

RAILplus P3 LO 1.3.3, LO 1.3.2 Vorstellung Ergebnisse MKS

Dr.-Ing. Shiping Dongfang
Mattia Iacono



DB Systemtechnik
STADLER

TRAKTANDEN

- 1 Hintergrund (Dr. Shiping Dongfang)**
- 2 Fahrzeuge (Dr. Shiping Dongfang)**
 - 2.1 Auswahl exemplarisches Fahrzeug
 - 2.2 MKS-Modelle
- 3 Parametervariation (Dr. Shiping Dongfang)**
 - 3.1 Randbedingungen
 - 3.2 Parameter zu variieren
 - 3.3 Variationsschema
- 4 Auswertung - Varianten (Mattia Iacono)**
- 5 Einfluss a_q und R (Mattia Iacono)**
- 6 Empfehlungen für Betreiber (Mattia Iacono)**

1 Hintergrund

SITUATIONSBESCHREIBUNG

- Gesamtziele
 - Erarbeitung der **Grundlagen** der Rad-Schiene-Interaktion von Meterspurbahnen insbesondere **in engen Bögen**
 - **Wegweisung für die Weiterentwicklung** der Fahrzeugkonstruktion in Richtung Wirtschaftlichkeit und Verschleißarmut



- Lieferobjekte der Mehrkörper-Simulation
 - 1.3.3 Vereinfachte Methoden zur Ermittlung des **Stellungsbildes** der Fahrwerke im Bogen *in Abhängigkeit des Bogenhalbmessers*
 - Exemplarisch mit repräsentativen Fahrzeugkonfigurationen und relevanten Referenzfahrzeugtypen
 - Parametervariationsstudie für Sensitivität und Identifikation stellungsbildtechnisch vorteilhaften Variationsrichtungen
 - 1.3.2 **Erfordernisse** zur nominellen **Spurenweiterung** aufgrund der bogenabhängigen Stellungsbilder der Fahrzeuge
 - Sonderfall von 1.3.3 – Spurweite im Gleisbogen als Parameter
 - Gleichmaßen ausgewertet als 1.3.3

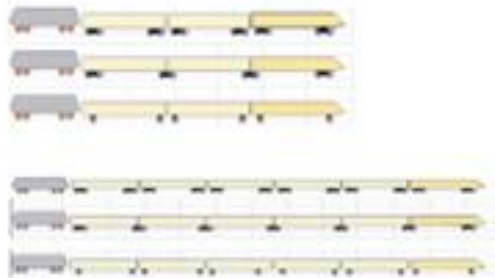
2 Fahrzeuge

Trains

Concepts de trains synthétiques

12 realistische von 25 theoretischen
- spez. Kennzahlen von realen Fahrzeugen abgeleitet

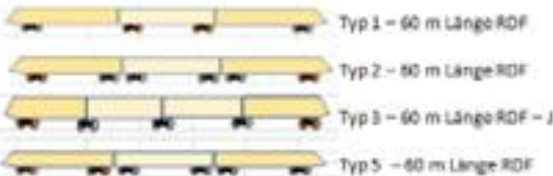
6 trains avec locomotive



2 Module d'entraînement



4 rames automotrices



Véhicules de référence

Repräsentative(s) Fahrzeug(e)
Der betreffenden Bahnen

RBS



RhB



Tous les chemins de fer

Systèmes/approches de solutions

Approches de solutions

Starre Radsatzführung



Elastische Radsatzführung inkl. HALL



Aktive Radsatzsteuerung



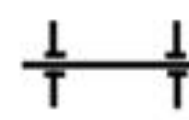
Gegenseitige Radsatzsteuerung
(GGA, Kreuzanker, Scheffel)



Aktiver Schlingerdämpfer (ADD)



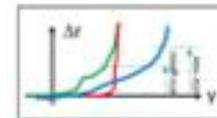
Losrad / Einzelrad



Paramètres de voie/véhicule

Berührgeometrie

- $\Delta R=0$
- ΔR -Grenzbogen
- ΔR -maximal



- ungefederte Masse
- Radsatzlast
- Fahrbahn Steifigkeit



Traktionsregelung



Spurkranzschmierung (SKS)

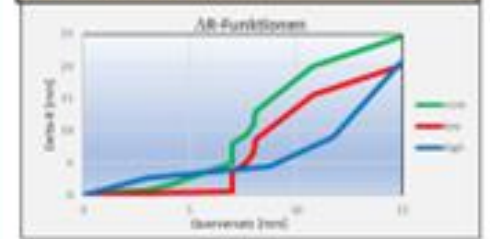


Schienenkopf Konditionierung (SKK)



Combinaisons

Empfindlichkeit aller Lösungsansätze
bezüglich der berührgeometrischen
Eigenschaft ΔR



- Elastische Radsatzführung inkl. HALL
- Aktive Radsatzsteuerung
- Gegenseitige Radsatzsteuerung
(GGA, Kreuzanker, Scheffel)
- Aktiver Schlingerdämpfer (ADD)
- Losrad / Einzelrad
- Spurkranzschmierung (SKS)
- Schienenkopf Konditionierung (SKK)

Sensibilité des solutions au
glissement de traction


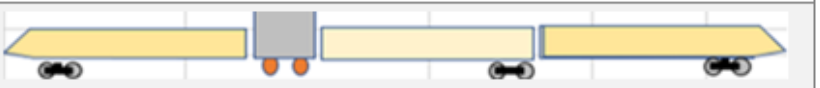

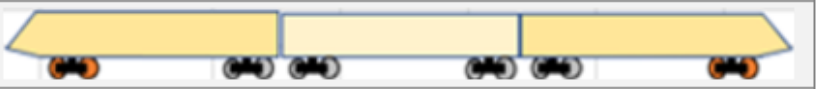

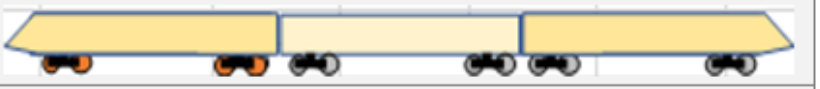


Trains avec des solutions et des
combinaisons prometteuses

- Synthetischer Zug oder realer Zug (Referenzfahrzeug)
- Bahn- bzw. Einsatz spezifisch am besten geeignete Lösungsansätze
- Grundlage für die Spezifikation von:
 - Neubau Fahrzeugen
 - Umbau bzw. Nachrüstungsmöglichkeiten

2.1 AUSWAHL EXEMPLARISCHES FAHRZEUG

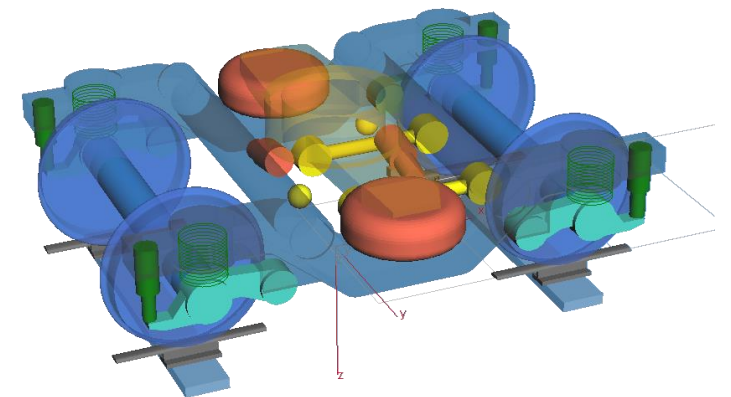
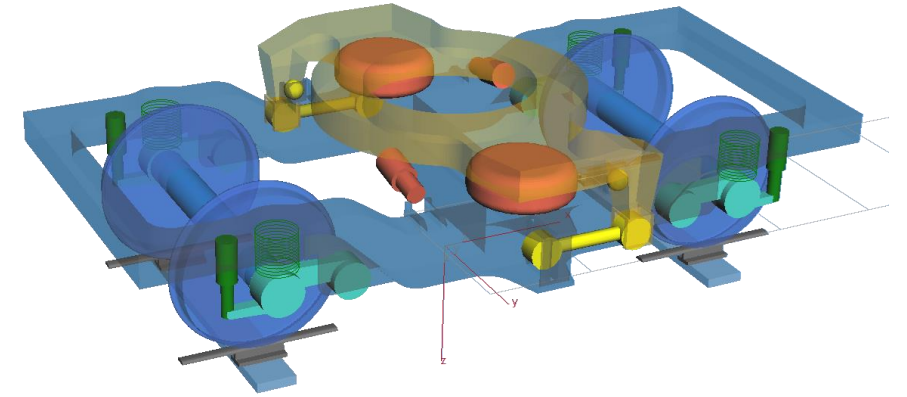
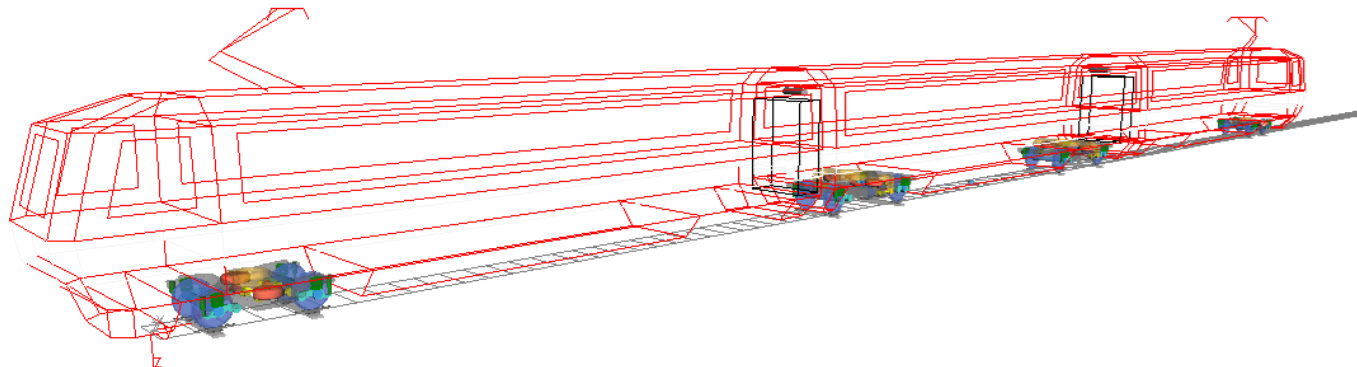
- Auswahl der Basiskonfiguration
 - Konfigurationen aus FIMO
 - Kriterien: Flottenstärke und Verhältnisauffälligkeit
- Auswahl des Referenzfahrzeugs
 - Triebzug 1 – KOMET ABDeh 4/8
 - (Triebzug 2 × 5) – ORION ABeh 8/12
 - Modelliert: Gesamttriebzug
 - Ausgewertet: jeweils das angetriebenen Triebzugteil

Bezeichnung	Graphische Darstellung
Lokbespannter Zug, 120m, RDF	
Antriebsmodul, 60m, RDF	
Triebzug 1 - 60m, RDF	
Triebzug 2 - 60m, RDF	
Triebzug 3 - 60m, RDF-J	
Triebzug 5- 60m, RDF	
<ul style="list-style-type: none"> • RDF: Radsatz-Doppel-Fahrwerk • -J: Jakobs-Bauart 	

2.2 MKS-MODELLE

KOMET

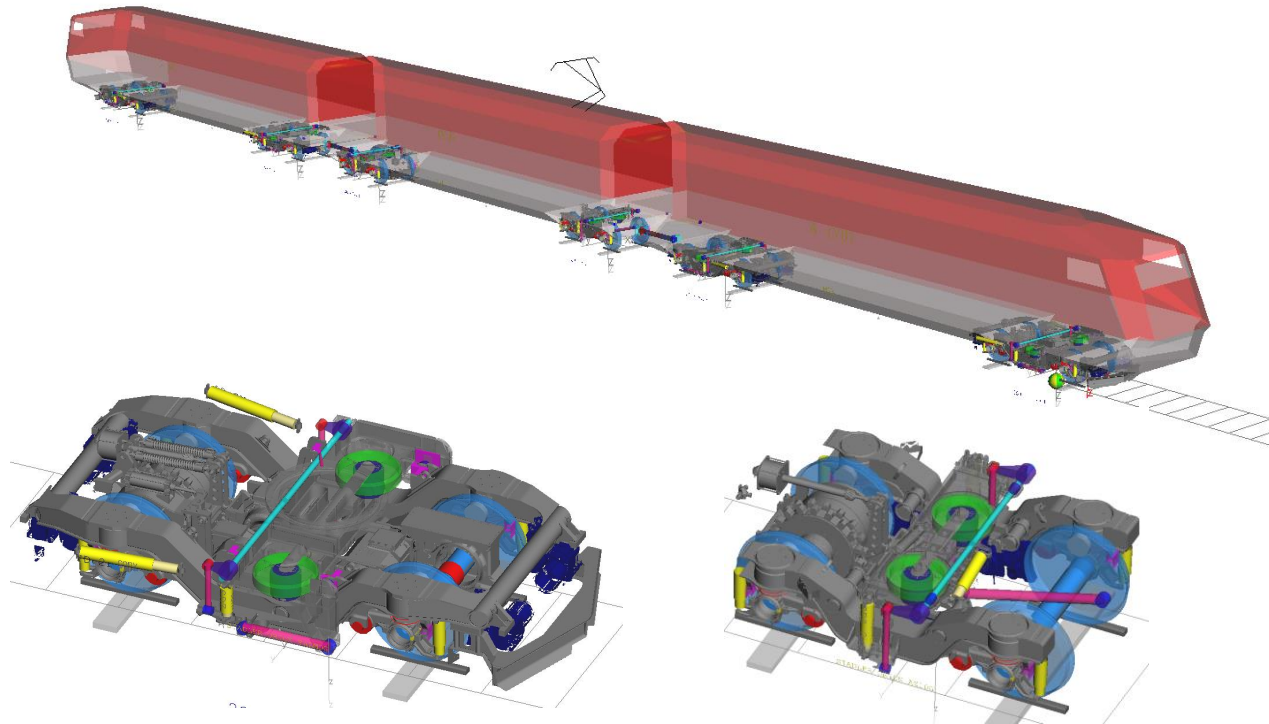
- Autor: ViF
- ABDeh 4/8 (3-teilige Variante)



2.2 MKS-MODELLE

ORION

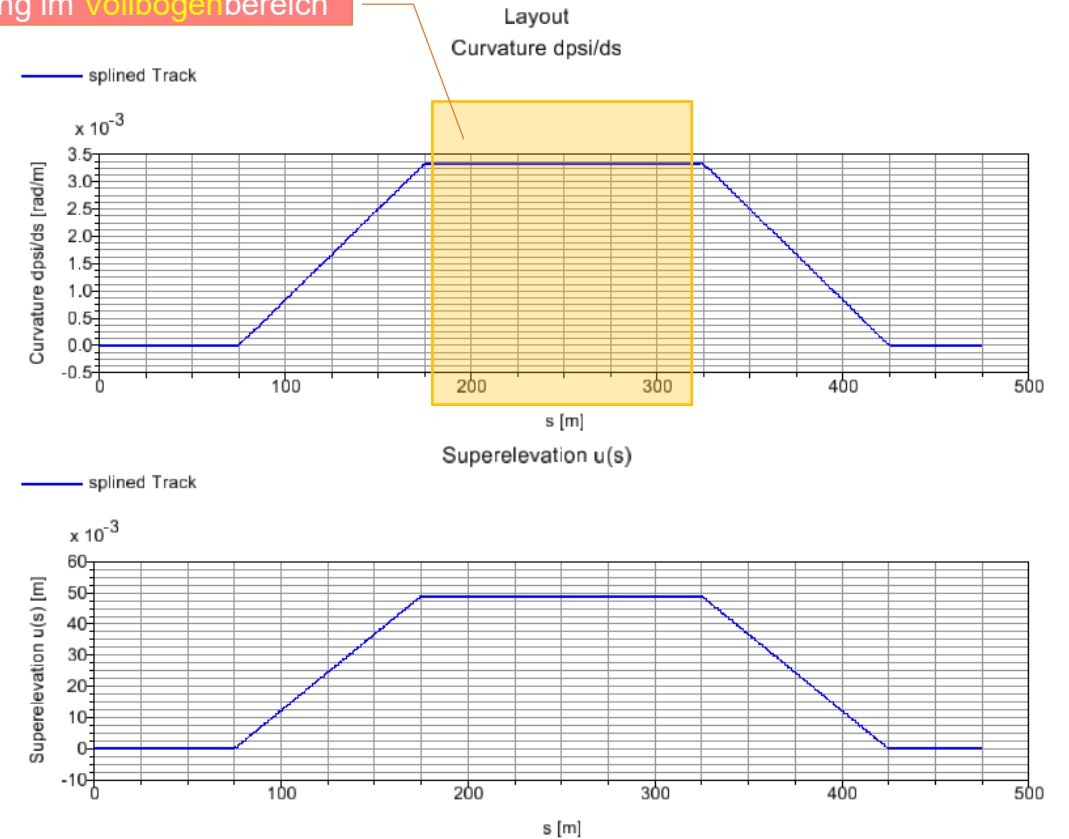
- Autor: Stadler
- 3-Teiler Triebzug: 4-Motordrehgestelle + 2-Laufdrehgestelle



