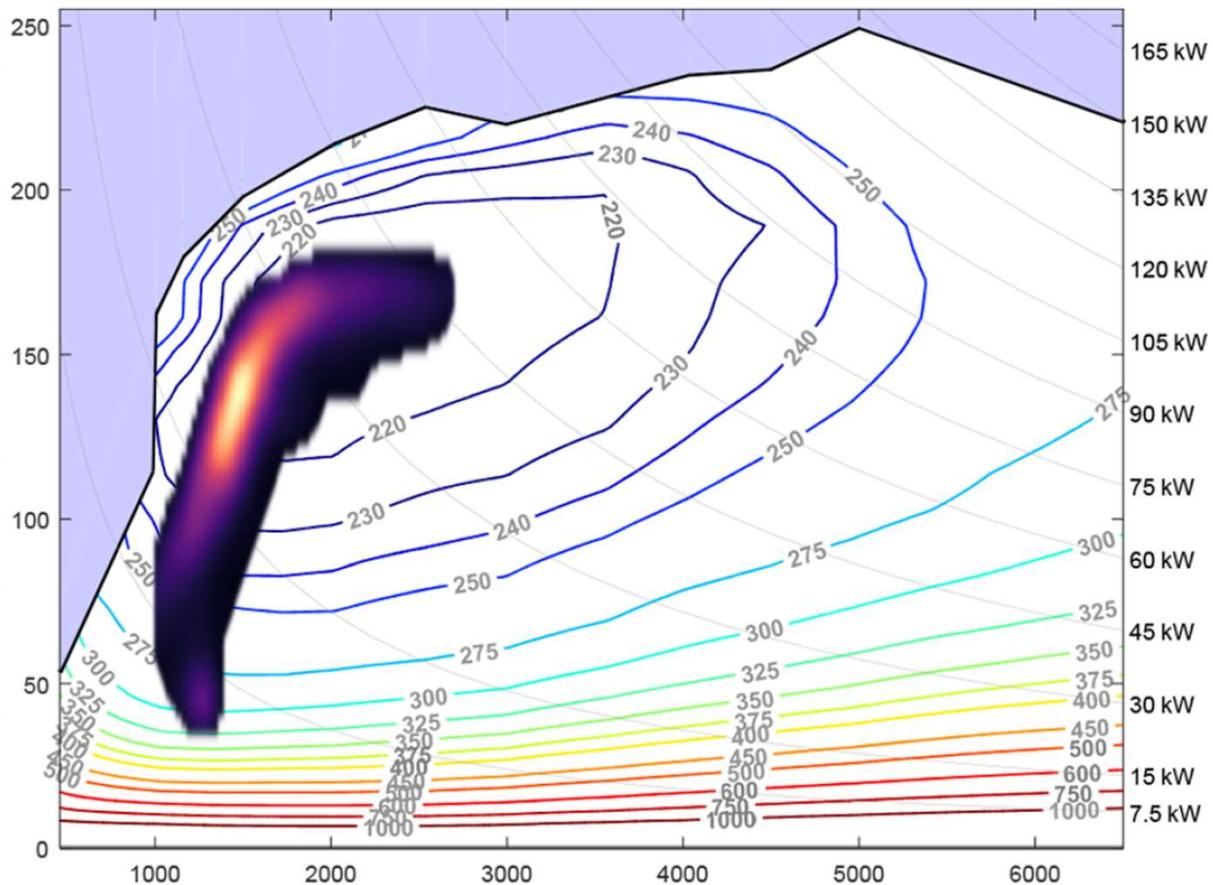


ICE

Inhalt

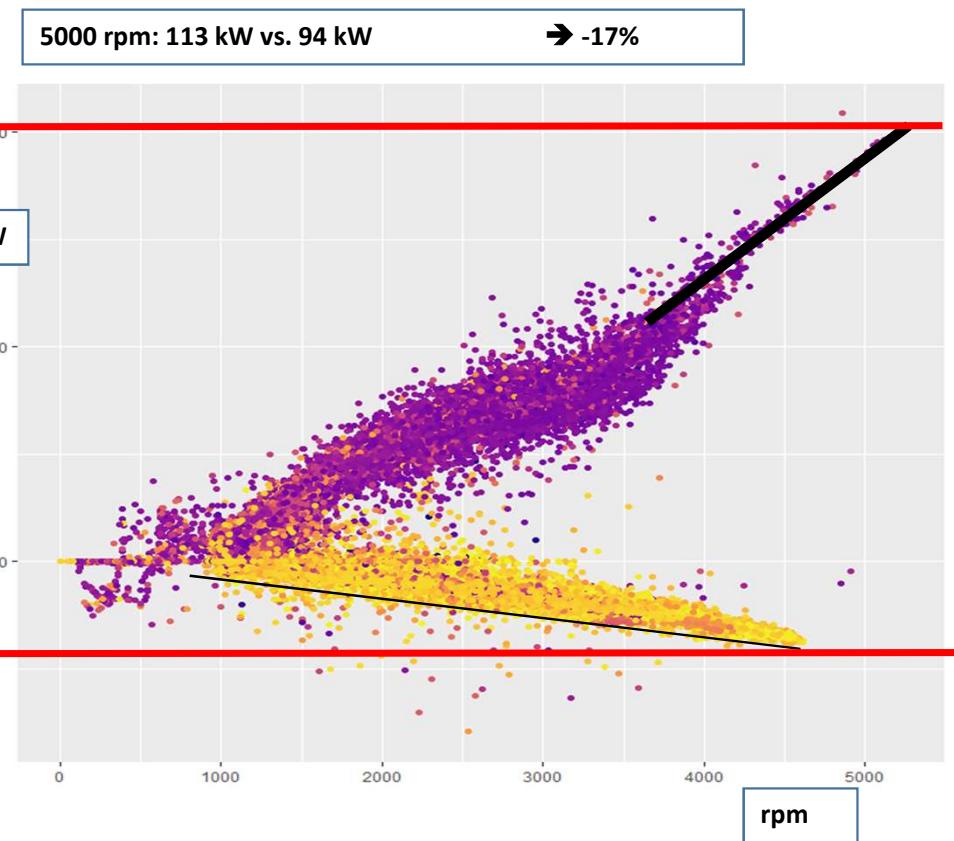
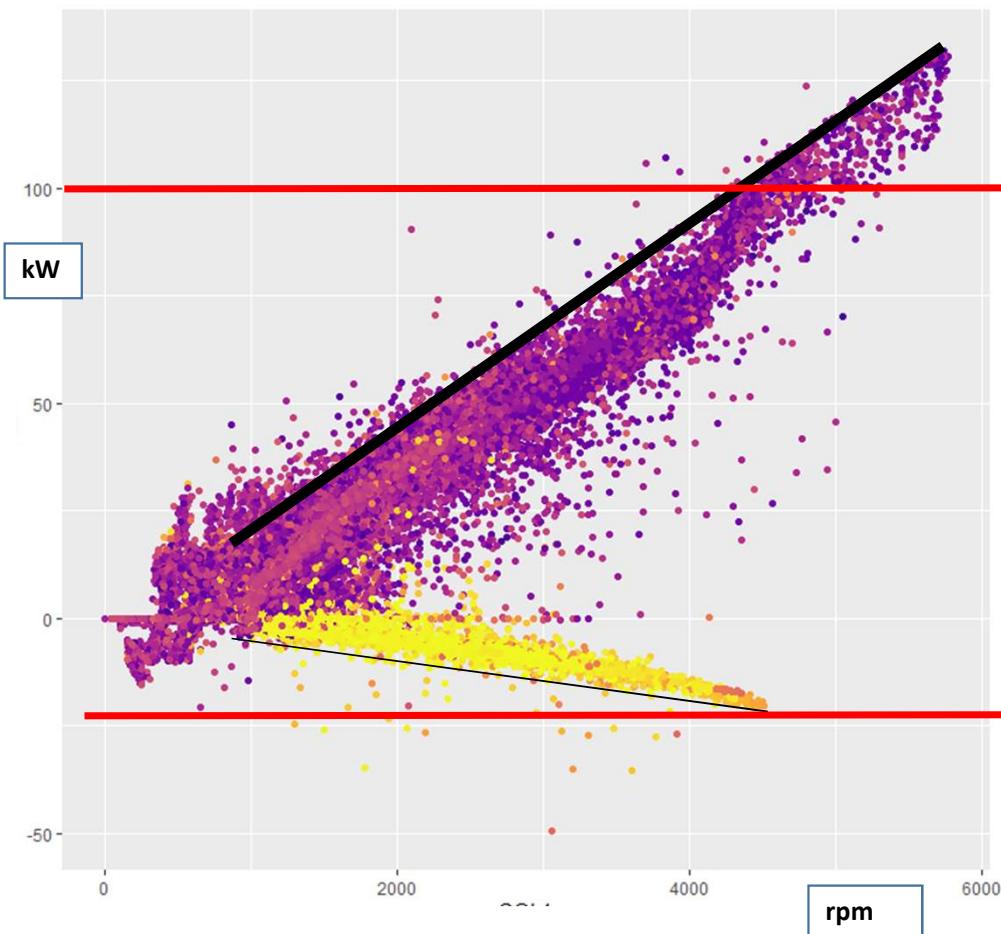
- Betriebspunkte
- Leistung höhenabhängig
- Leistung geschwindigkeitsabhängig
- Drehzahl geschwindigkeitsabhängig