2.3 STRECKE UND GLEIS

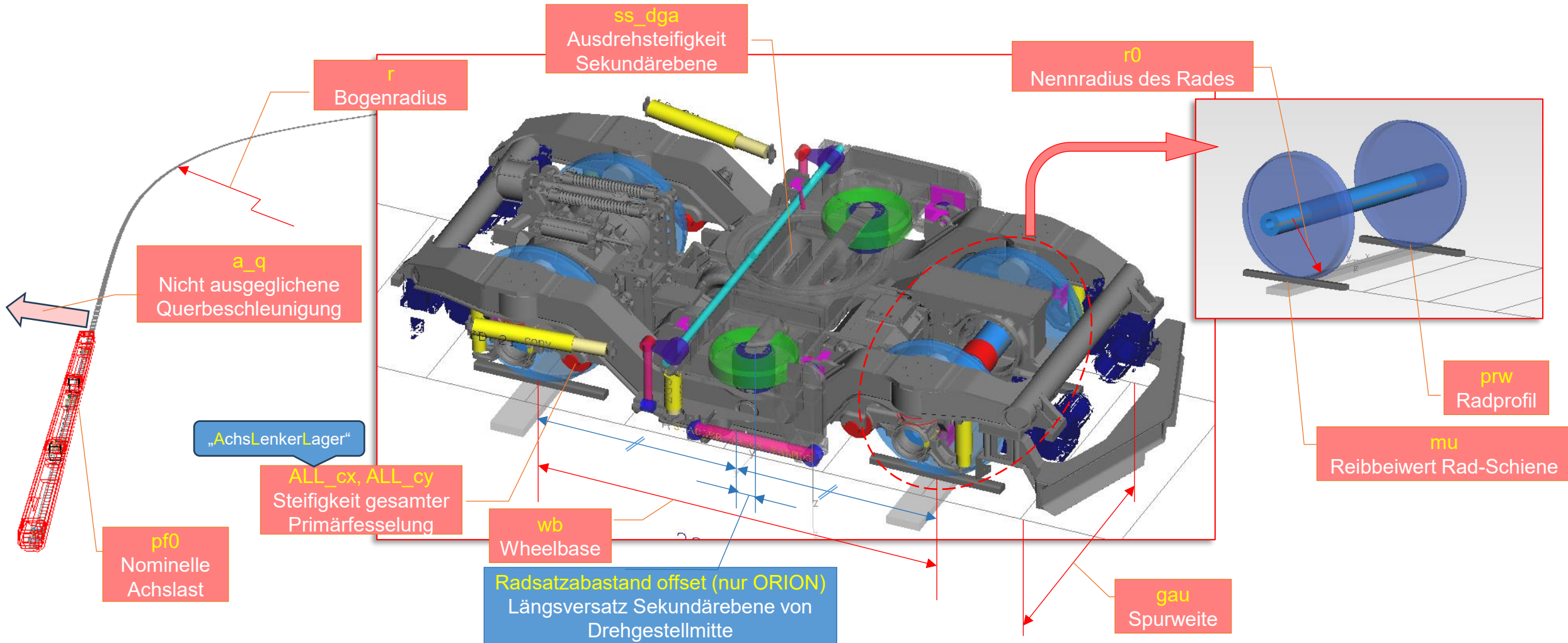
- Strecke: ein überhöhter Einzelbogen
- Fahrtrichtung: eine, Richtung entspricht Rechtsbogen
- Gleislagestörung: keine
- Schienenprofil: 46E1, einheitlich
- Gleisbettelastizität: steif

Auswertung im **Vollbogenbereich**



3 Parametervariation

3.2 PARAMETER ZU VARIIEREN



3.3 VARIATIONSSCHEMA

Varianten – Parameterkombination des Untersuchungsobjektes

Basisvariante entspricht Konstruktionszustand beider Referenzfahrzeuge

Var ID	Paramter	Radsatzabstand [m]		RA Offset [m]		ALL_c_x [kN/mm]	ALL_c_y [kN/mm]	Drehsteifigkeit [Nm/rad]	W_d [mm]		Radprofil	mu	Spurweite [m]	Beladung
		ORION	KOMET	ORION	KOMET	Shared	Shared	Shared	ORION	KOMET	Shared	Shared	Shared	Shared
0	Basis	2.4	2.54	0.4	N/A	10	3	0	790	796	RTE 29500 Typ A	0.32	1000	Tara
1.1	Radsatzabstand (1.5m)	1.5	1.5	0.4	N/A	10	3	0	790	796	RTE 29500 Typ A	0.32	1000	Tara
1.2	Radsatzabstand (2m)	2	2	0.4	N/A	10	3	0	790	796	RTE 29500 Typ A	0.32	1000	Tara
1.3	Radsatzabstand (3m)	3	3	0.4	N/A	10	3	0	790	796	RTE 29500 Typ A	0.32	1000	Tara
2.1	Radsatzabstand Offeset (-0.4m)	2.4	N/A	-0.4	N/A	10	3	0	790	796	RTE 29500 Typ A	0.32	1000	Tara
2.2	Radsatzabstand Offeset (0 m)	2.4	N/A	0	N/A	10	3	0	790	796	RTE 29500 Typ A	0.32	1000	Tara
3.1	ALL_cx (1 kN/mm)	2.4	2.54	0.4	N/A	1	3	0	790	796	RTE 29500 Typ A	0.32	1000	Tara
3.2	ALL_cx (3 kN/mm)	2.4	2.54	0.4	N/A	3	3	0	790	796	RTE 29500 Typ A	0.32	1000	Tara
3.3	ALL_cx (30 kN/mm)	2.4	2.54	0.4	N/A	30	3	0	790	796	RTE 29500 Typ A	0.32	1000	Tara
3.4	ALL_cy (10 kN/mm)	2.4	2.54	0.4	N/A	10	10	0	790	796	RTE 29500 Typ A	0.32	1000	Tara
3.5	ALL_cy (1 kN/mm)	2.4	2.54	0.4	N/A	10	1	0	790	796	RTE 29500 Typ A	0.32	1000	Tara
4.1	Drehsteifigkeit (30 kNm/rad)	2.4	2.54	0.4	N/A	10	3	30000	790	796	RTE 29500 Typ A	0.32	1000	Tara
4.2	Drehsteifigkeit (90 kNm/rad)	2.4	2.54	0.4	N/A	10	3	90000	790	796	RTE 29500 Typ A	0.32	1000	Tara
5.1	Raddurchmesser (680 mm)	2.4	2.54	0.4	N/A	10	3	0	680	680	RTE 29500 Typ A	0.32	1000	Tara
5.2	Raddurchmesser (770 mm)	2.4	2.54	0.4	N/A	10	3	0	720	770	RTE 29500 Typ A	0.32	1000	Tara
6.1	Radprofil Railplus (v1A/28.5/25)	2.4	2.54	0.4	N/A	10	3	0	790	796	v1A/28.5/25	0.32	1000	Tara
6.2	Radprofil Railplus (v1A/28.0/27)	2.4	2.54	0.4	N/A	10	3	0	790	796	v1A/28.0/27	0.32	1000	Tara
7.1	Reibwert 0.2	2.4	2.54	0.4	N/A	10	3	0	790	796	RTE 29500 Typ A	0.2	1000	Tara
7.2	Reibwert 0.4	2.4	2.54	0.4	N/A	10	3	0	790	796	RTE 29500 Typ A	0.4	1000	Tara
8.1	Spurweiterung +5 mm	2.4	2.54	0.4	N/A	10	3	0	790	796	RTE 29500 Typ A	0.32	1005	Tara
8.2	Spurweiterung +10 mm	2.4	2.54	0.4	N/A	10	3	0	790	796	RTE 29500 Typ A	0.32	1010	Tara
8.3	Spurweiterung +30 mm	2.4	2.54	0.4	N/A	10	3	0	790	796	RTE 29500 Typ A	0.32	1030	Tara
9.1	Brutto 1/2	2.4	2.54	0.4	N/A	10	3	0	790	796	RTE 29500 Typ A	0.32	1000	Brutto / 2
9.2	Brutto	2.4	2.54	0.4	N/A	10	3	0	790	796	RTE 29500 Typ A	0.32	1000	Brutto
6.1 8.1	v1A/28.5/25 & Spurweite+5mm	2.4	2.54	0.4	N/A	10	3	0	790	796	v1A/28.5/25	0.32	1005	Tara
6.2 8.1	v1A/28.0/27 & Spurweite+5mm	2.4	2.54	0.4	N/A	10	3	0	790	796	v1A/28.0/27	0.32	1005	Tara
6.1 8.2	v1A/28.5/25 & Spurweite+10mm	2.4	2.54	0.4	N/A	10	3	0	790	796	v1A/28.5/25	0.32	1010	Tara
6.2 8.2	v1A/28.0/27 & Spurweite+10mm	2.4	2.54	0.4	N/A	10	3	0	790	796	v1A/28.0/27	0.32	1010	Tara
6.1 8.3	v1A/28.5/25 & Spurweite+30mm	2.4	2.54	0.4	N/A	10	3	0	790	796	v1A/28.5/25	0.32	1030	Tara
6.2 8.3	v1A/28.0/27 & Spurweite+30mm	2.4	2.54	0.4	N/A	10	3	0	790	796	v1A/28.0/27	0.32	1030	Tara
3.1 3.4	ALL_cx (1 kN/mm) cy(10 kN/mm)	2.4	2.54	0.4	N/A	1	10	0	790	796	RTE 29500 Typ A	0.32	1000	Tara
3.1 3.5	ALL_cx (1 kN/mm) cy(1 kN/mm)	2.4	2.54	0.4	N/A	1	1	0	790	796	RTE 29500 Typ A	0.32	1000	Tara
3.2 3.4	ALL_cx (30 kN/mm) cy(10 kN/mm)	2.4	2.54	0.4	N/A	30	10	0	790	796	RTE 29500 Typ A	0.32	1000	Tara
3.2 3.5	ALL_cx (30 kN/mm) cy(1 kN/mm)	2.4	2.54	0.4	N/A	30	1	0	790	796	RTE 29500 Typ A	0.32	1000	Tara

Rad-Schiene-Kontaktbedingungen charakterisierbar durch Konizität, Radialstellungsindex für jeden r, etc.

Legend
Shared
ORION
KOMET
Info
Modification

3.3 VARIATIONSSCHEMA

Für jede Variante: *Lastfälle* – Parameterkombination der Fahrtbedingungen

Aufbau der „Track ID“:
 $\{a_q\}\{r\}$

Track ID	a _q [m/s ²]	Speed [km/h]	Speed [m/s]	Radius [m]	Superelevation [mm]	Transition length [m]	Twist [‰]	Track irregularities
0 100	0.0	23	6.46	100	45	16	2.8	No
0 150	0.0	23	6.48	150	30	14	2.1	No
0 200	0.0	32	8.98	200	43	22	2.0	No
0 300	0.0	42	11.71	300	49	28	1.7	No
0.4 100	0.4	33	9.04	100	45	16	2.8	No
0.4 150	0.4	36	10.10	150	30	14	2.1	No
0.4 200	0.4	46	12.68	200	43	22	2.0	No
0.4 300	0.4	58	16.03	300	49	28	1.7	No
0.8 100	0.8	40	11.03	100	45	16	2.8	No
0.8 150	0.8	46	12.73	150	30	14	2.1	No
0.8 200	0.8	56	15.51	200	43	22	2.0	No
0.8 300	0.8	70	19.42	300	49	28	1.7	No
1 100	1.0	43	11.90	100	45	16	2.8	No
1 150	1.0	50	13.86	150	30	14	2.1	No
1 200	1.0	60	16.75	200	43	22	2.0	No
1 300	1.0	75	20.91	300	49	28	1.7	No

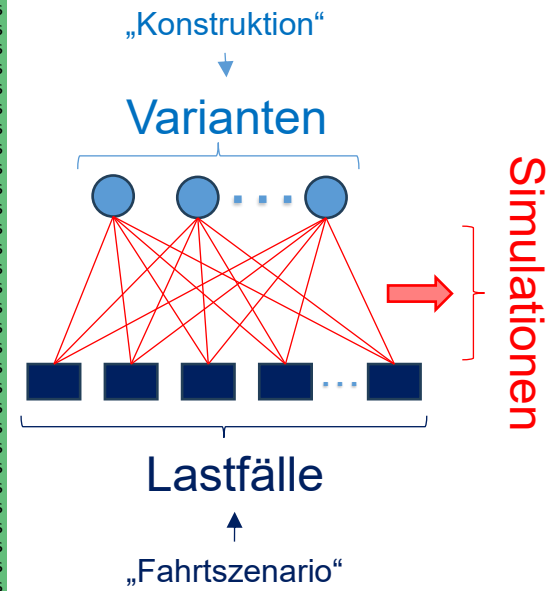
3.3 VARIATIONSSCHEMA

Insgesamt 1056 Simulationen – 544 für ORION, 512 für KOMET

Run ID	Vehicle	Load case number	wb	Wheelset_offset	ps_cx	ps_cy	ss_dga	r0	prw_l	aq	r	gau	prr_l	mu	pf0
0 100_0	KOMET	1	2.54	N/A	10000000	3000000	0	0.796/2	W98.prw	0	100	1	46E1.prr	0.32	13666
0 150_0	KOMET	2	2.54	N/A	10000000	3000000	0	0.796/2	W98.prw	0	150	1	46E1.prr	0.32	13666
0 200_0	KOMET	3	2.54	N/A	10000000	3000000	0	0.796/2	W98.prw	0	200	1	46E1.prr	0.32	13666
0 300_0	KOMET	4	2.54	N/A	10000000	3000000	0	0.796/2	W98.prw	0	300	1	46E1.prr	0.32	13666
0.4 100_0	KOMET	5	2.54	N/A	10000000	3000000	0	0.796/2	W98.prw	0.4	100	1	46E1.prr	0.32	13666
0.4 150_0	KOMET	6	2.54	N/A	10000000	3000000	0	0.796/2	W98.prw	0.4	150	1	46E1.prr	0.32	13666
0.4 200_0	KOMET	7	2.54	N/A	10000000	3000000	0	0.796/2	W98.prw	0.4	200	1	46E1.prr	0.32	13666
0.4 300_0	KOMET	8	2.54	N/A	10000000	3000000	0	0.796/2	W98.prw	0.4	300	1	46E1.prr	0.32	13666
0.8 100_0	KOMET	9	2.54	N/A	10000000	3000000	0	0.796/2	W98.prw	0.8	100	1	46E1.prr	0.32	13666
0.8 150_0	KOMET	10	2.54	N/A	10000000	3000000	0	0.796/2	W98.prw	0.8	150	1	46E1.prr	0.32	13666
0.8 200_0	KOMET	11	2.54	N/A	10000000	3000000	0	0.796/2	W98.prw	0.8	200	1	46E1.prr	0.32	13666
0.8 300_0	KOMET	12	2.54	N/A	10000000	3000000	0	0.796/2	W98.prw	0.8	300	1	46E1.prr	0.32	13666
1 100_0	KOMET	13	2.54	N/A	10000000	3000000	0	0.796/2	W98.prw	1	100	1	46E1.prr	0.32	13666
1 150_0	KOMET	14	2.54	N/A	10000000	3000000	0	0.796/2	W98.prw	1	150	1	46E1.prr	0.32	13666
1 200_0	KOMET	15	2.54	N/A	10000000	3000000	0	0.796/2	W98.prw	1	200	1	46E1.prr	0.32	13666
1 300_0	KOMET	16	2.54	N/A	10000000	3000000	0	0.796/2	W98.prw	1	300	1	46E1.prr	0.32	13666
0 100_1.1	KOMET	1	1.5	N/A	10000000	3000000	0	0.796/2	W98.prw	0	100	1	46E1.prr	0.32	13666
0 150_1.1	KOMET	2	1.5	N/A	10000000	3000000	0	0.796/2	W98.prw	0	150	1	46E1.prr	0.32	13666
0 200_1.1	KOMET	3	1.5	N/A	10000000	3000000	0	0.796/2	W98.prw	0	200	1	46E1.prr	0.32	13666
0 300_1.1	KOMET	4	1.5	N/A	10000000	3000000	0	0.796/2	W98.prw	0	300	1	46E1.prr	0.32	13666
0.4 100_1.1	KOMET	5	1.5	N/A	10000000	3000000	0	0.796/2	W98.prw	0.4	100	1	46E1.prr	0.32	13666
0.4 150_1.1	KOMET	6	1.5	N/A	10000000	3000000	0	0.796/2	W98.prw	0.4	150	1	46E1.prr	0.32	13666
0.4 200_1.1	KOMET	7	1.5	N/A	10000000	3000000	0	0.796/2	W98.prw	0.4	200	1	46E1.prr	0.32	13666
0.4 300_1.1	KOMET	8	1.5	N/A	10000000	3000000	0	0.796/2	W98.prw	0.4	300	1	46E1.prr	0.32	13666
0.8 100_1.1	KOMET	9	1.5	N/A	10000000	3000000	0	0.796/2	W98.prw	0.8	100	1	46E1.prr	0.32	13666
0.8 150_1.1	KOMET	10	1.5	N/A	10000000	3000000	0	0.796/2	W98.prw	0.8	150	1	46E1.prr	0.32	13666
0.8 200_1.1	KOMET	11	1.5	N/A	10000000	3000000	0	0.796/2	W98.prw	0.8	200	1	46E1.prr	0.32	13666
0.8 300_1.1	KOMET	12	1.5	N/A	10000000	3000000	0	0.796/2	W98.prw	0.8	300	1	46E1.prr	0.32	13666
1 100_1.1	KOMET	13	1.5	N/A	10000000	3000000	0	0.796/2	W98.prw	1	100	1	46E1.prr	0.32	13666
1 150_1.1	KOMET	14	1.5	N/A	10000000	3000000	0	0.796/2	W98.prw	1	150	1	46E1.prr	0.32	13666
1 200_1.1	KOMET	15	1.5	N/A	10000000	3000000	0	0.796/2	W98.prw	1	200	1	46E1.prr	0.32	13666
1 300_1.1	KOMET	16	1.5	N/A	10000000	3000000	0	0.796/2	W98.prw	1	300	1	46E1.prr	0.32	13666
0 100_1.2	KOMET	1	2	N/A	10000000	3000000	0	0.796/2	W98.prw	0	100	1	46E1.prr	0.32	13666
0 150_1.2	KOMET	2	2	N/A	10000000	3000000	0	0.796/2	W98.prw	0	150	1	46E1.prr	0.32	13666
0.4 200_9.2	KOMET	7	2.54	N/A	10000000	3000000	0	0.796/2	W98.prw	0.4	200	1	46E1.prr	0.32	17190
0.4 300_9.2	KOMET	8	2.54	N/A	10000000	3000000	0	0.796/2	W98.prw	0.4	300	1	46E1.prr	0.32	17190
0.8 100_9.2	KOMET	9	2.54	N/A	10000000	3000000	0	0.796/2	W98.prw	0.8	100	1	46E1.prr	0.32	17190
0.8 150_9.2	KOMET	10	2.54	N/A	10000000	3000000	0	0.796/2	W98.prw	0.8	150	1	46E1.prr	0.32	17190
0.8 200_9.2	KOMET	11	2.54	N/A	10000000	3000000	0	0.796/2	W98.prw	0.8	200	1	46E1.prr	0.32	17190
0.8 300_9.2	KOMET	12	2.54	N/A	10000000	3000000	0	0.796/2	W98.prw	0.8	300	1	46E1.prr	0.32	17190
1 100_9.2	KOMET	13	2.54	N/A	10000000	3000000	0	0.796/2	W98.prw	1	100	1	46E1.prr	0.32	17190
1 150_9.2	KOMET	14	2.54	N/A	10000000	3000000	0	0.796/2	W98.prw	1	150	1	46E1.prr	0.32	17190
1 200_9.2	KOMET	15	2.54	N/A	10000000	3000000	0	0.796/2	W98.prw	1	200	1	46E1.prr	0.32	17190
1 300_9.2	KOMET	16	2.54	N/A	10000000	3000000	0	0.796/2	W98.prw	1	300	1	46E1.prr	0.32	17190