ICE Operation Area



Rav4: Leistungsverlust in der Höhe

< 600m NN >1800m

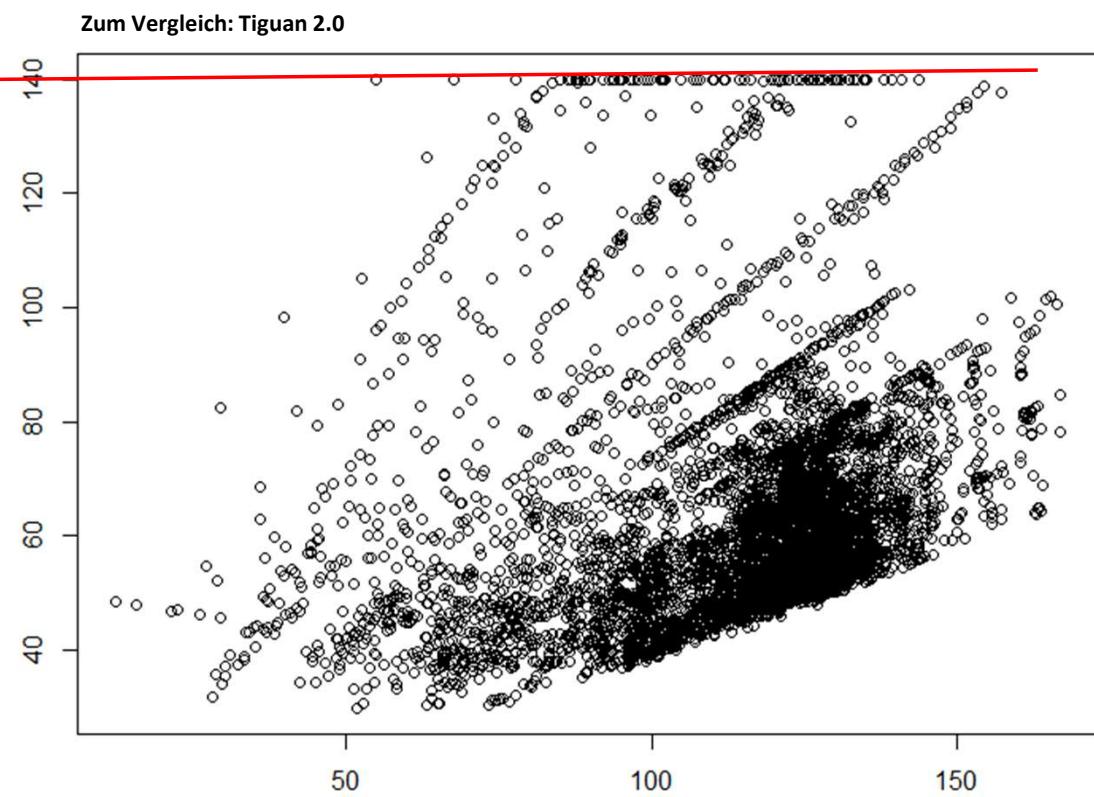
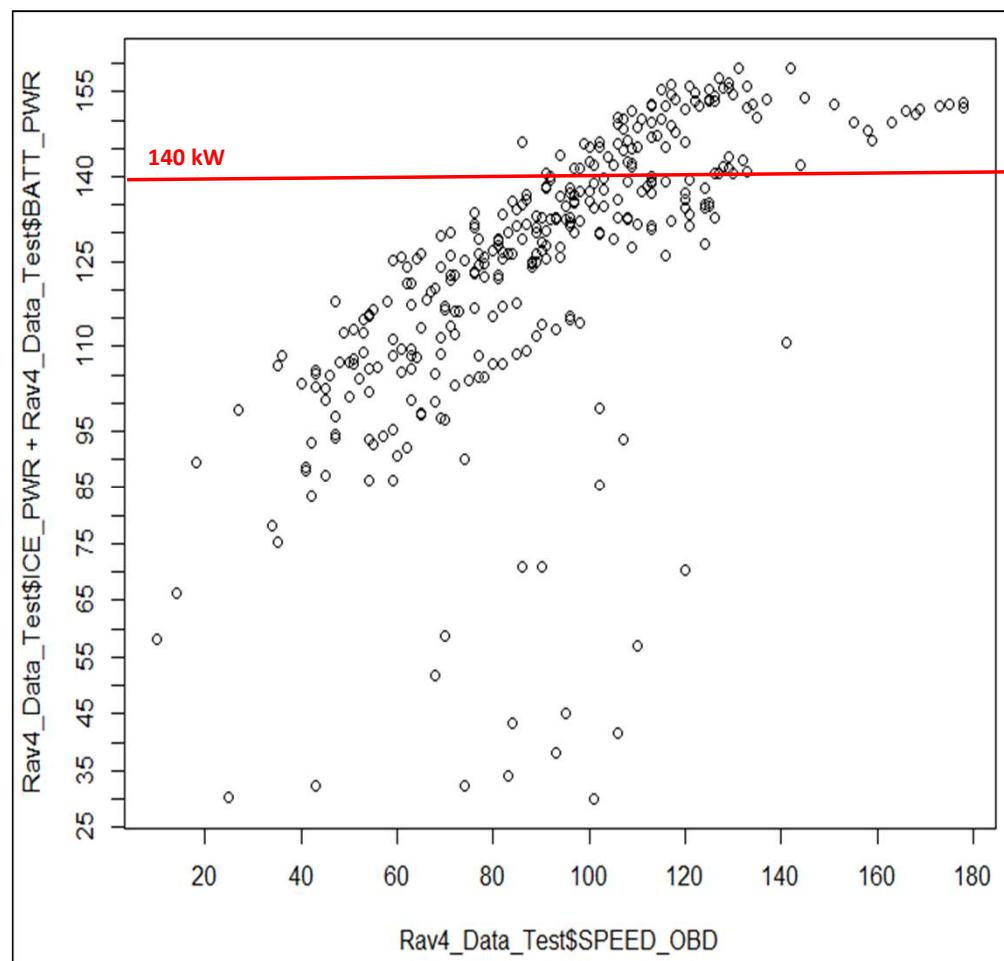