Aufbau der „Run ID“:
{Track ID}_{Var ID}

Identisch mit
RTE 29500 Typ A



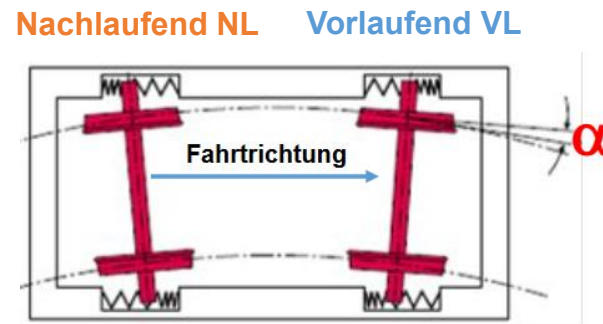
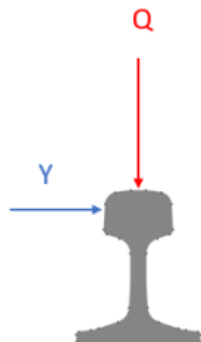
4 Auswirkung von Varianten

4.1 AUSWIRKUNG - VARIANTEN

Unterschied zwischen „Basis“ und Varianten

- Frage 1: Wie unterscheiden sich die einzelnen Varianten im Vergleich zum aktuellen Fahrzeug «Basis»?
- Frage 2: Hilft die jeweilige Variante bei unterschiedlichen «R» und «a_q» gleich?
- Quantität: Querkraft Y, (Vertikalkraft Q) und Anlaufwinkel
- **Negativer Unterschied ist gut** = Reduktion der Quantität

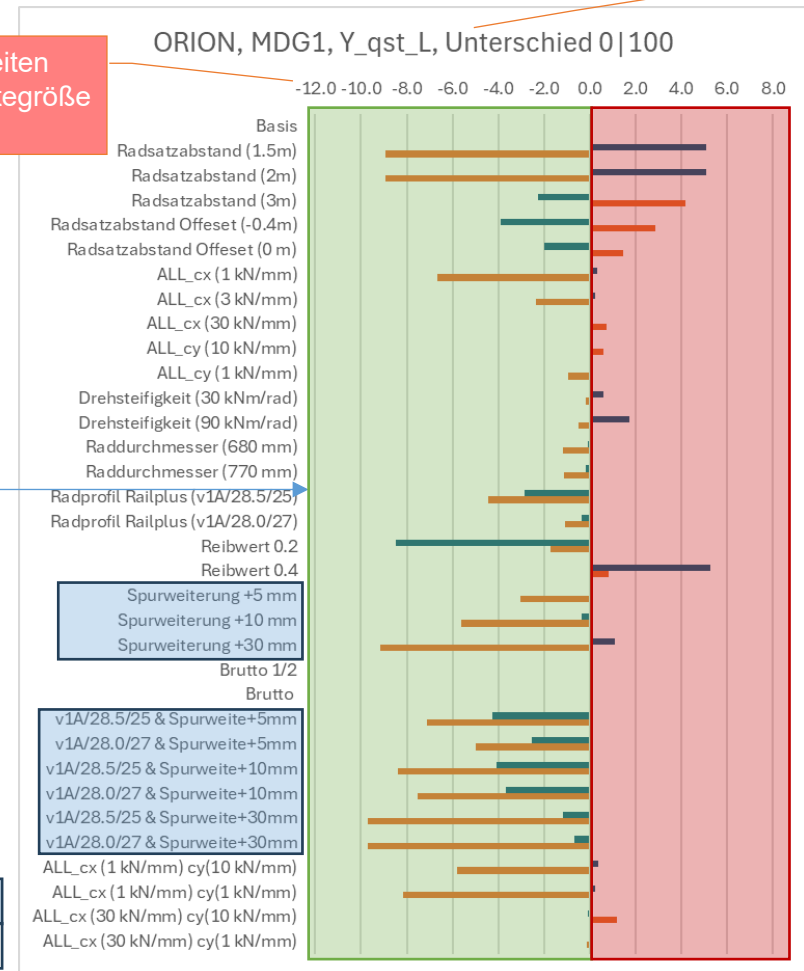
in den jeweiligen Einheiten
entsprechend der Auswertegröße
z.B. (kN, mrad)



LO 1.3.2

LO 1.3.3

Unterschied = abs(Wert aus Variante) – abs(Wert aus Basis)



4.2 AUSWIRKUNG - VARIANTEN

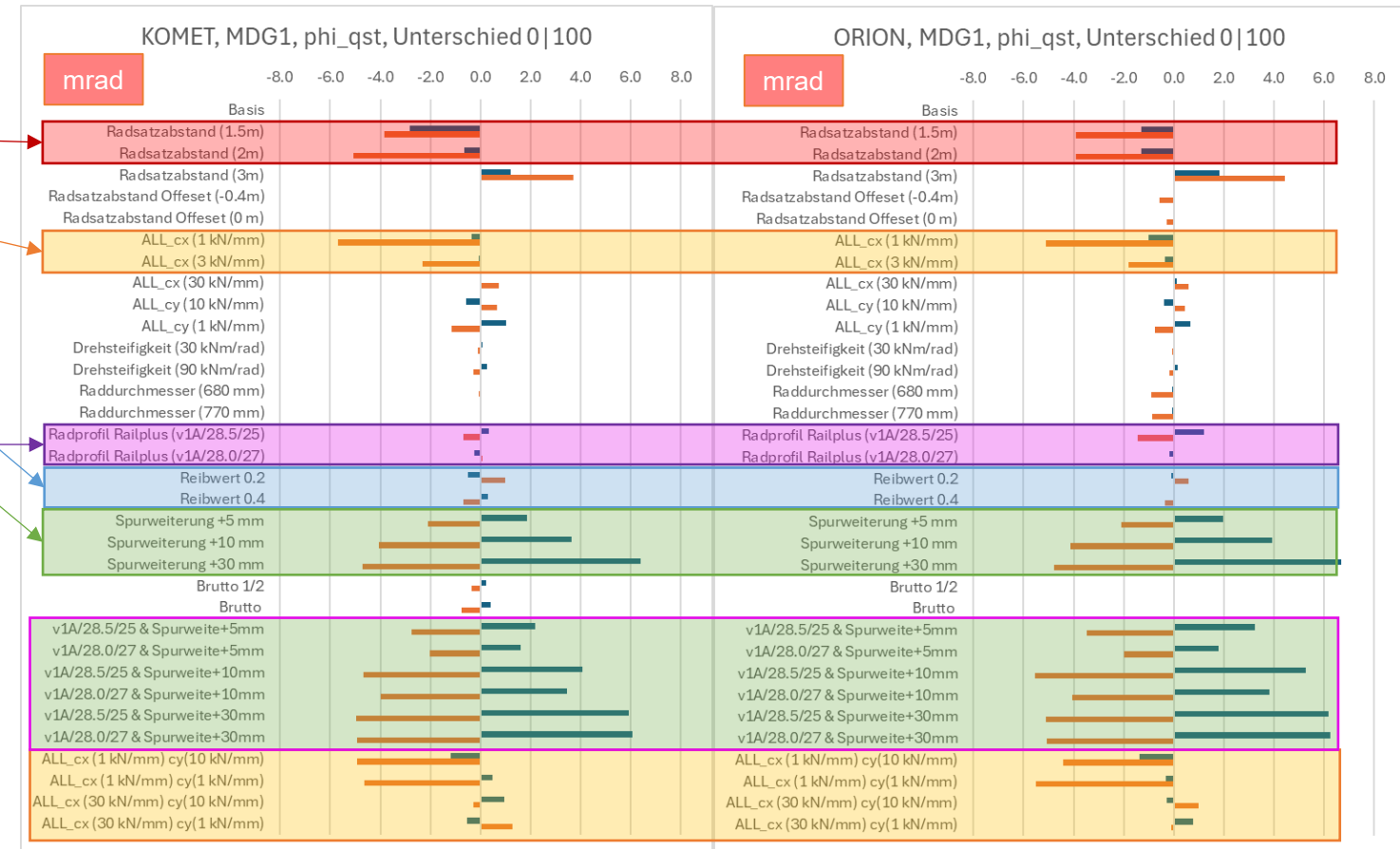
Vergleich: „Basis“ und Varianten bei $R = 100 \text{ m} / a_q = 0 \text{ m/s}^2$

 Vorlaufend
 Nachlaufend

- Anlaufwinkel

- Kleinerer Radsatzabstand hilft
- Niedrigere c_x Steifigkeit am ALL hilft
- Radprofil → Kleiner Effekt
- Niedrigere Reibkoeffizient: kein Effekt
- Spurweiterung → Gut **NL**, schlecht **VL**.

„AchsenkerLager“



- Querkraft **Y** (ausser/innen):

- Niedriger Reibkoeffizient: sehr hilfreich
- Radprofil: kleine Effekte
- Spurweiterung: Hilft nur **NL**-RS.

4.3 AUSWIRKUNG - VARIANTEN

Vergleich: „Basis“ und Varianten bei $R = 200 \text{ m} / a_q = 0 \text{ m/s}^2$

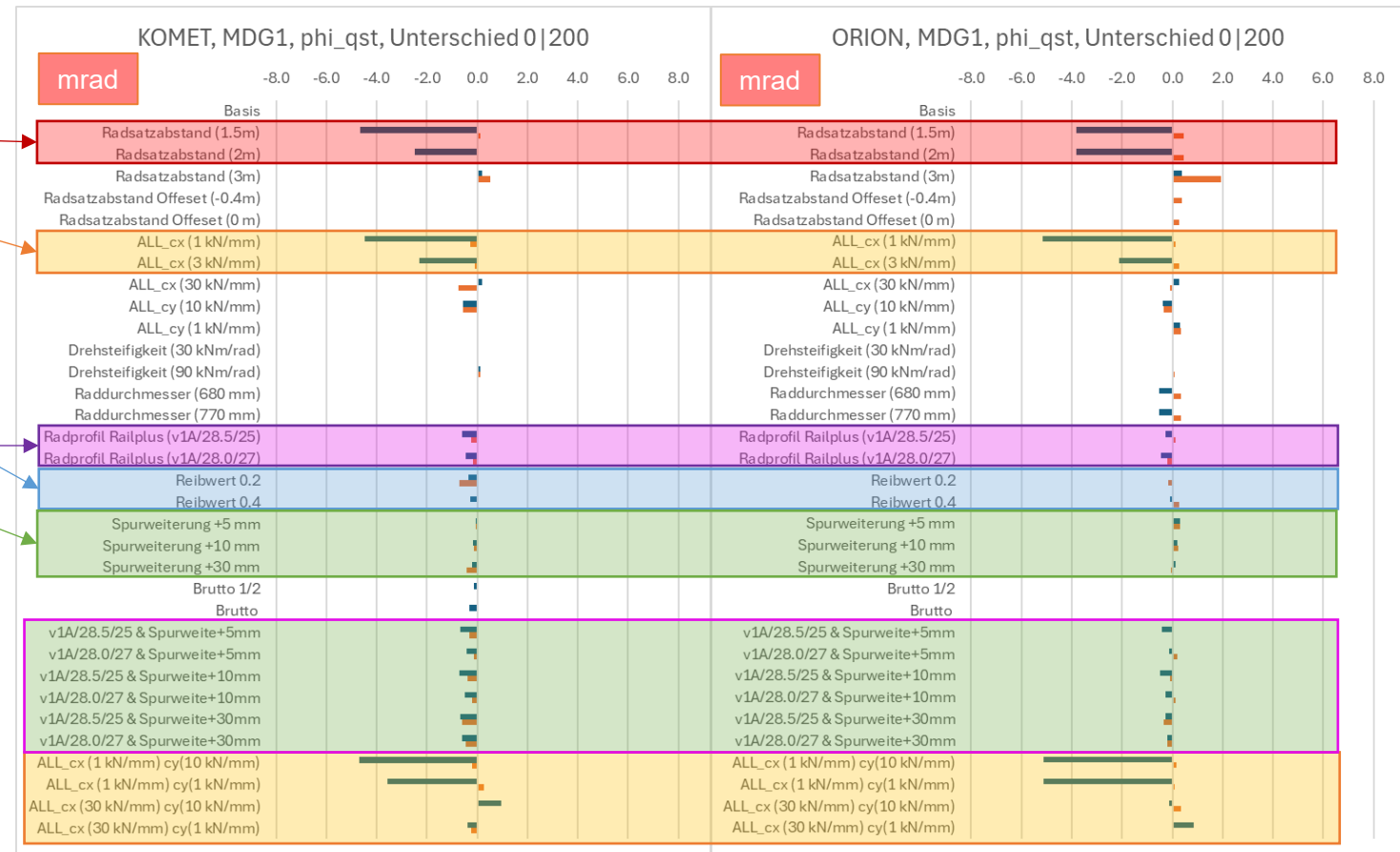
 Vorlaufend
Nachlaufend

- Anlaufwinkel

- Kleinerer Radsatzabstand hilft
- Niedrigere c_x Steifigkeit am ALL hilft
- Radprofil → Kleiner Effekt
- Niedrigere Reibkoeffizient: kein Effekt
- Spurweiterung → **kein Effekt.**

- Querkraft Y (ausssen/innen):

- Niedriger Reibkoeffizient: sehr hilfreich
- Radprofil: **sehr hilfreich für VL-Radsatz**
- Spurweiterung: **kleine Verbesserung**