Maximalleistung vs. Geschwindigkeit Rav4 vs. Tiguan 2.0 TSI

Max. Leistung beim Hybrid erst
ab 125 km/h!

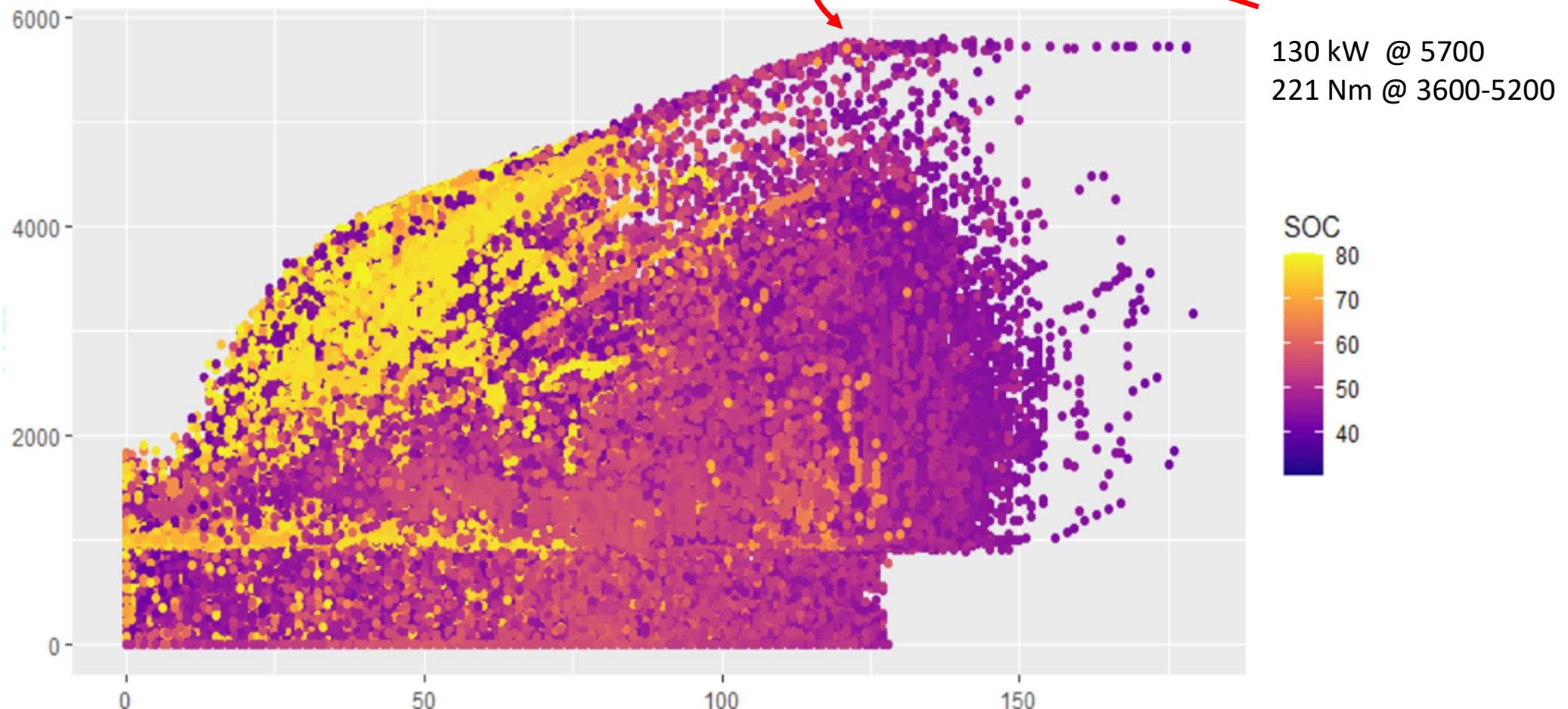
Tiguan geht <80 km/h besser trotz 20 kW weniger!

Kombiniert: Verbrenner + Batterie



Rav4 erreicht erst bei 120 km/h
Die maximale Drehzahl (=Leistung)

Motordrehzahl vs. Geschwindigkeit



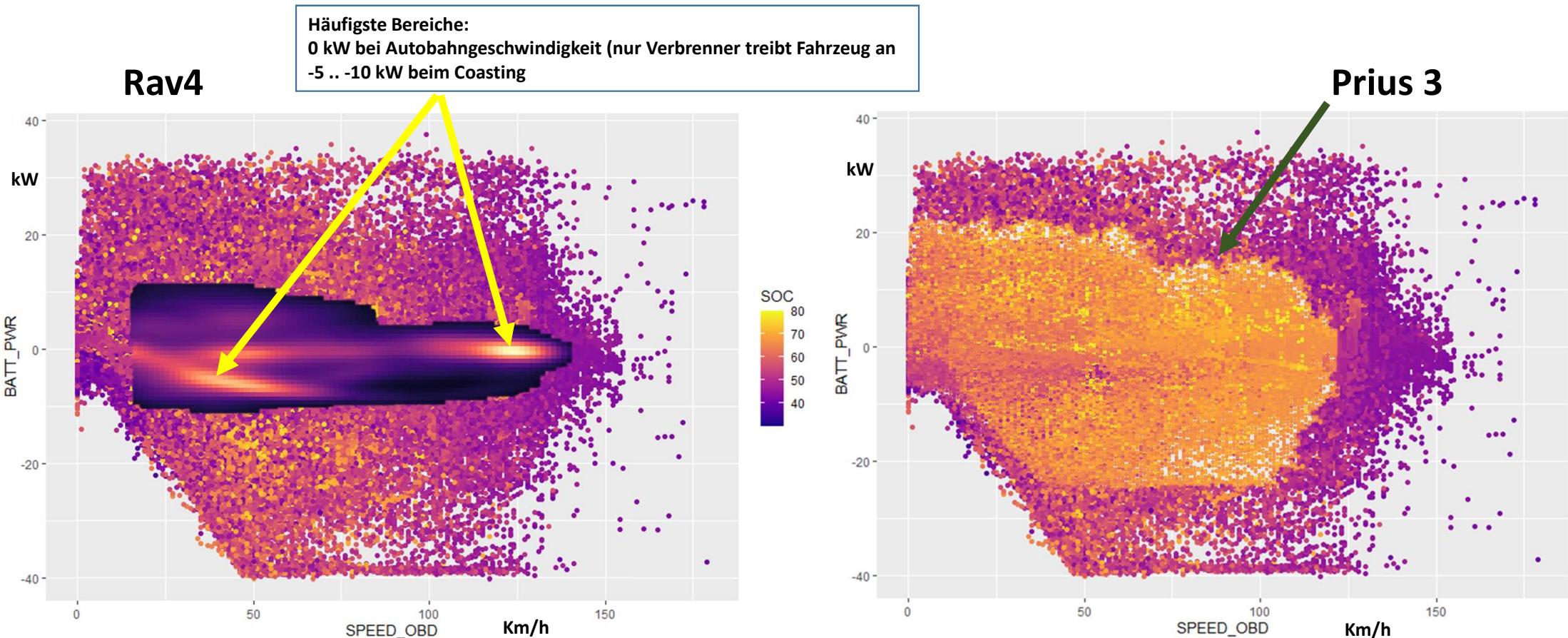
Batterie

Inhalt

- Leistung Batterie geschwindigkeitsabhängig
- Leistung Batterie während E-Drive
- E-Drive Geschwindigkeit temp.abhängig
- Batterieleistung temp.abhängig
- Ziel SOC abh. von Geschwindigkeit und Leistung
- Wirkungsgrad Batterie und MGx