4.4 AUSWIRKUNG - VARIANTEN

Vergleich: „Basis“ und Varianten bei $R = 200 \text{ m} / a_q = 1 \text{ m/s}^2$

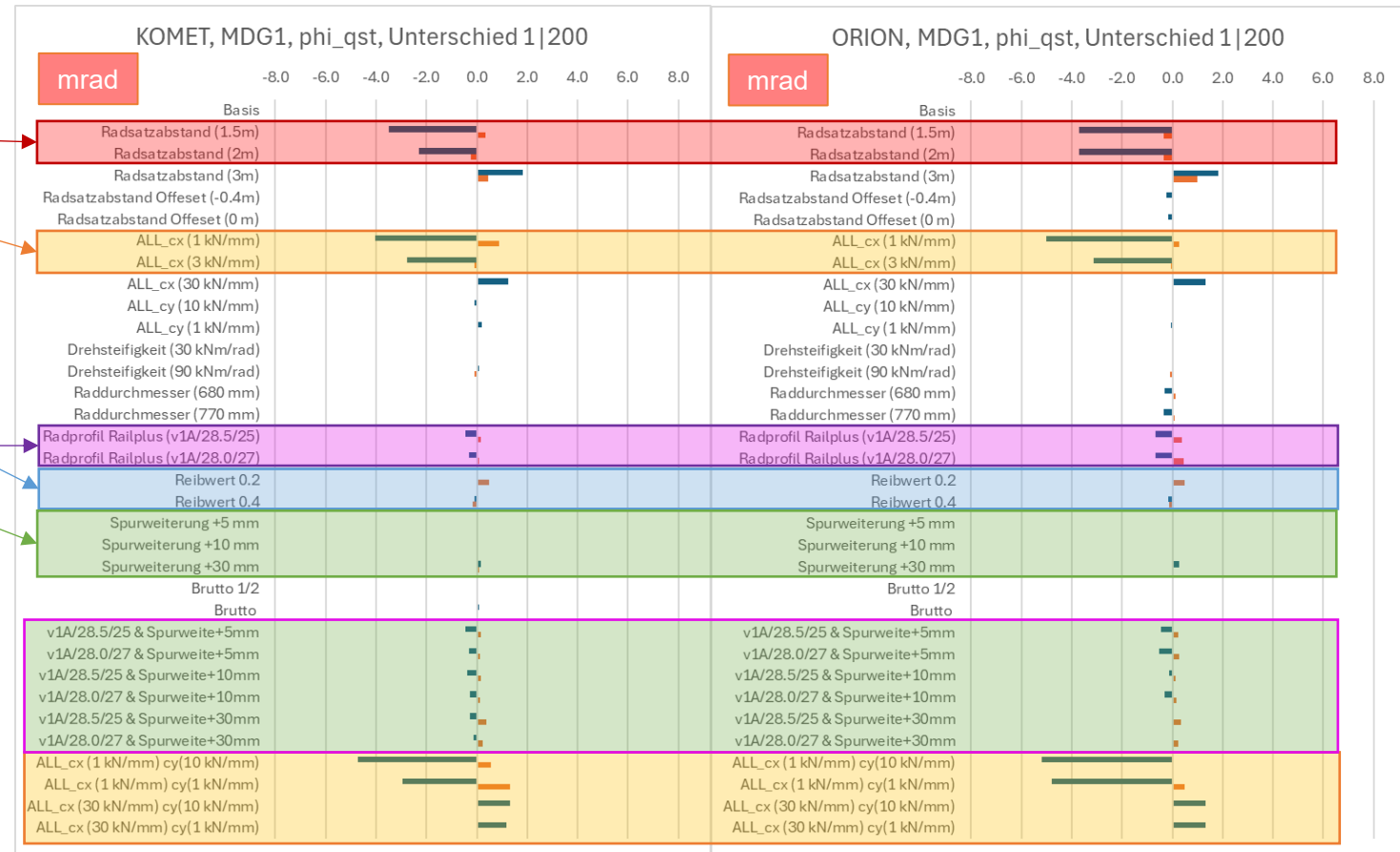
 Vorlaufend
 Nachlaufend

- Anlaufwinkel

- Kleinerer Radsatzabstand hilft
- Niedrigere c_x Steifigkeit am ALL hilft
- Radprofil → Kleiner Effekt
- Niedrigere Reibkoeffizient: kein Effekt
- Spurweiterung → **kein Effekt.**

- Querkraft Y (ausssen/innen):

- Niedriger Reibkoeffizient: **hilft weniger**
- Radprofil: **hilft noch mehr die VL-Radsatz**
- Spurweiterung: **kleine Verbesserung**

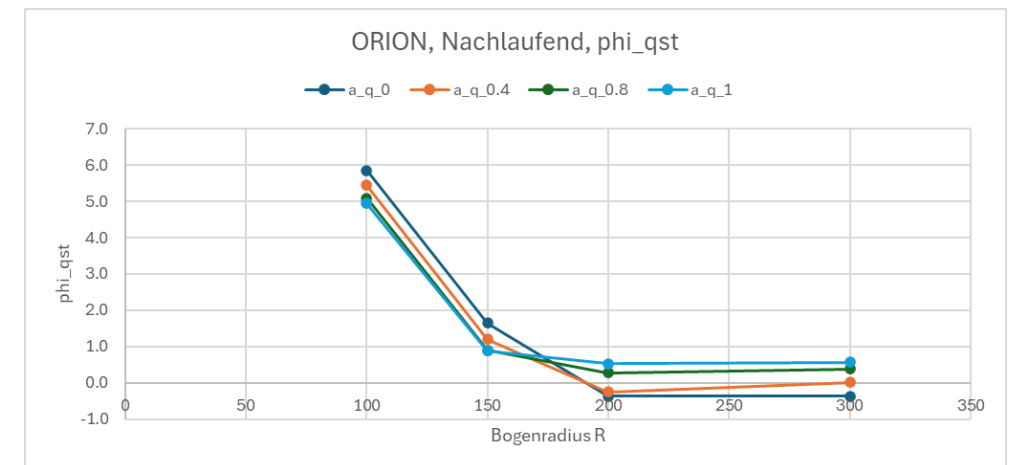
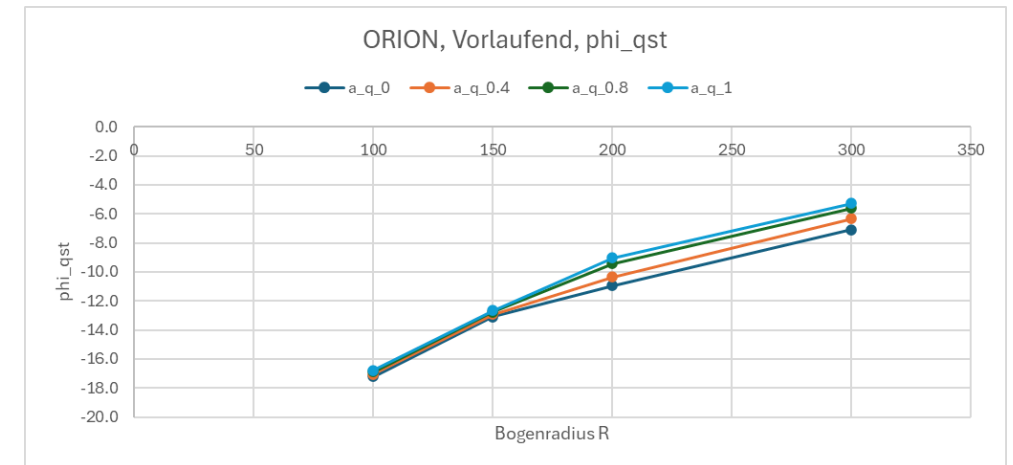
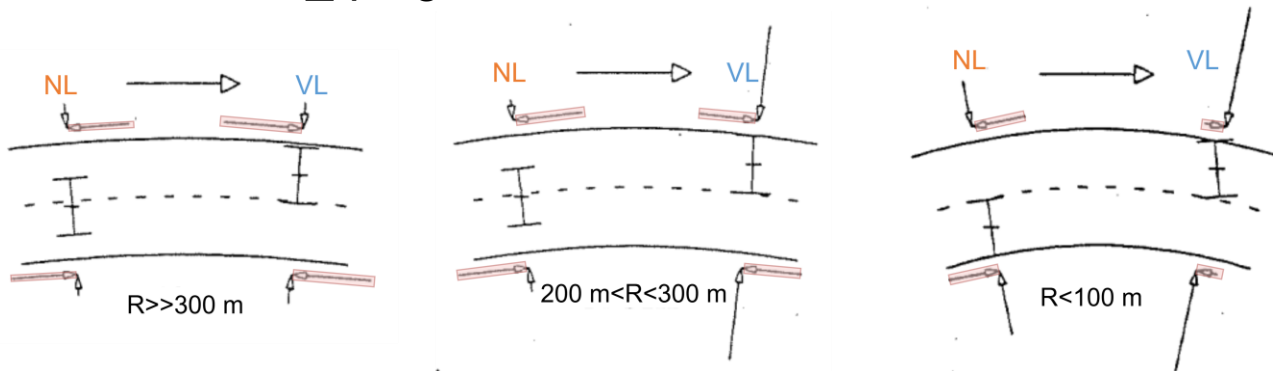


5 Einfluss a_q und R

5.1 EINFLUSS A_Q UND R

Einfluss auf Anlaufwinkel

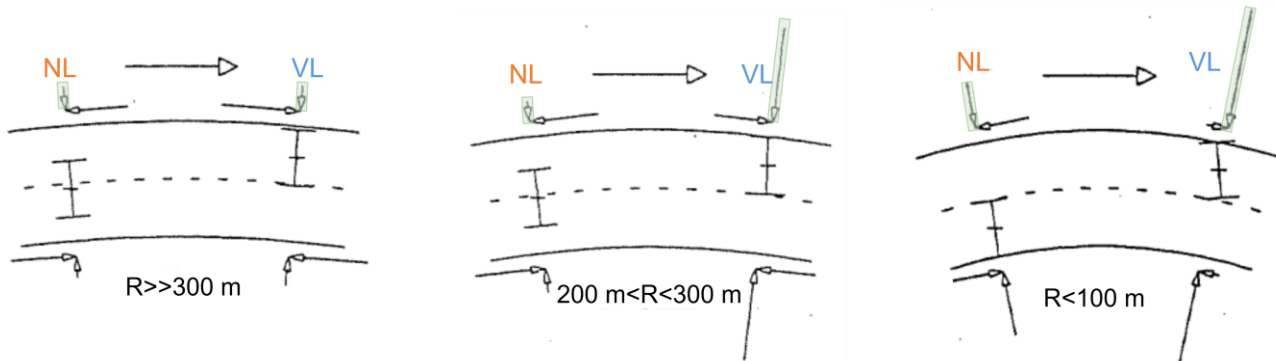
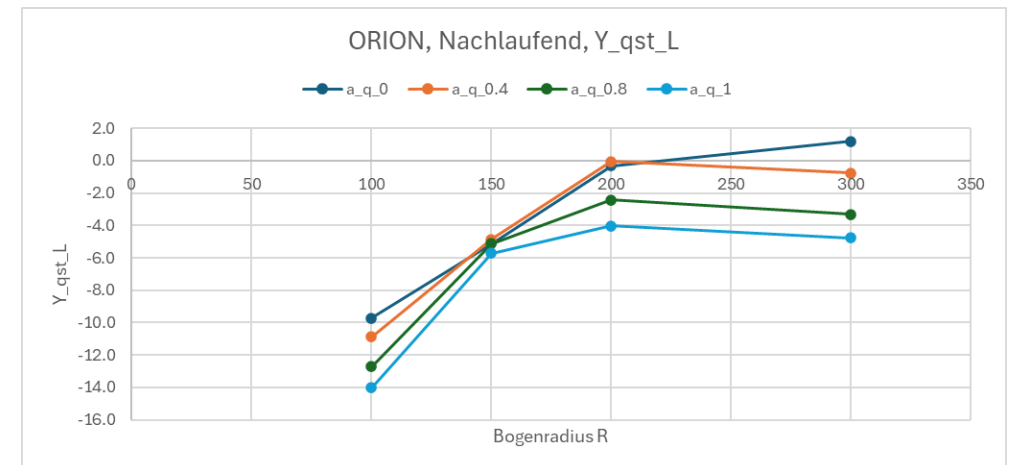
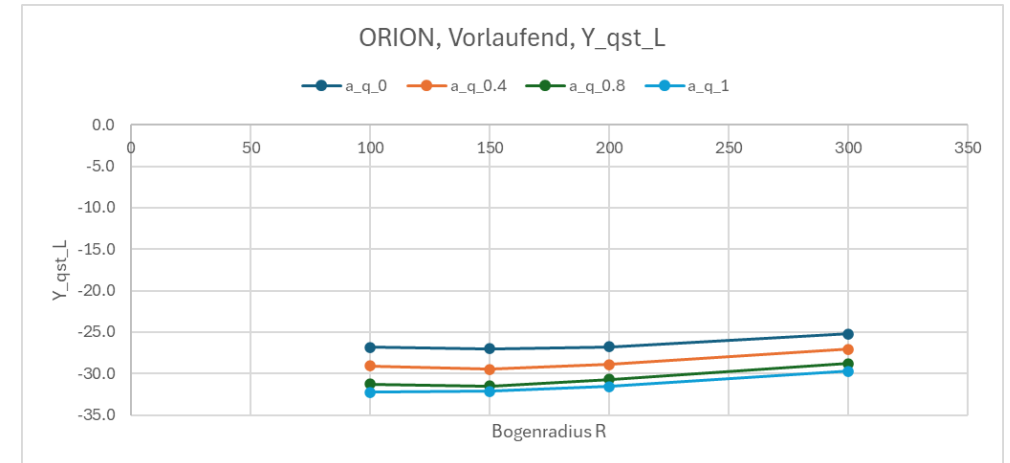
- Einfluss R:
 - Exponentialverlauf mit R
 - Kleiner R = grosser Anlaufwinkel
 - Kein Anlaufwinkel für NL-RS mit $R > 200$ m
- Einfluss a_q :
 - ~ Linearverlauf
 - Kleineres a_q = grösserer Anlaufwinkel



5.2 EINFLUSS A_Q UND R

Einfluss auf Querkraft Außen

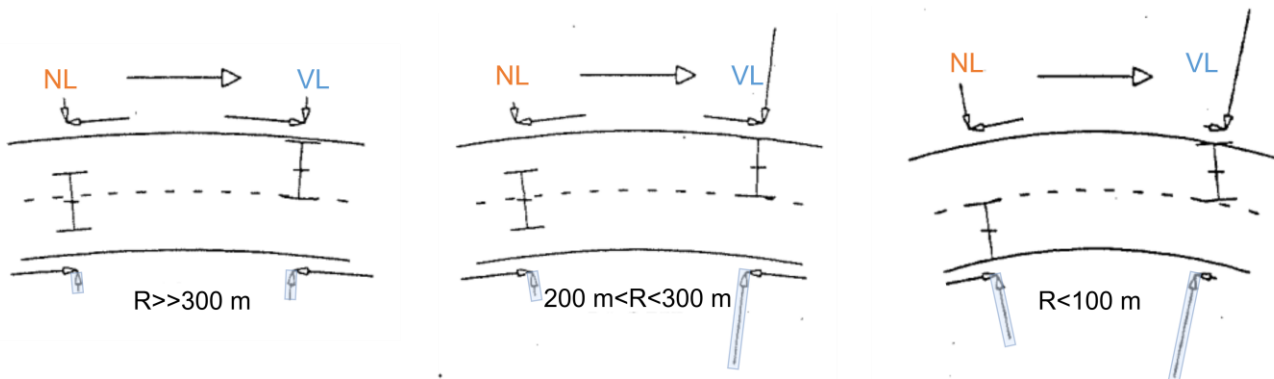
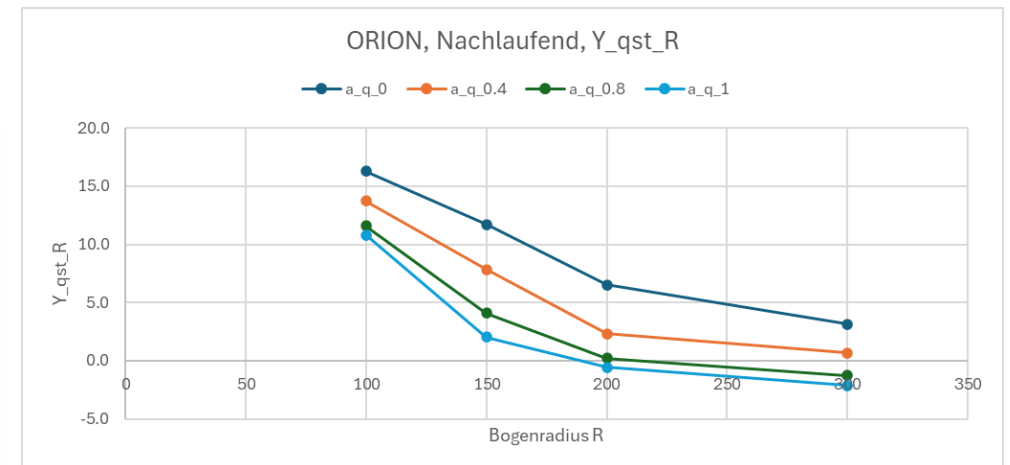
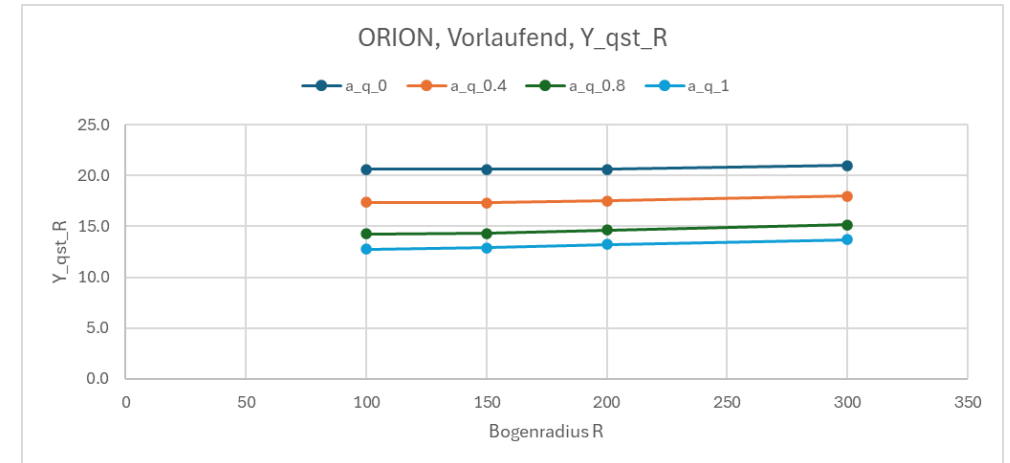
- Einfluss R
 - Nicht stark beeinflusst durch R am VL-Radsatz
 - Kleinere Kraft für NL-RS mit $R > 200$ m
- Einfluss a_q
 - Exponentialverlauf
 - Kleineres a_q = kleinere Kraft