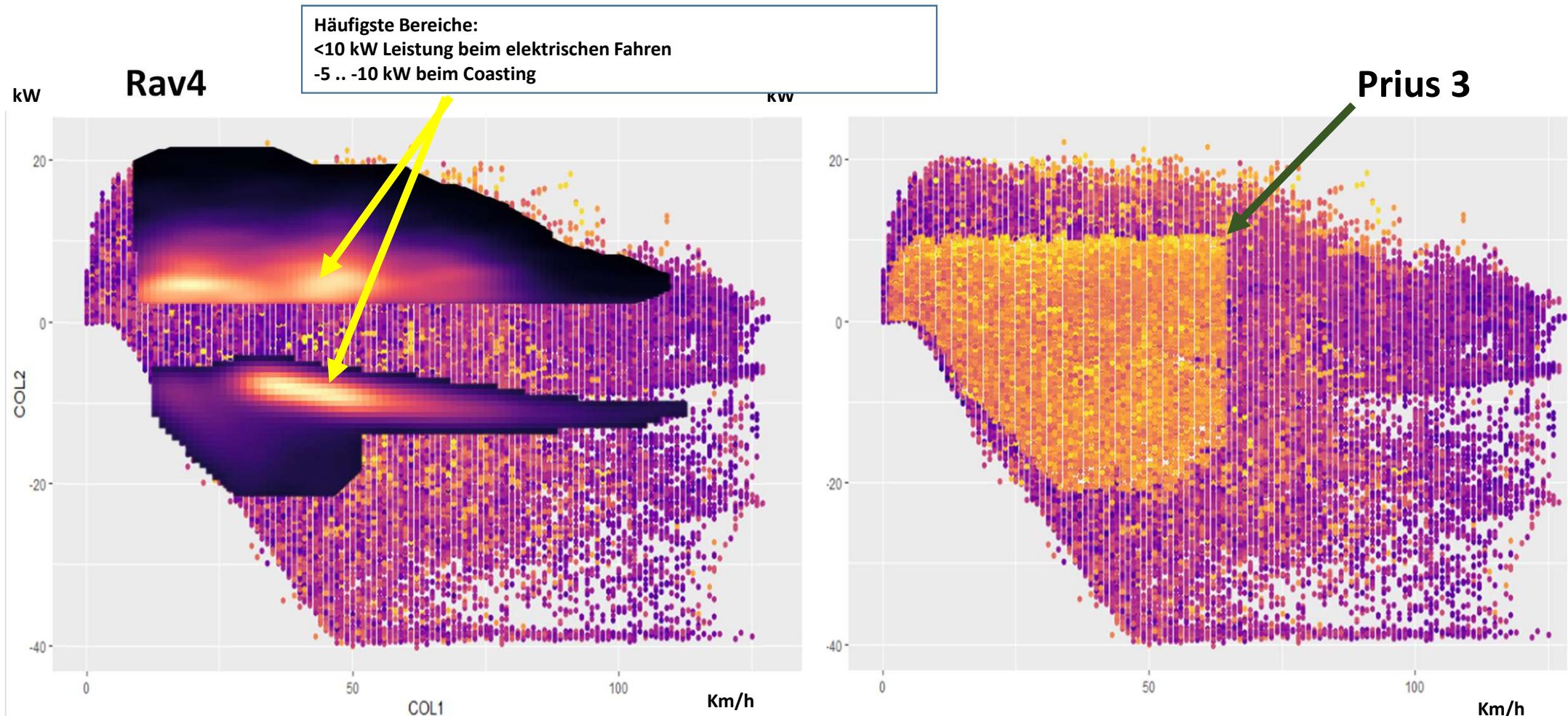
Batterieleistung vs. Geschwindigkeit

Batterie im Rav4 hat deutlich mehr Leistung v.a. bei Rekuperation



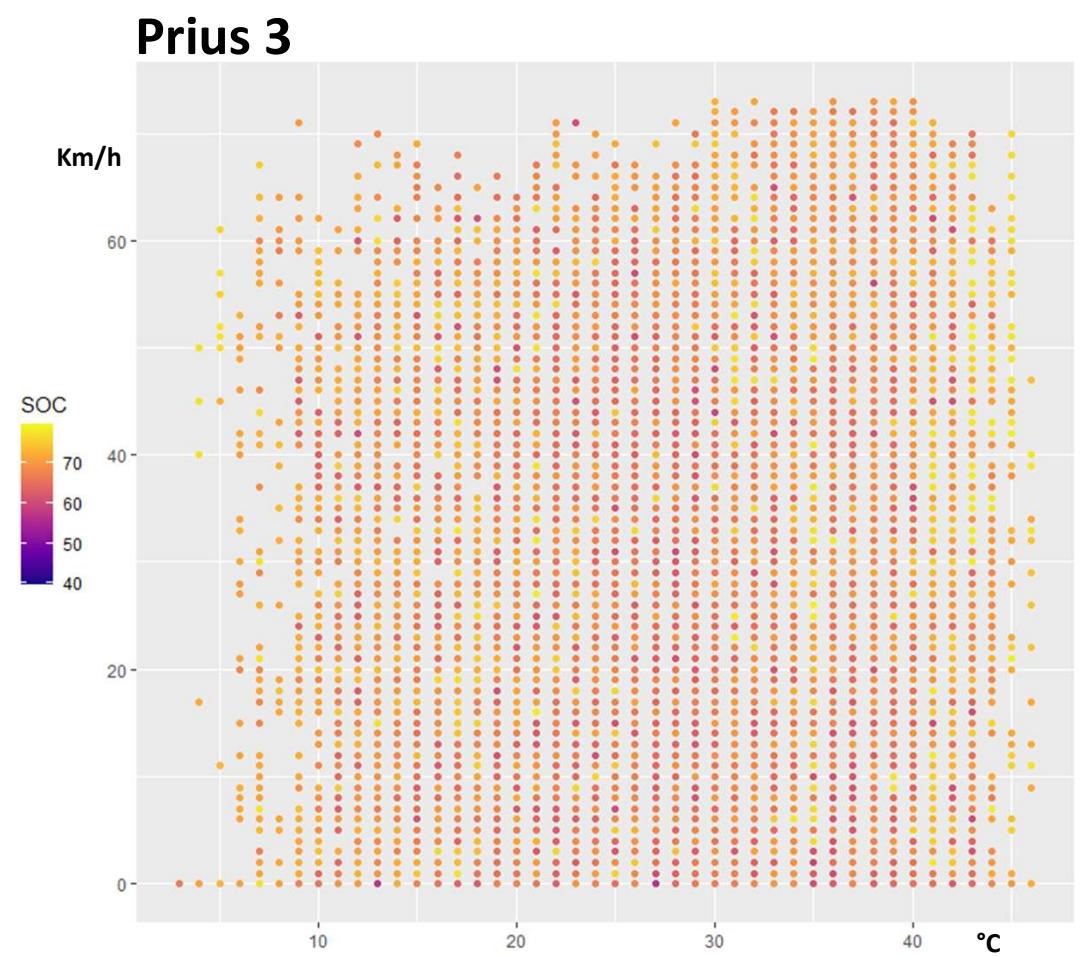
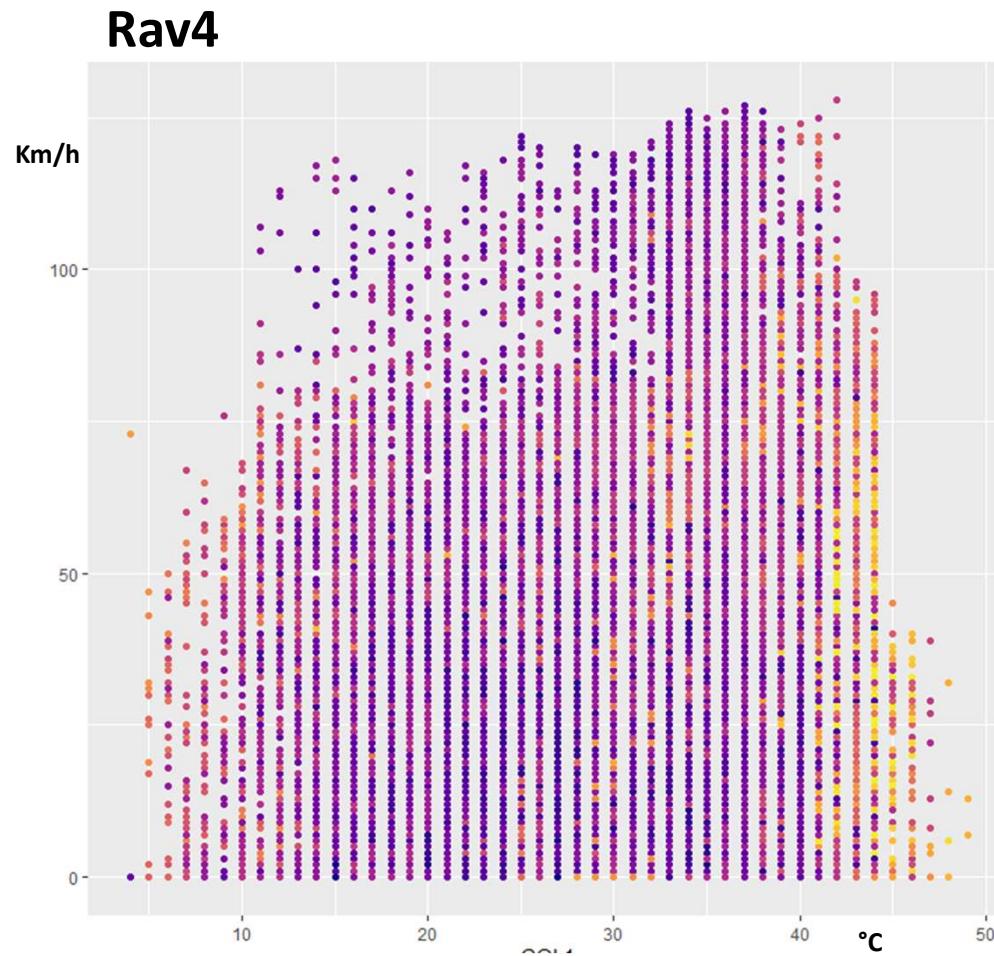
Batterieleistung vs. Geschwindigkeit beim elektrischen Fahren (Verbrennungsmotor aus)

Rein elektrischer Bereich im Rav4
deutlich erweitert
(Leistung und Geschwindigkeit)



Geschwindigkeit beim elektr. Fahren vs. Batterietemperatur (Verbrenner aus)

Prius: kein Derating sichtbar
Rav4: ab 43°C Derating (Elektrisch max. 40 km/h)

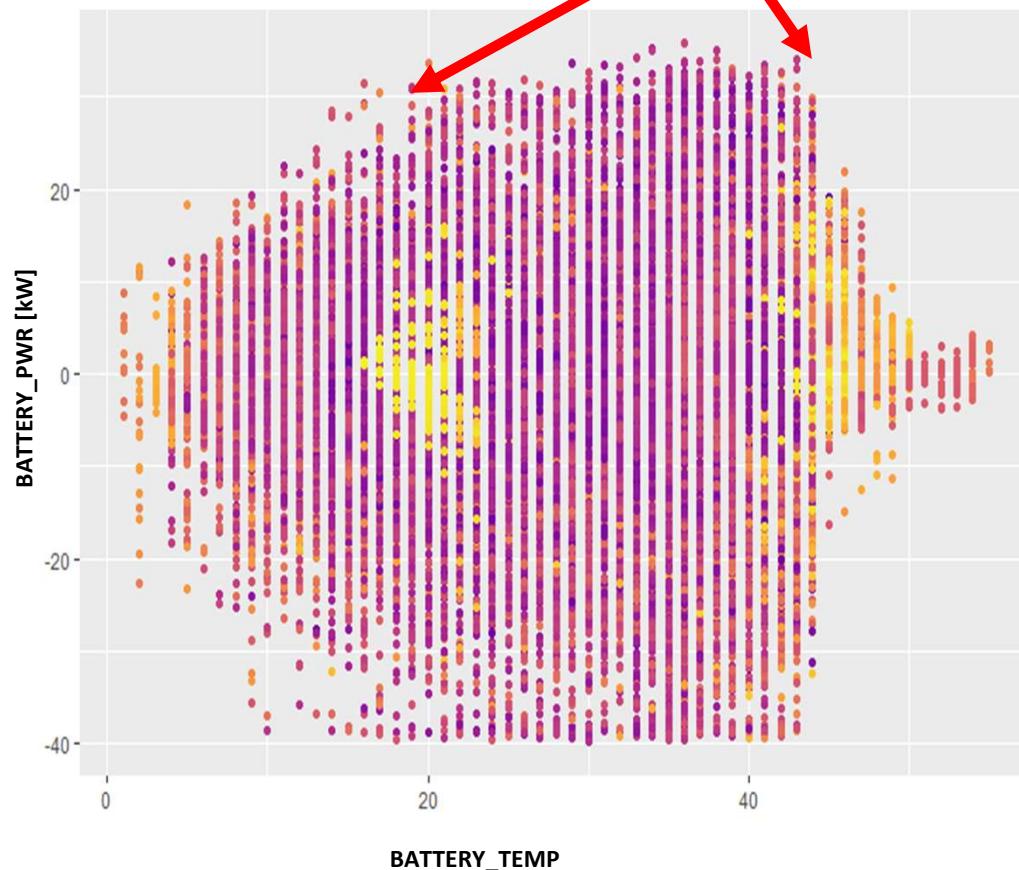


Batterieleistung vs. Batterietemperatur

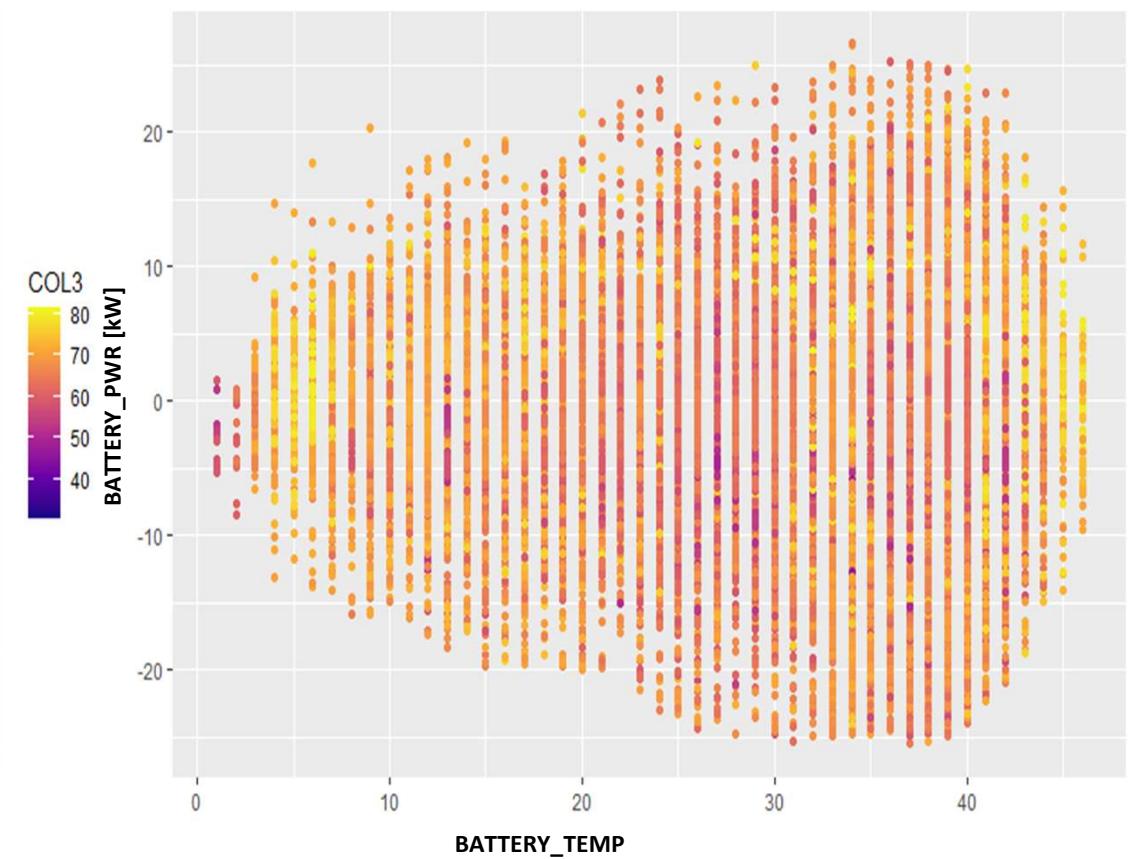
Reduzierung der Leistung bei kalter oder
Heißer Batterie
Rekuperation beim Rav4 erweitert

Leistungsreduzierung bei
Kalter Batterie ($< 20^{\circ}\text{C}$) und Heißer Batterie ($> 43^{\circ}\text{C}$)
Volle Rekuperation zwischen 10°C und 43°C