5.3 EINFLUSS A_Q UND R

Einfluss auf Querkraft Innen

- Einfluss R
 - Nicht stark beeinflusst durch R am VL-Radsatz
 - Kleinere Kraft für NL-RS mit $R > 200$ m
- Einfluss a_q
 - Kleineres a_q = **grössere Kraft**



6 Fazit und Empfehlung

AUSSAGEN AUS DER ERGEBNISANALYSE

„Take-Aways“ für EVU und EIU

Anforderungen für das Fahrzeug, die zu einem günstigen Stellungsbild der Radsätze führen

- **Radsatzführung:**
 - Steifigkeit in **x reduzieren** für verbesserte Radialstellung
 - Steifigkeit in **y erhöhen** zur Stabilitätskompensation
 - Beispielansatz: Hydraulische-ALL mit größerem Freispiel in x.
- **RAILplus-Radprofile mit höherer Konizität anwenden:**
 - Weitere Stabilitätsverhältnisse prüfen, Kompensation mit Schlingerdämpfer denkbar, da Einfluss für Stellungsbild nicht signifikant

Erfordernisse zur Spurerweiterung

- Zum Stellungsbild, dargestellt durch Anlaufwinkel:
 - **Spurerweiterung bei sehr engen Bögen ($R < 150$ m):** mehr radiale Radsatzstellung im **NL**-RS, während der **VL**-Radsatz entsprechend weniger radial eingestellt wird – **nicht eindeutig vorteilhaft**
 - **Spurerweiterung bei größeren Bogenradien ($R > 200$ m):** keine Effekte zum Anlaufwinkel.
- Benötigte Führungskraft für die Bogendurchfahrt **reduziert** sich mit Spurerweiterung (**bei $R > 200$ m**)
 - Statt übermäßige Erweiterung (eg. 30 mm) kann **höhere äquivalente Konizität** eingesetzt werden (**Je nach Fahrzeugstabilität!**).

ABSCHLUSS – HERZLICHEN DANK!

Dr. Shiping Dongfang
DB Systemtechnik GmbH
TT.TVP 25 – Simulation Gesamtfahrzeug
shiping.dongfang@deutschebahn.com

Mattia Iacono
Stadler Rail AG
Berechnungsingenieur Fahrzeugdynamik
mattia.iacono@stadlerrail.com

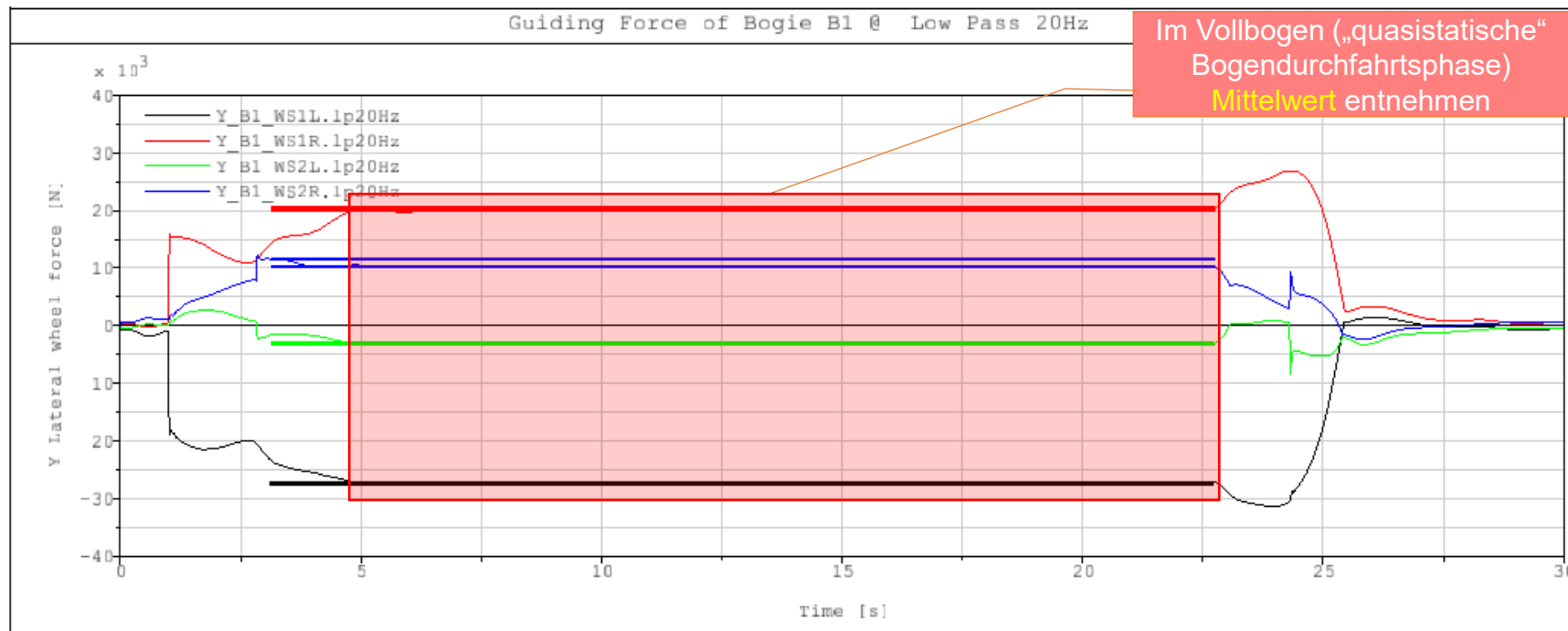
Backup-Folien

- Spurerweiterung
- Simulation von Fahrzeugen



5.1 AUSWERTUNG ZEITVERLAUF

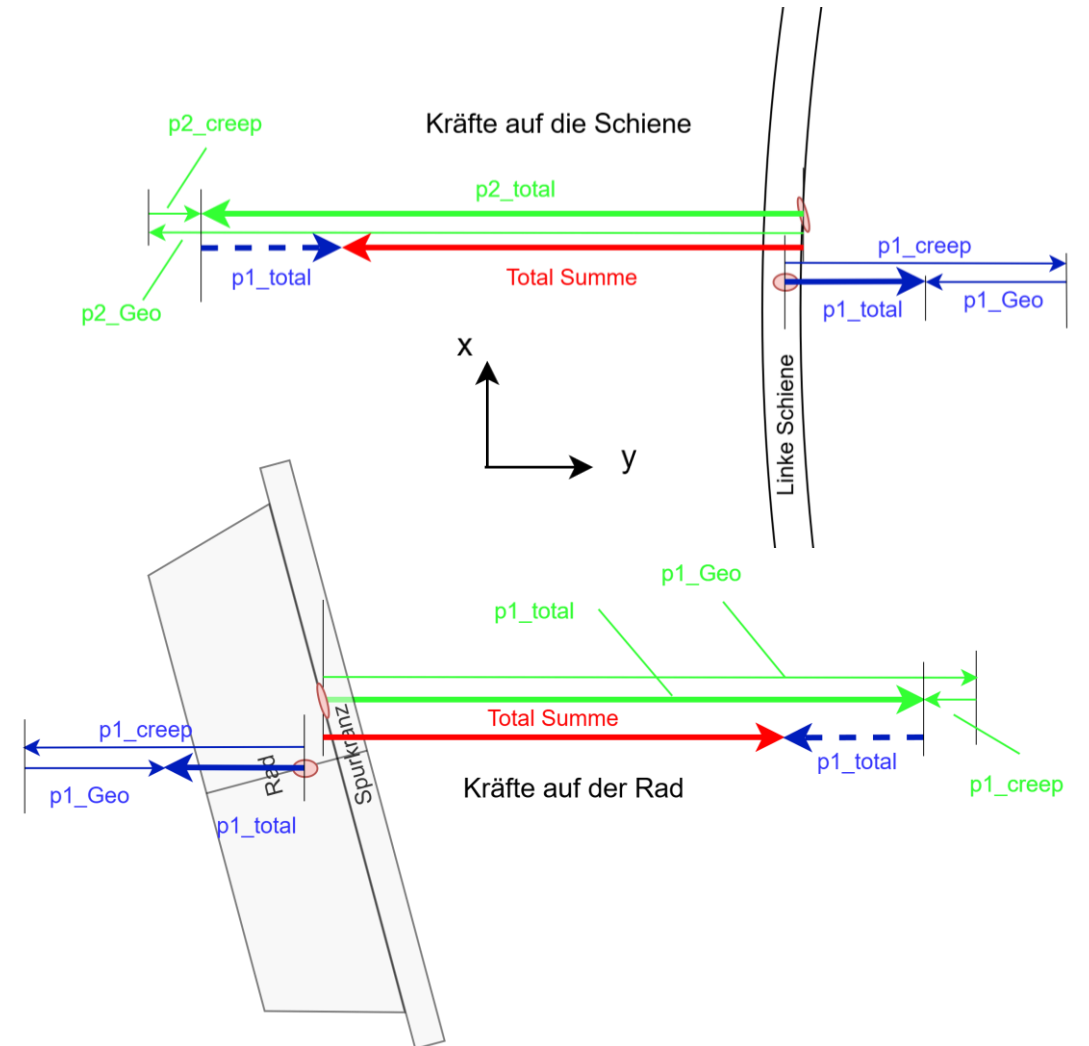
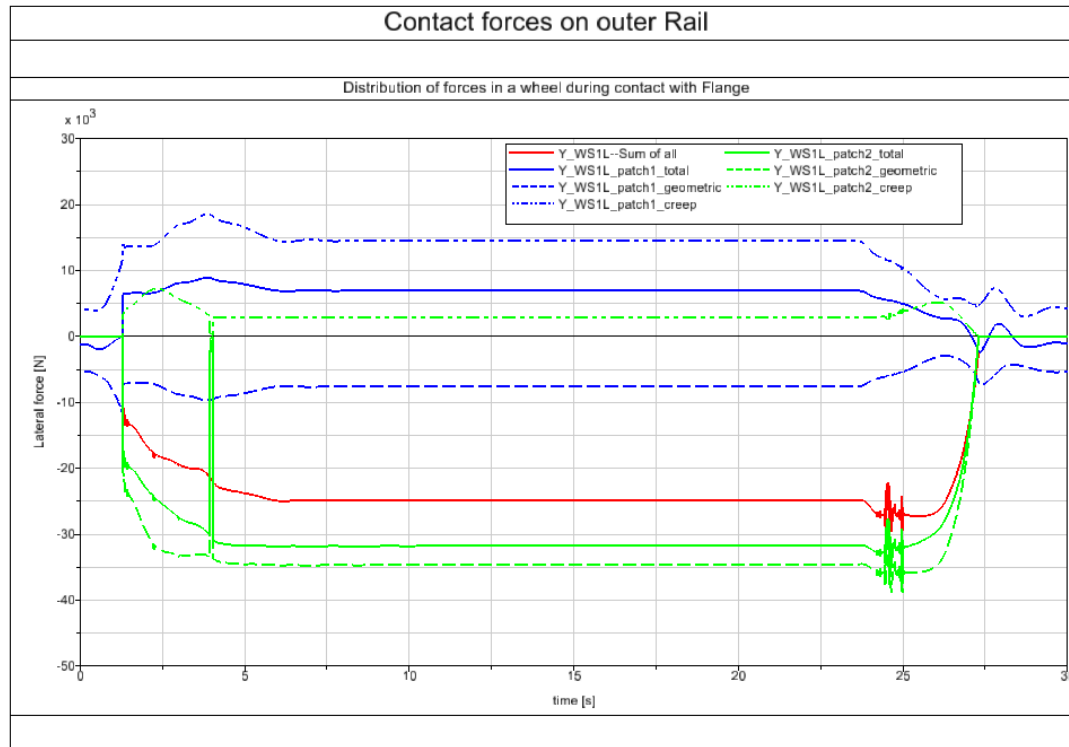
Zusammenstellung der Ergebnisse



5.2 BREAKDOWN KRÄFTE

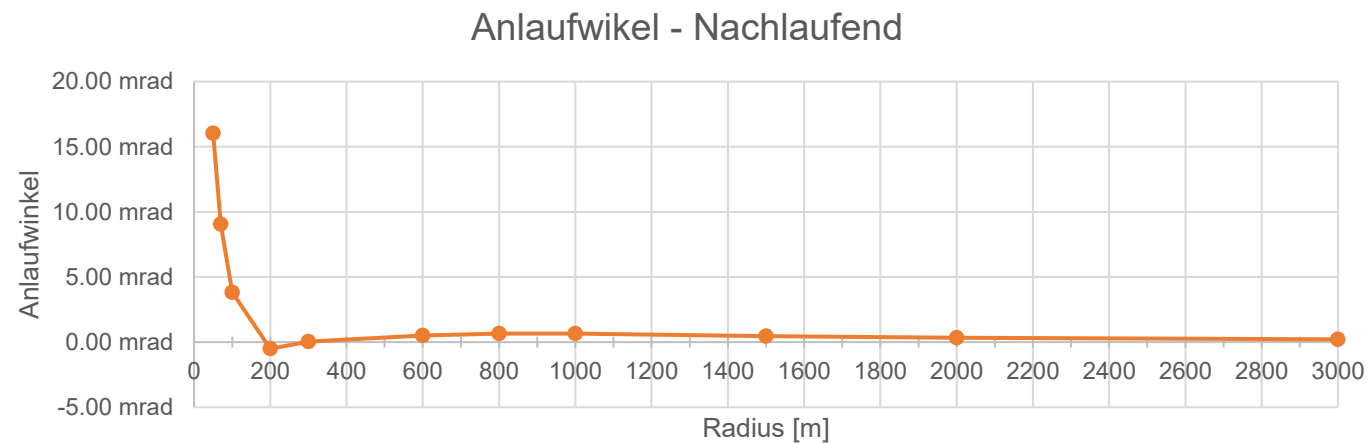
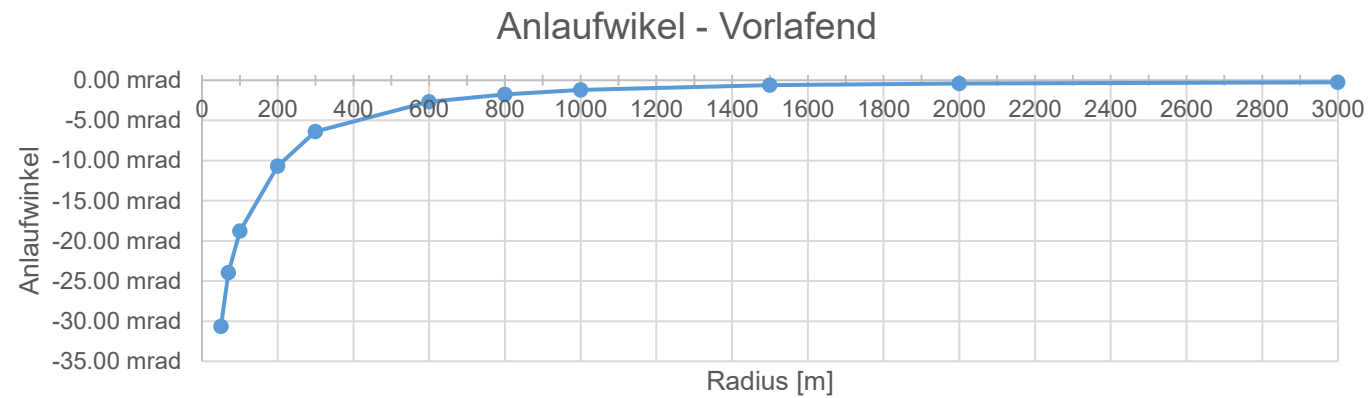
Breakdown Querkraft Ausser