Rav4

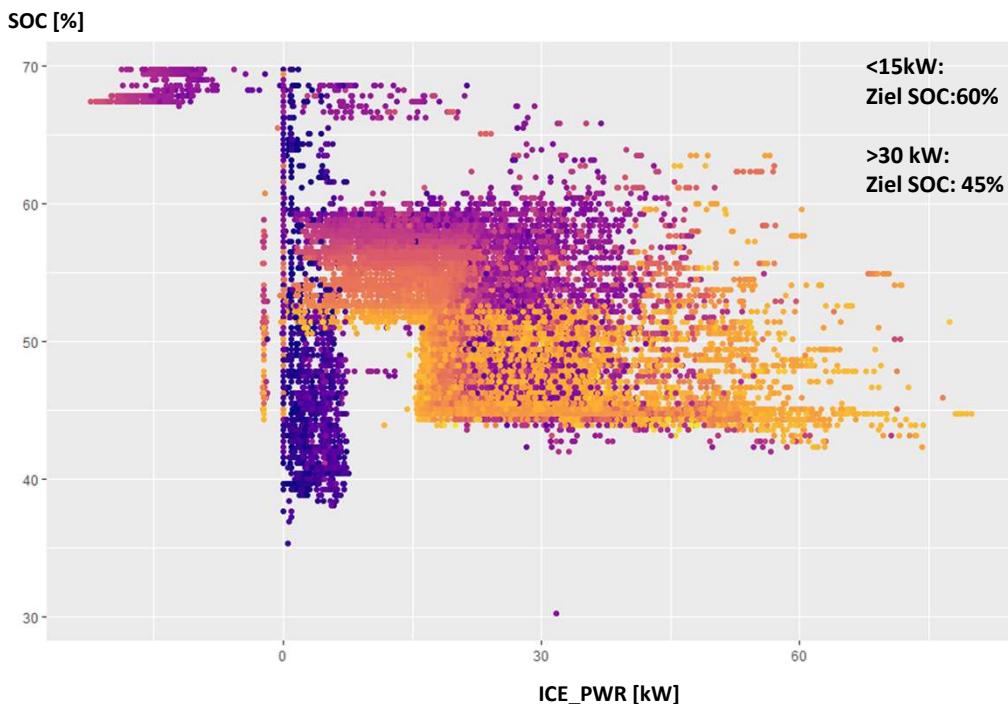


Prius 3

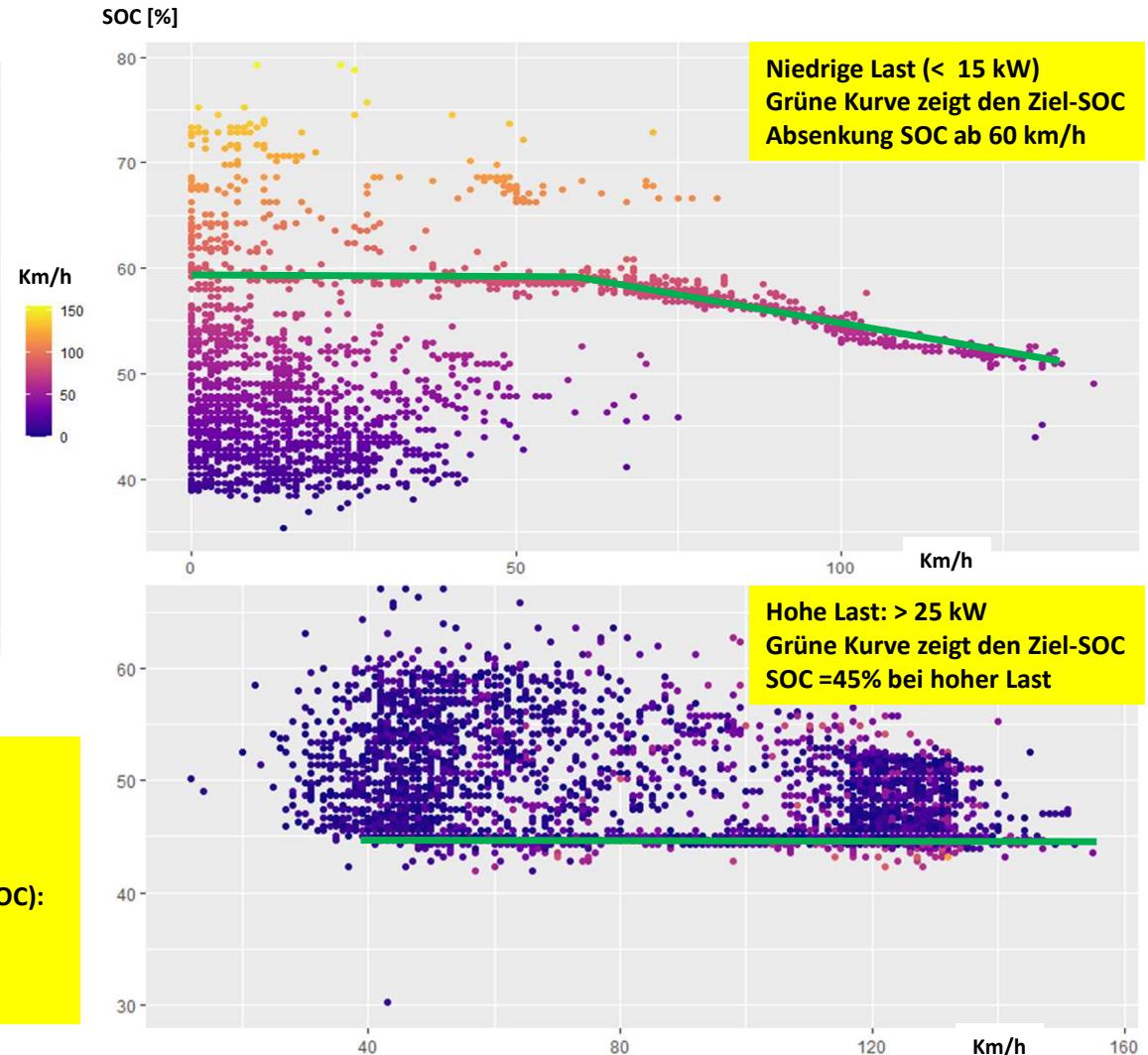


Rav4 Ladestrategie und Ziel SOC

SOC vs. ICE_PWR



SOC vs. SPEED_OBD



Rav4 5. Gen, Wirkungsgrade elektrisches System

Wirkungsgradketten

Abschätzung Rekuperation und Boosten während der Fahrt (stationäre Punkte):

MG_mech → 95% → MG_elec → 90% Batterie (kWh raus/rein) → MG_elec → 89% → MG_mech
Ladungsbilanz: -2% (mehr Ah rein als raus)

Gesamtkette: 75% (Rad → Motor → Batterie → Motor → Rad)

Batterie Laden über Verbrenner:

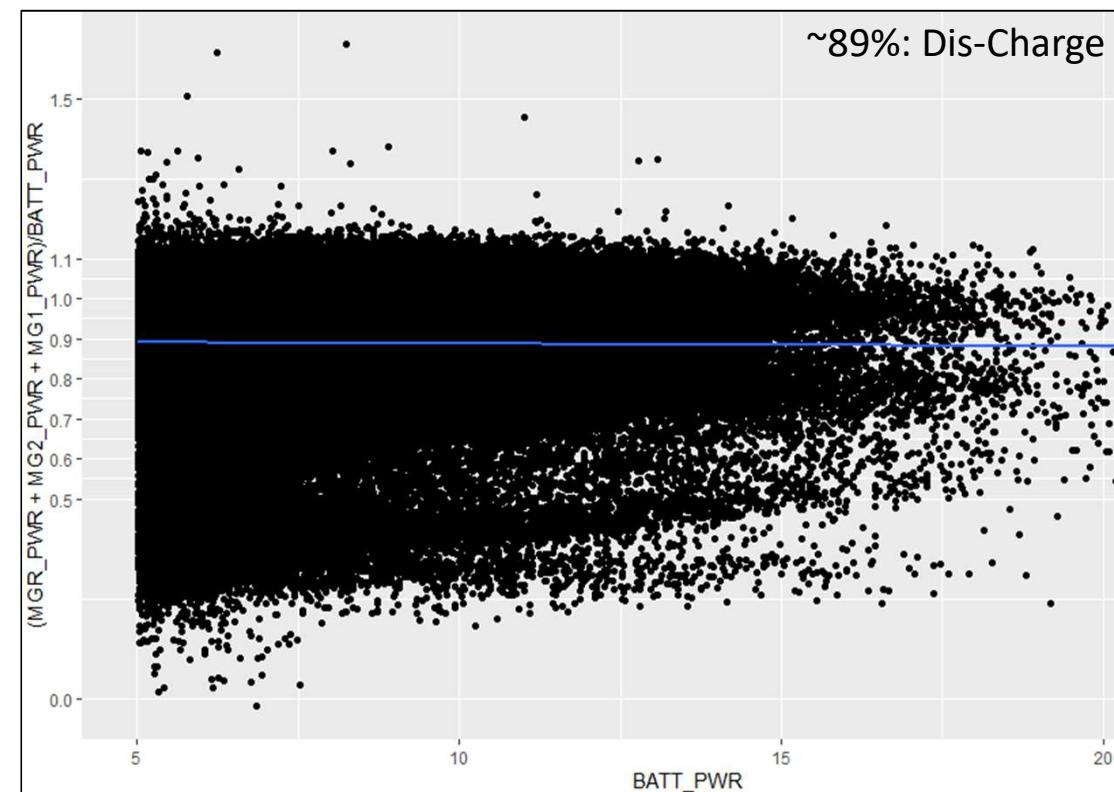
ICE_PWR → MG1_PWR: 82%
MG1 → BATT_PWR: 90-95%
im Durchschnitt 75% (Motor → Batterie)

2.25 l/h → 4 kW ICE: 22-25% Verbrennerwirkungsgrad (im Stand)
bisher: 13 kWh (über 21000 km)
37% Verbrennerwirkungsgrad während der Fahrt

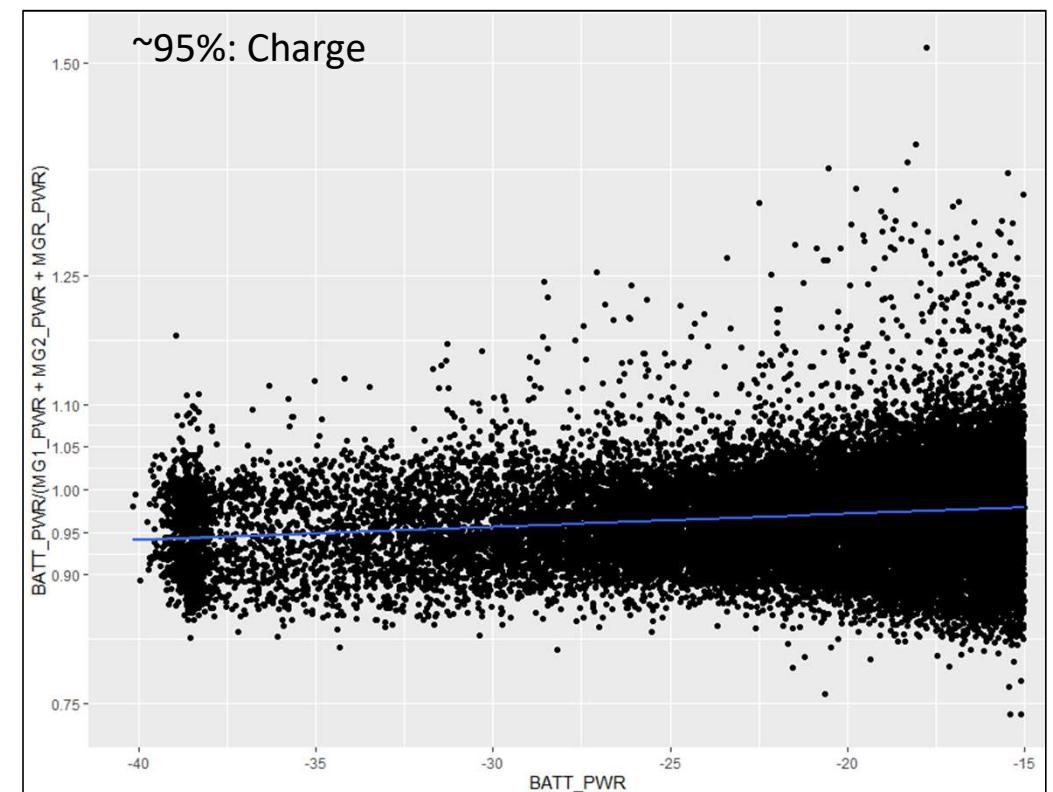
Wirkungsgradkette: MG_mech → MG_elec → Batterie → MG_elec → MG_mech

Rav4 5. Gen, Wirkungsgrad E-Maschine

Rav4 (BATT_PWR > 5 kW)



Rav4 (BATT_PWR < -20 kW)



Entladen: ~ 11% „Verlust“, Laden: ~ 6% „Verlust“

```
qpplot(BATT_PWR, (MG1_PWR+MG2_PWR+MGR_PWR)/BATT_PWR, data = temp, geom = c("point", "smooth"),method="lm", ylim=c(0.5,1.5))+  
scale_y_continuous(breaks = c(0.5,0.75,0.9,0.95,1.0,1.05,1.1,1.25,1.5))
```

Noch zu untersuchen:

Für alle Fahrten:

Motorstarts

Katheizen (ICE low Power, BATT_PWR>0):

Zündwinkel stationär

Batt_Temperatur Modell (und Entwicklung während T15 OFF)

Batteriemanagement:

Temperatur

Ladezustand

Batterieperformance

80% nicht erreicht bei kalter Batterie

Alterung (Prius_DischargeCharge)

Datenbank für Fahrten mit Bosch Autos → wie sinnvoll aufbauen, Datum muss mit rein

Import für TorquePro Messungen