– Beispiel bei R=100m



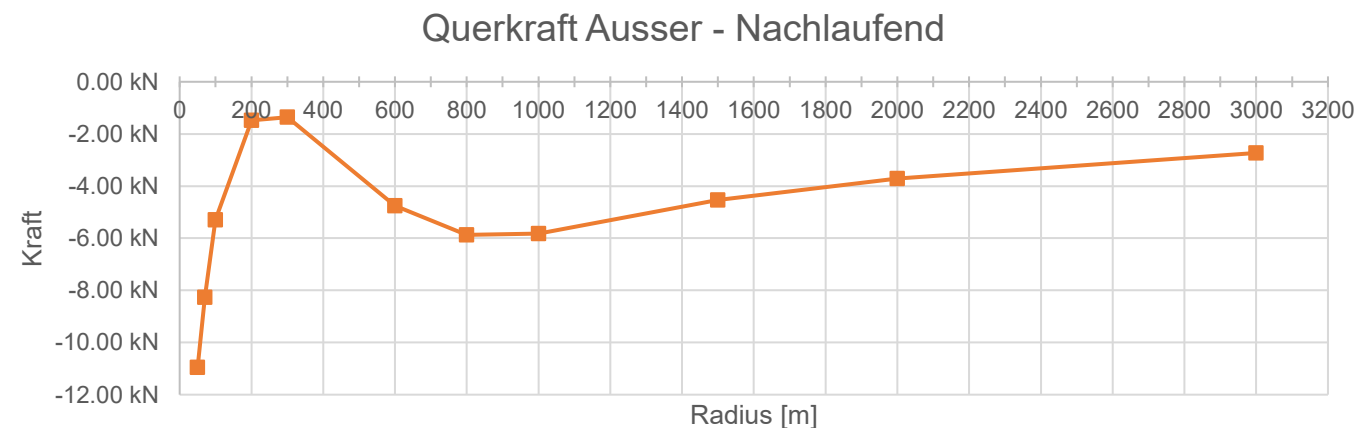
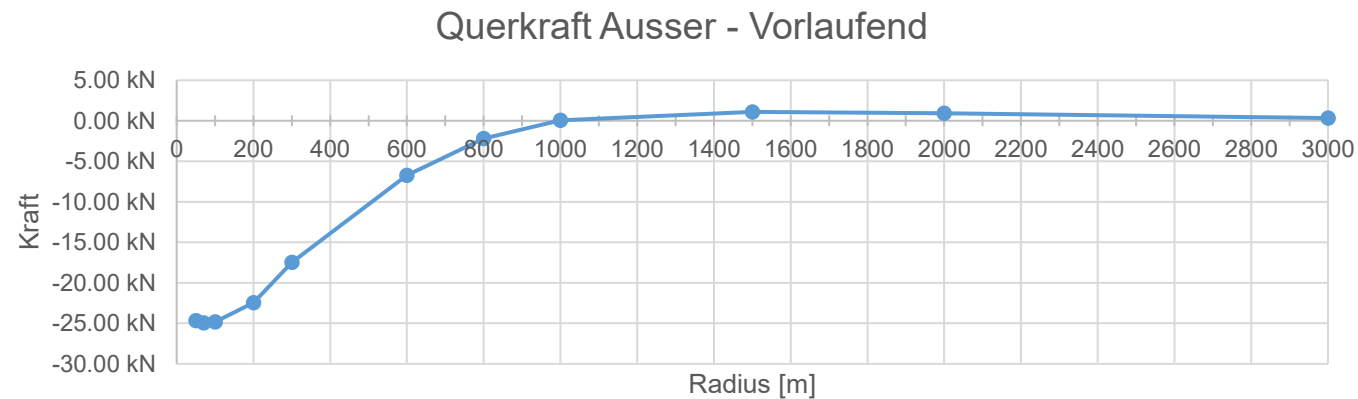
5.2 GLEISPARAMETER

Einfluss in einem größeren Bereich – Querkraft Ausser



5.2 GLEISPARAMETER

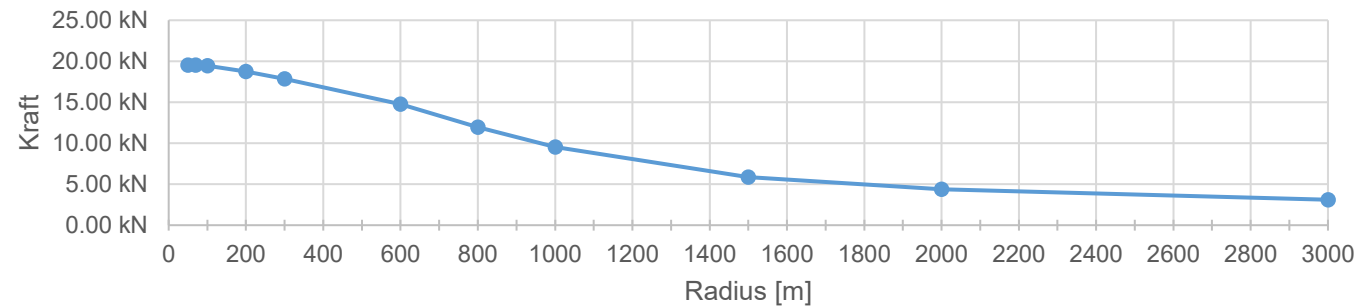
Einfluss in einem größeren Bereich – Querkraft Ausser



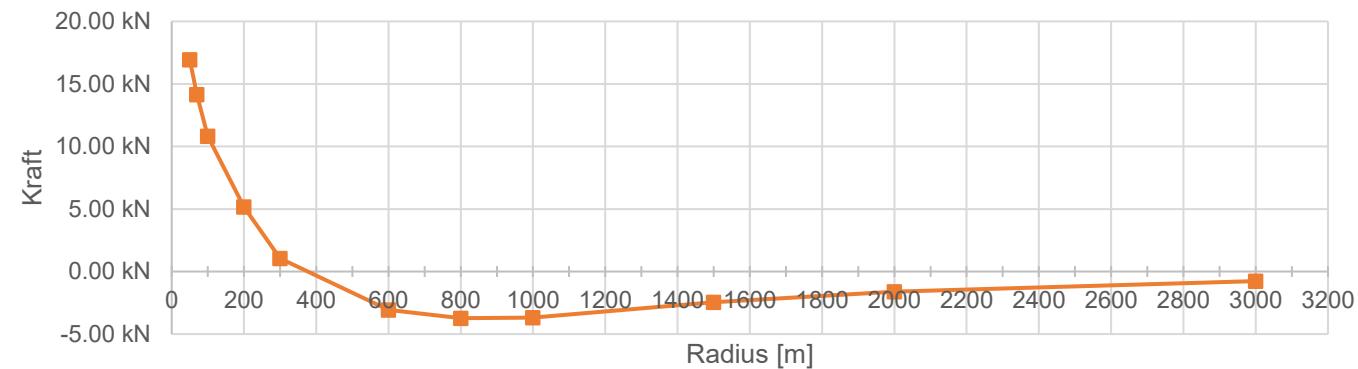
5.2 GLEISPARAMETER

Einfluss in einem größeren Bereich – Querkraft Innen

Querkraft Innen - Vorlaufend



Querkraft Innen - Nachlaufend



3.3 VARIATIONSSCHEMA

Varianten – Parameterkombination des Untersuchungsobjektes

Basisvariante entspricht Konstruktionszustand beider Referenzfahrzeuge

Var ID	Paramter	Radsatzabstand [m]		RA Offset [m]		ALL_c_x [kN/mm]		ALL_c_y [kN/mm]		Drehsteifigkeit [Nm/rad]		W_d [mm]		Radprofil		mu		Spurweite [m]		Beladung	
		ORION	KOMET	ORION	KOMET	Shared	Shared	Shared	Shared	ORION	KOMET	Shared	Shared	Shared	Shared	Shared	Shared	Shared	Shared	Shared	Shared
0	Basis	2.4	2.54	0.4	N/A	10	3	0	0	0	0	790	796	RTE 29500 Typ A	0.32	1000	1000	Tara	Tara	Tara	
1.1	Radsatzabstand (1.5m)	1.5	1.5	0.4	N/A	10	3	0	0	0	0	790	796	RTE 29500 Typ A	0.32	1000	1000	Tara	Tara	Tara	
1.2	Radsatzabstand (2m)	2	2	0.4	N/A	10	3	0	0	0	0	790	796	RTE 29500 Typ A	0.32	1000	1000	Tara	Tara	Tara	
1.3	Radsatzabstand (3m)	3	3	0.4	N/A	10	3	0	0	0	0	790	796	RTE 29500 Typ A	0.32	1000	1000	Tara	Tara	Tara	
2.1	Radsatzabstand Offeset (-0.4m)	2.4	N/A	-0.4	N/A	10	3	0	0	0	0	790	796	RTE 29500 Typ A	0.32	1000	1000	Tara	Tara	Tara	
2.2	Radsatzabstand Offeset (0 m)	2.4	N/A	0	N/A	10	3	0	0	0	0	790	796	RTE 29500 Typ A	0.32	1000	1000	Tara	Tara	Tara	
3.1	ALL_cx (1 kN/mm)	2.4	2.54	0.4	N/A	1	3	0	0	0	0	790	796	RTE 29500 Typ A	0.32	1000	1000	Tara	Tara	Tara	
3.2	ALL_cx (3 kN/mm)	2.4	2.54	0.4	N/A	3	3	0	0	0	0	790	796	RTE 29500 Typ A	0.32	1000	1000	Tara	Tara	Tara	
3.3	ALL_cx (30 kN/mm)	2.4	2.54	0.4	N/A	30	3	0	0	0	0	790	796	RTE 29500 Typ A	0.32	1000	1000	Tara	Tara	Tara	
3.4	ALL_cy (10 kN/mm)	2.4	2.54	0.4	N/A	10	10	0	0	0	0	790	796	RTE 29500 Typ A	0.32	1000	1000	Tara	Tara	Tara	
3.5	ALL_cy (1 kN/mm)	2.4	2.54	0.4	N/A	10	1	0	0	0	0	790	796	RTE 29500 Typ A	0.32	1000	1000	Tara	Tara	Tara	
4.1	Drehsteifigkeit (30 kNm/rad)	2.4	2.54	0.4	N/A	10	3	30000	0	0	0	790	796	RTE 29500 Typ A	0.32	1000	1000	Tara	Tara	Tara	
4.2	Drehsteifigkeit (90 kNm/rad)	2.4	2.54	0.4	N/A	10	3	90000	0	0	0	790	796	RTE 29500 Typ A	0.32	1000	1000	Tara	Tara	Tara	
5.1	Raddurchmesser (680 mm)	2.4	2.54	0.4	N/A	10	3	0	0	0	0	680	680	RTE 29500 Typ A	0.32	1000	1000	Tara	Tara	Tara	
5.2	Raddurchmesser (770 mm)	2.4	2.54	0.4	N/A	10	3	0	0	0	0	720	770	RTE 29500 Typ A	0.32	1000	1000	Tara	Tara	Tara	
6.1	Radprofil Railplus (v1A/28.5/25)	2.4	2.54	0.4	N/A	10	3	0	0	0	0	790	796	v1A/28.5/25	0.32	1000	1000	Tara	Tara	Tara	
6.2	Radprofil Railplus (v1A/28.0/27)	2.4	2.54	0.4	N/A	10	3	0	0	0	0	790	796	v1A/28.0/27	0.32	1000	1000	Tara	Tara	Tara	
7.1	Reibwert 0.2	2.4	2.54	0.4	N/A	10	3	0	0	0	0	790	796	RTE 29500 Typ A	0.2	1000	1000	Tara	Tara	Tara	
7.2	Reibwert 0.4	2.4	2.54	0.4	N/A	10	3	0	0	0	0	790	796	RTE 29500 Typ A	0.4	1000	1000	Tara	Tara	Tara	
8.1	Spurweiterung +5 mm	2.4	2.54	0.4	N/A	10	3	0	0	0	0	790	796	RTE 29500 Typ A	0.32	1005	1005	Tara	Tara	Tara	
8.2	Spurweiterung +10 mm	2.4	2.54	0.4	N/A	10	3	0	0	0	0	790	796	RTE 29500 Typ A	0.32	1010	1010	Tara	Tara	Tara	
8.3	Spurweiterung +30 mm	2.4	2.54	0.4	N/A	10	3	0	0	0	0	790	796	RTE 29500 Typ A	0.32	1030	1030	Tara	Tara	Tara	
9.1	Brutto 1/2	2.4	2.54	0.4	N/A	10	3	0	0	0	0	790	796	RTE 29500 Typ A	0.32	1000	1000	Brutto / 2	Tara	Tara	
9.2	Brutto	2.4	2.54	0.4	N/A	10	3	0	0	0	0	790	796	RTE 29500 Typ A	0.32	1000	1000	Brutto	Tara	Tara	
6.1 8.1	v1A/28.5/25 & Spurweite+5mm	2.4	2.54	0.4	N/A	10	3	0	0	0	0	790	796	v1A/28.5/25	0.32	1005	1005	Tara	Tara	Tara	
6.2 8.1	v1A/28.0/27 & Spurweite+5mm	2.4	2.54	0.4	N/A	10	3	0	0	0	0	790	796	v1A/28.0/27	0.32	1005	1005	Tara	Tara	Tara	
6.1 8.2	v1A/28.5/25 & Spurweite+10mm	2.4	2.54	0.4	N/A	10	3	0	0	0	0	790	796	v1A/28.5/25	0.32	1010	1010	Tara	Tara	Tara	
6.2 8.2	v1A/28.0/27 & Spurweite+10mm	2.4	2.54	0.4	N/A	10	3	0	0	0	0	790	796	v1A/28.0/27	0.32	1010	1010	Tara	Tara	Tara	
6.1 8.3	v1A/28.5/25 & Spurweite+30mm	2.4	2.54	0.4	N/A	10	3	0	0	0	0	790	796	v1A/28.5/25	0.32	1030	1030	Tara	Tara	Tara	
6.2 8.3	v1A/28.0/27 & Spurweite+30mm	2.4	2.54	0.4	N/A	10	3	0	0	0	0	790	796	v1A/28.0/27	0.32	1030	1030	Tara	Tara	Tara	
3.1 3.4	ALL_cx (1 kN/mm) cy(10 kN/mm)	2.4	2.54	0.4	N/A	1	10	0	0	0	0	790	796	RTE 29500 Typ A	0.32	1000	1000	Tara	Tara	Tara	
3.1 3.5	ALL_cx (1 kN/mm) cy(1 kN/mm)	2.4	2.54	0.4	N/A	1	1	0	0	0	0	790	796	RTE 29500 Typ A	0.32	1000	1000	Tara	Tara	Tara	
3.2 3.4	ALL_cx (30 kN/mm) cy(10 kN/mm)	2.4	2.54	0.4	N/A	30	10	0	0	0	0	790	796	RTE 29500 Typ A	0.32	1000	1000	Tara	Tara	Tara	
3.2 3.5	ALL_cx (30 kN/mm) cy(1 kN/mm)	2.4	2.54	0.4	N/A	30	1	0	0	0	0	790	796	RTE 29500 Typ A	0.32	1000	1000	Tara	Tara	Tara	

Spurkranzgeschwächt

Nicht spurkranzgeschwächt

Rad-Schiene-Kontaktbedingungen charakterisierbar durch Konizität, Radialstellungsindex für jeden r, etc.

„Extremfälle“ der richtungsweisen Steifigkeitskomponenten in der Radsatzführung

Legend
Shared
ORION
KOMET
Info
Modification

VARIATIONSSCHEMA

Informativ: Rad-Schiene-Kontaktbedingungen (KOMET)

3.12 Radialstellungsindex

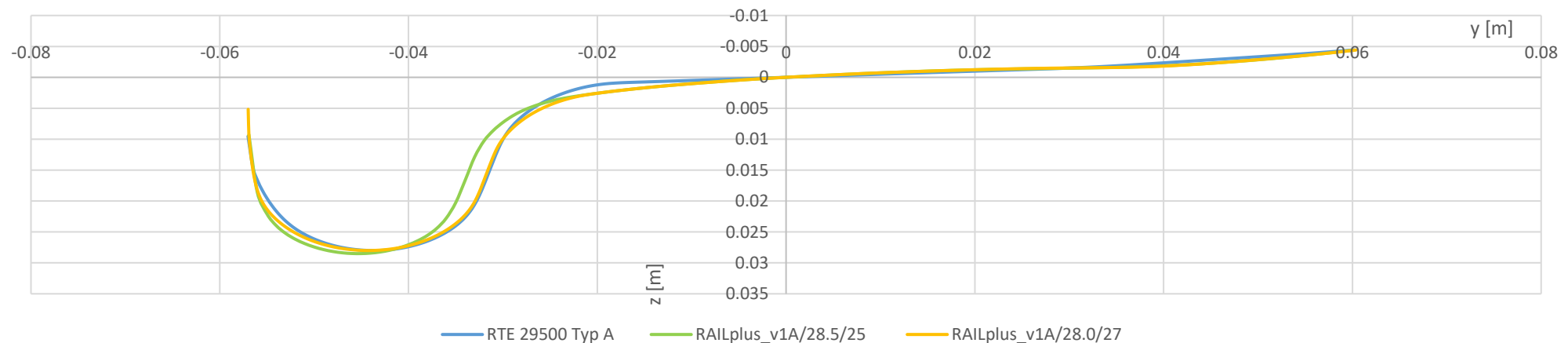
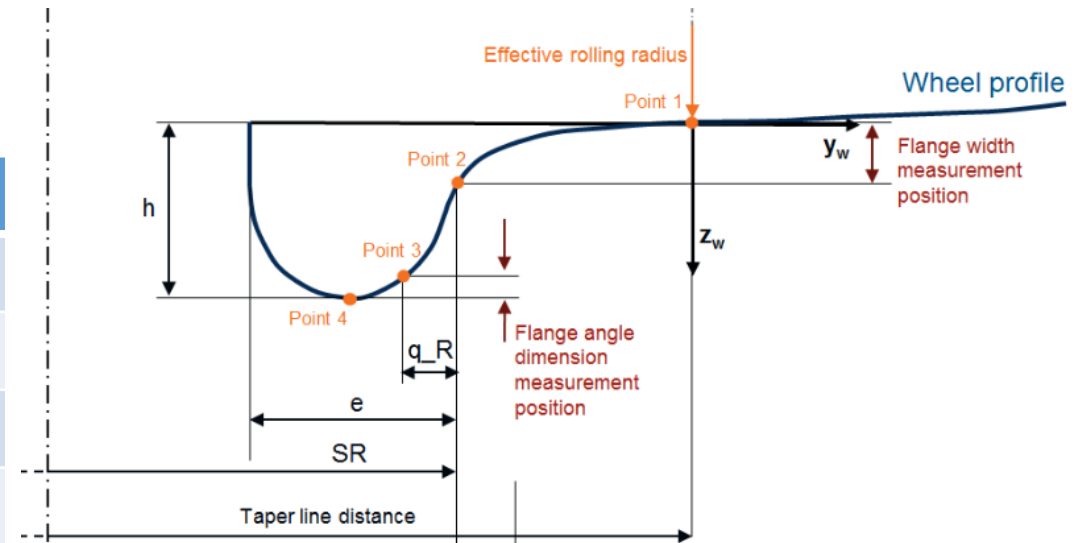
q_E
 Ⓜ Verhältnis zwischen dem Bogenradius R_E , der ohne Längsschlupf befahrbar wäre, und dem eigentlichen Bogenradius R eines Auswerteabschnittes, welches die Radialstellungsfähigkeit eines freien Radsatzes in einem Auswerteabschnitt beschreibt Ⓜ

Variante			Äquivalente Konizität (auf 46E1, Quasilinearisierung über 3 mm)	Radialstellungsindex (Raddurchmesser 796 mm & unterschiedlichen Bogenradien in m)			
VarID	Spur-erweiterung	Profil	KOMET	KOMET			
				R = 100 m	R = 150 m	R = 200 m	R = 300 m
0	0	RTE 29500 Typ A	0,049	8,529	5,686	4,264	2,843
6.1	0	RAILplus_v1A/28.5/25	0,162	1,552	1,035	0,776	0,517
6.2	0	RAILplus_v1A/28.0/27	0,160	2,567	1,711	1,283	0,856
8.1	5 mm	RTE 29500 Typ A	0,048	5,528	3,685	2,764	1,843
8.2	10 mm	RTE 29500 Typ A	0,049	3,999	2,666	2,000	1,333
8.3	30 mm	RTE 29500 Typ A	0,046	2,527	1,684	1,263	0,842
6.1 8.1	5 mm	RAILplus_v1A/28.5/25	0,134	1,166	0,777	0,583	0,389
6.2 8.1	5 mm	RAILplus_v1A/28.0/27	0,132	1,565	1,043	0,783	0,522
6.1 8.2	10 mm	RAILplus_v1A/28.5/25	0,134	1,133	0,755	0,566	0,378
6.2 8.2	10 mm	RAILplus_v1A/28.0/27	0,144	1,447	0,964	0,723	0,482
6.1 8.3	30 mm	RAILplus_v1A/28.5/25	0,019	1,050	0,700	0,525	0,350
6.2 8.3	30 mm	RAILplus_v1A/28.0/27	0,021	1,354	0,902	0,677	0,451

VARIATIONSSCHEMA

Informativ: Radprofile (KOMET)

(in mm)	RTE 29500 Typ A	RAILplus_v1A/28.5/25	RAILplus_v1A/28.0/27
h	28,00	28,50	28,00
e	28,97	24,95	26,78
q _R	7,24	7,27	7,59
S _R	9,96	13,72	10,05



AUSWIRKUNG - VARIANTEN

Vergleich: „Basis“ und Varianten bei $R = 100 \text{ m} / a_q = 0 \text{ m/s}^2$ - KOMET

- Beispiele in Detail – Zeithistorie in Distanzdomäne

- Variation der Radsatzabstand
- Relevante Varianten:

Var ID	Parameter	Radsatzabstand [m]	
		ORION	KOMET
0	Basis	2.4	2.54
1.1	Radsatzabstand (1.5m)	1.5	1.5
1.2	Radsatzabstand (2m)	2	2
1.3	Radsatzabstand (3m)	3	3

- Lastfall $R = 100 \text{ m}, a_q = 0 \text{ m/s}^2$
- Relevante Lastfallnummer: 0001

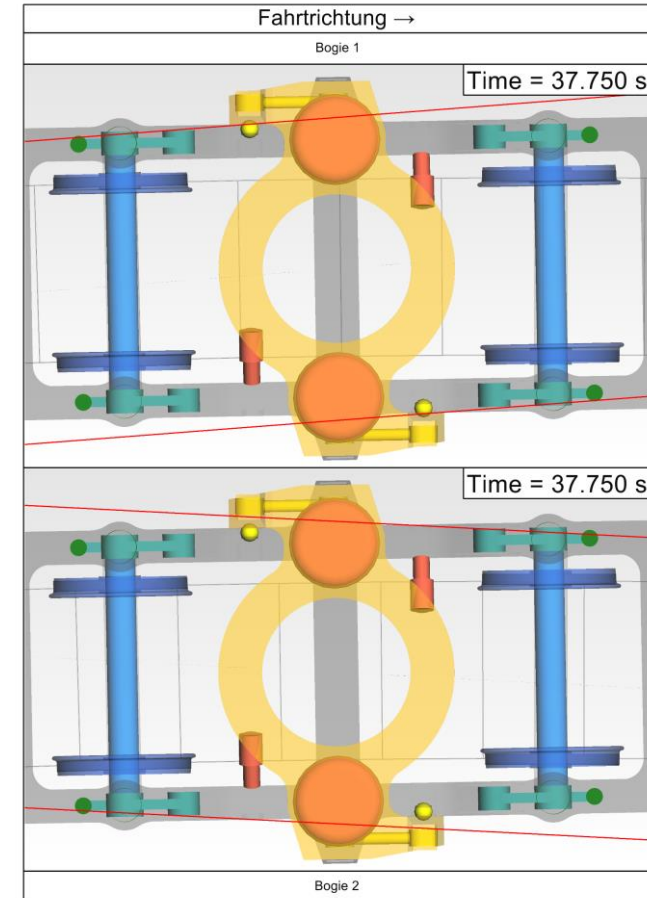
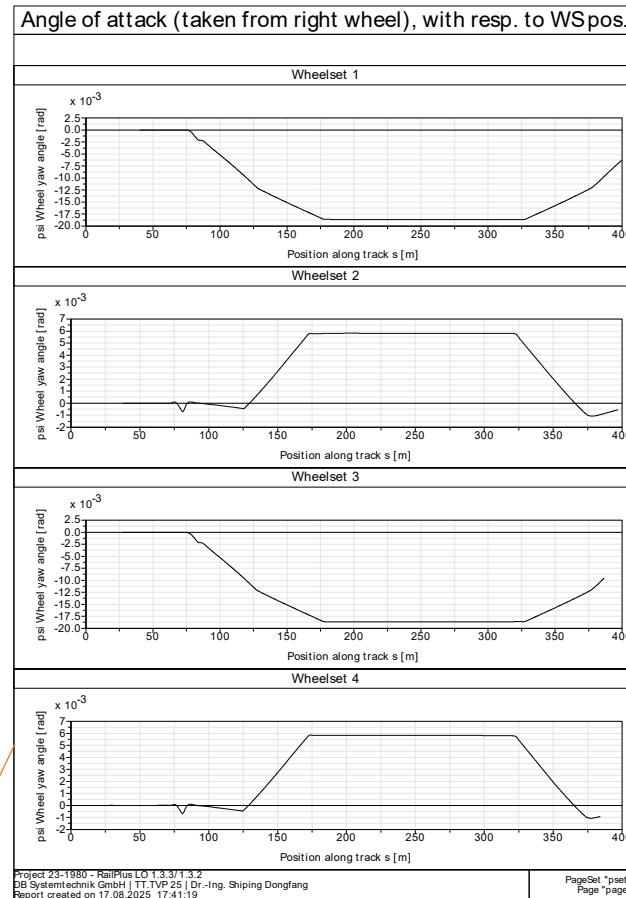
Result Tree

0'100

Result Tree

- Files
 - resf1: [0001]_23-1980_LO133_LO132_20250809_222510_RunID=0'100_0.sbr

Var ID 0
Basis



Draufsicht

AUSWIRKUNG - VARIANTEN

Anlaufwinkel sehr klein – Animationstills nicht zum Beobachten geeignet

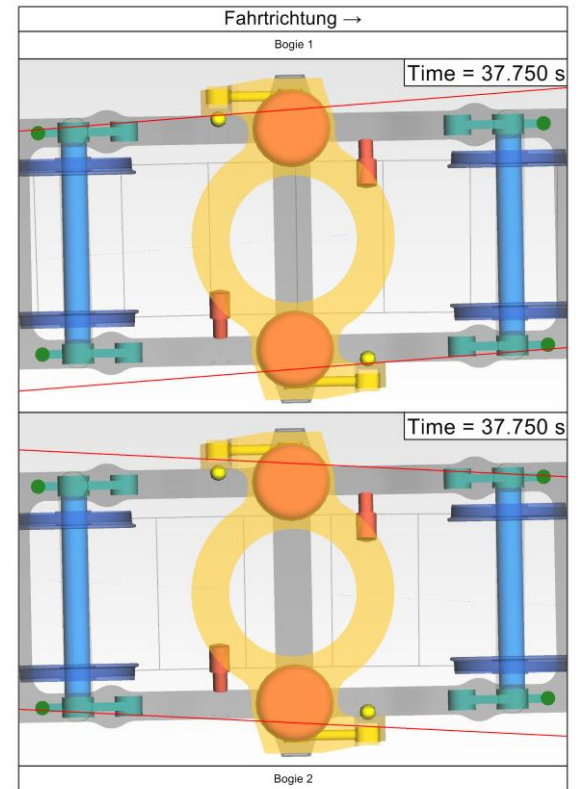
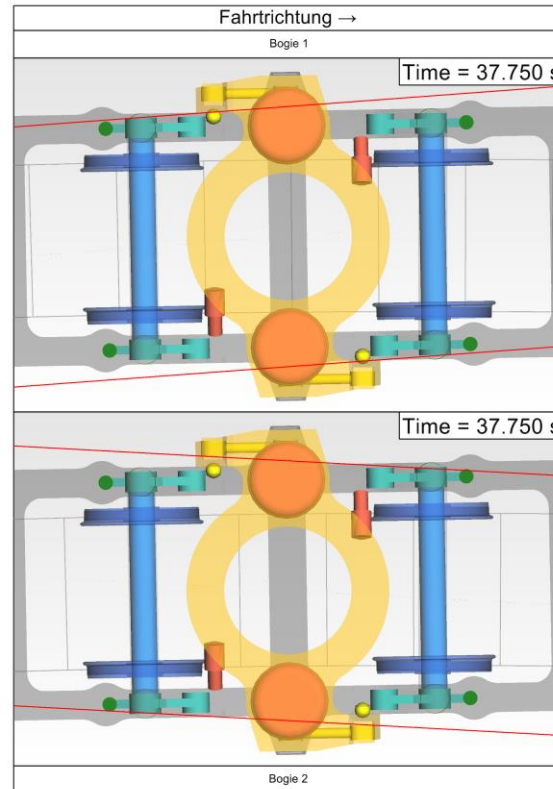
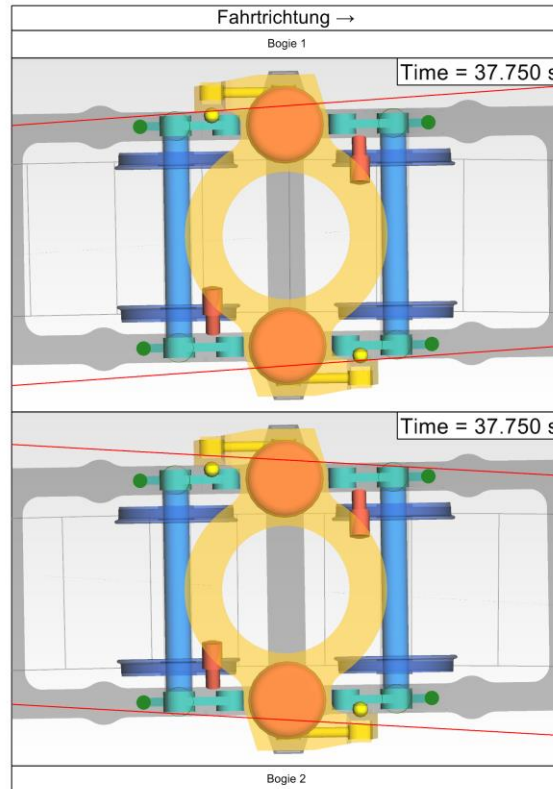
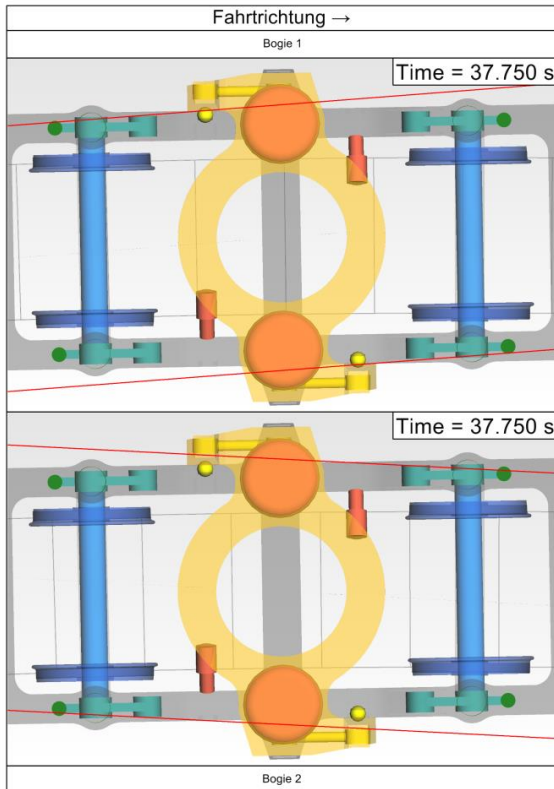
Vergleich: „Basis“ und Varianten bei $R = 100 \text{ m}$ / $a_q = 0 \text{ m/s}^2$ - KOMET

Var ID 0
RA = 2,4 m

Var ID 1.1
RA = 1,5 m

Var ID 1.2
RA = 2,0 m

Var ID 1.3
RA = 3,0 m



AUSWIRKUNG - VARIANTEN

Vergleich: „Basis“ und Varianten bei $R = 100 \text{ m}$ / $a_q = 0 \text{ m/s}^2$ - KOMET

- Beispiele in Detail – Zeithistorie in Distanzdomäne

- Variation der Radsatzabstand
- Relevante Varianten:

Var ID	Parameter	Radsatzabstand [m]	
		ORION	KOMET
0	Basis	2.4	2.54
1.1	Radsatzabstand (1.5m)	1.5	1.5
1.2	Radsatzabstand (2m)	2	2
1.3	Radsatzabstand (3m)	3	3

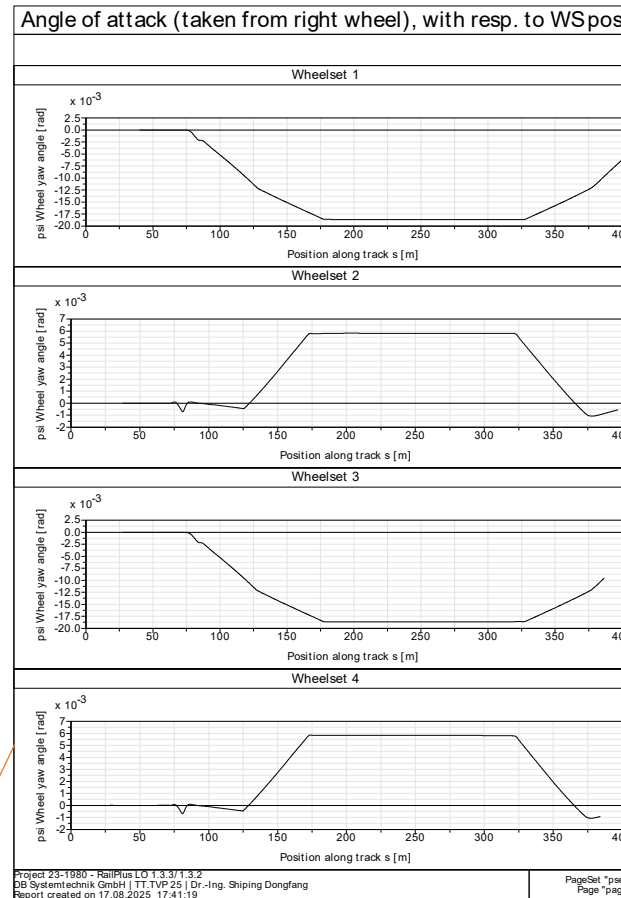
- Lastfall $R = 100 \text{ m}$, $a_q = 0 \text{ m/s}^2$
- Relevante Lastfallnummer: 0001

Result Tree

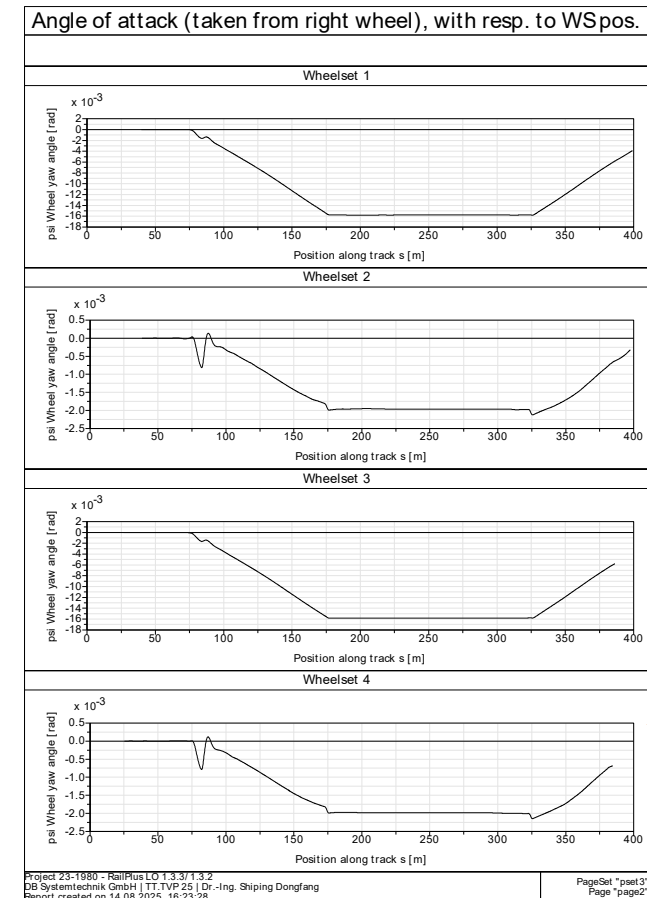
0'100

Result Tree

- Files
 - resf1: [0001]_23-1980_LO133_LO132_20250809_222510_RunID=0'100_0.sbr



Var ID 0
Basis



Var ID 1.1
RA = 1,5 m

AUSWIRKUNG - VARIANTEN

Vergleich: „Basis“ und Varianten bei $R = 100 \text{ m} / a_q = 0 \text{ m/s}^2$ - KOMET

- Beispiele in Detail – Zeithistorie in Distanzdomäne

- Variation der Radsatzabstand
- Relevante Varianten:

Var ID	Parameter	Radsatzabstand [m]	
		ORION	KOMET
0	Basis	2.4	2.54
1.1	Radsatzabstand (1.5m)	1.5	1.5
1.2	Radsatzabstand (2m)	2	2
1.3	Radsatzabstand (3m)	3	3

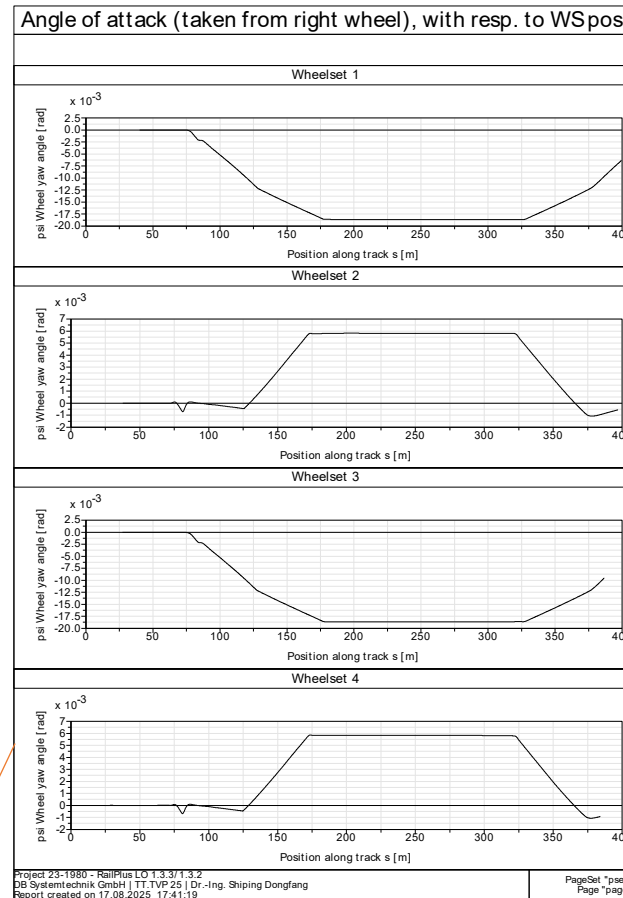
- Lastfall $R = 100 \text{ m}, a_q = 0 \text{ m/s}^2$
- Relevante Lastfallnummer: 0001

Result Tree

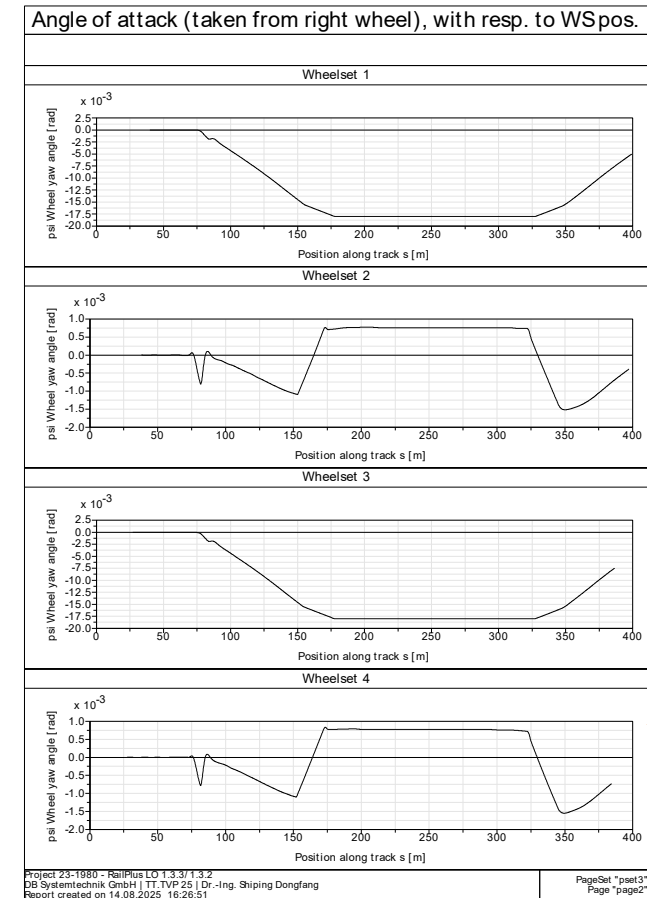
0'100

Result Tree

- Files
 - resf1: [0001]_23-1980_LO133_LO132_20250809_222510_RunID=0'100_0.sbr



Var ID 0
Basis



Var ID 1.2
RA = 2,0 m

AUSWIRKUNG - VARIANTEN

Vergleich: „Basis“ und Varianten bei $R = 100 \text{ m} / a_q = 0 \text{ m/s}^2$ - KOMET

- Beispiele in Detail – Zeithistorie in Distanzdomäne

- Variation der Radsatzabstand
- Relevante Varianten:

Var ID	Parameter	Radsatzabstand [m]	
		ORION	KOMET
0	Basis	2.4	2.54
1.1	Radsatzabstand (1.5m)	1.5	1.5
1.2	Radsatzabstand (2m)	2	2
1.3	Radsatzabstand (3m)	3	3

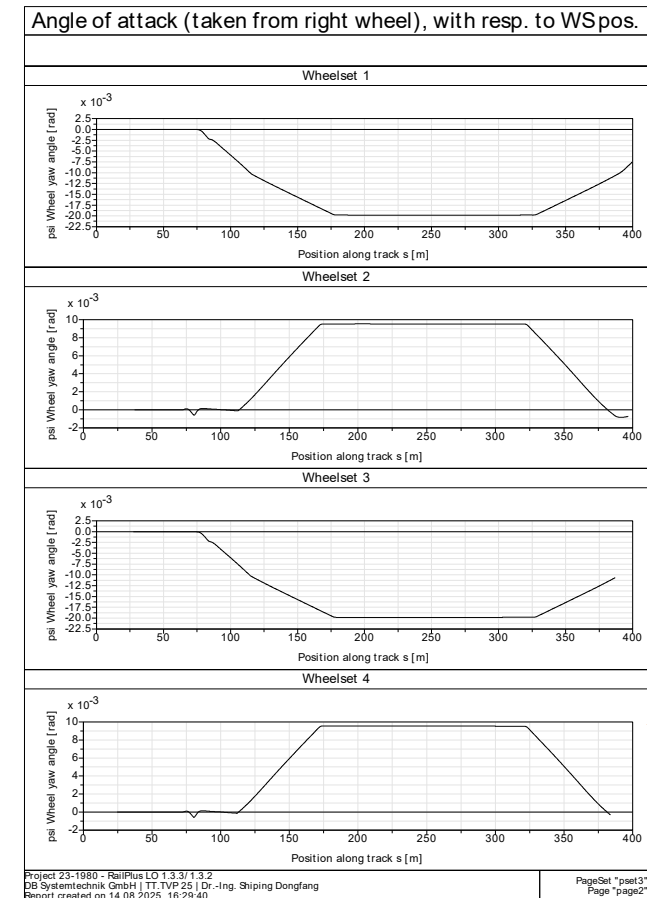
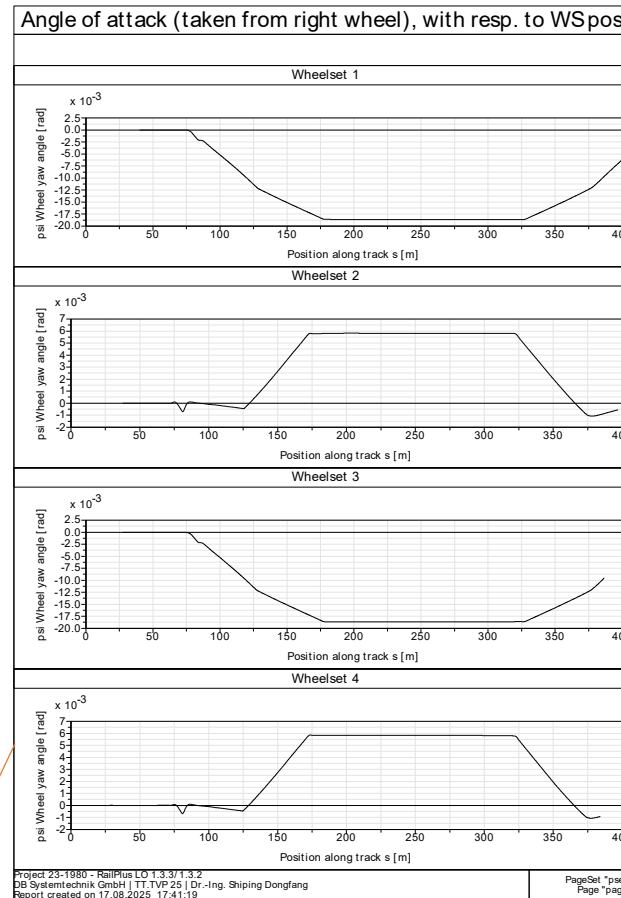
- Lastfall $R = 100 \text{ m}, a_q = 0 \text{ m/s}^2$
- Relevante Lastfallnummer: 0001

Result Tree

0'100

Result Tree

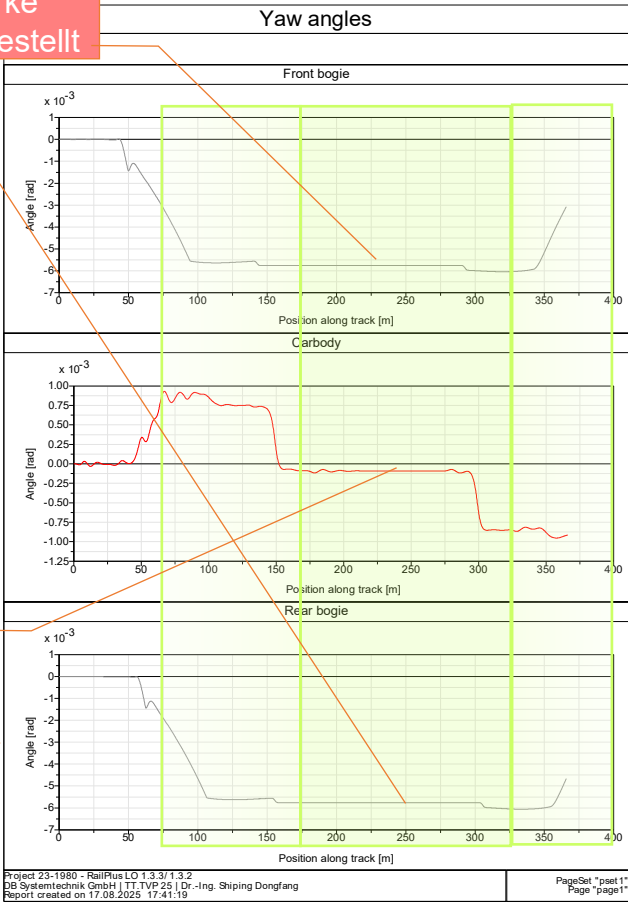
- Files
 - resf1: [0001]_23-1980_LO133_LO132_20250809_222510_RunID=0'100_0.sbr



AUSWIRKUNG - VARIANTEN

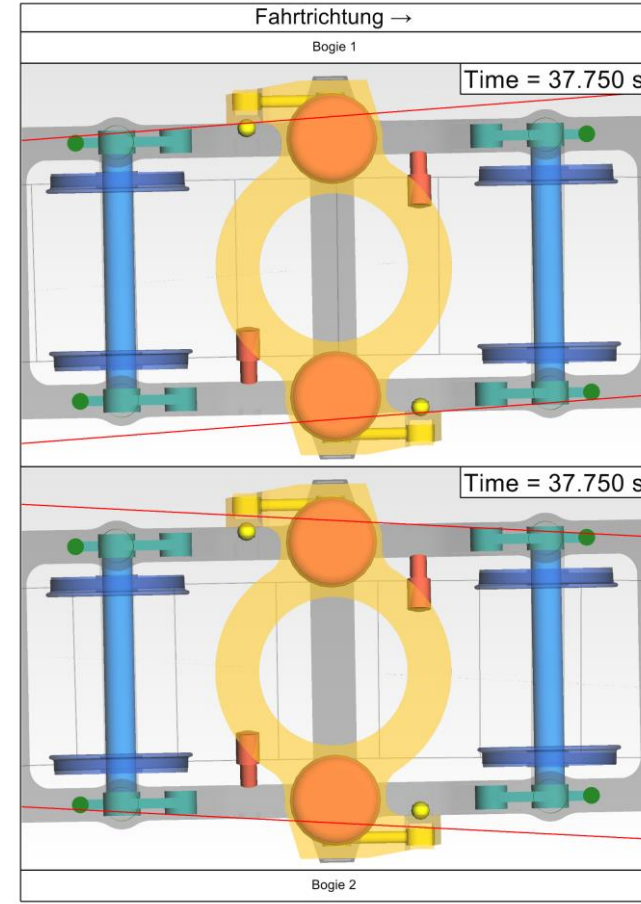
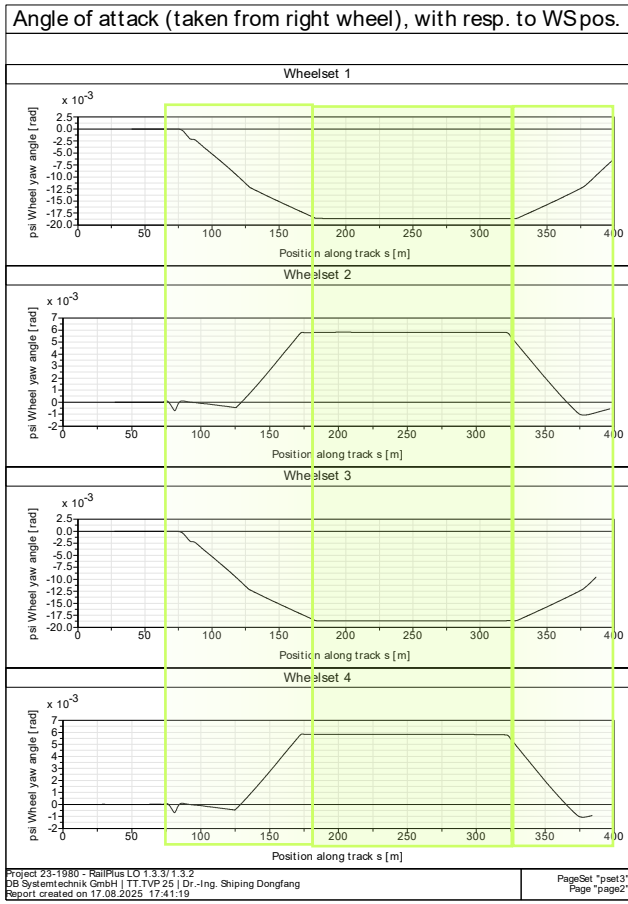
„Basis“ bei $R = 100 \text{ m} / a_q = 0 \text{ m/s}^2$ - KOMET - Stellungsbilder oberer Strukturen

Beide Fahrwerke „unterradi“ eingestellt



Wagenkasten „radial“ eingestellt

Var ID 0 Basis

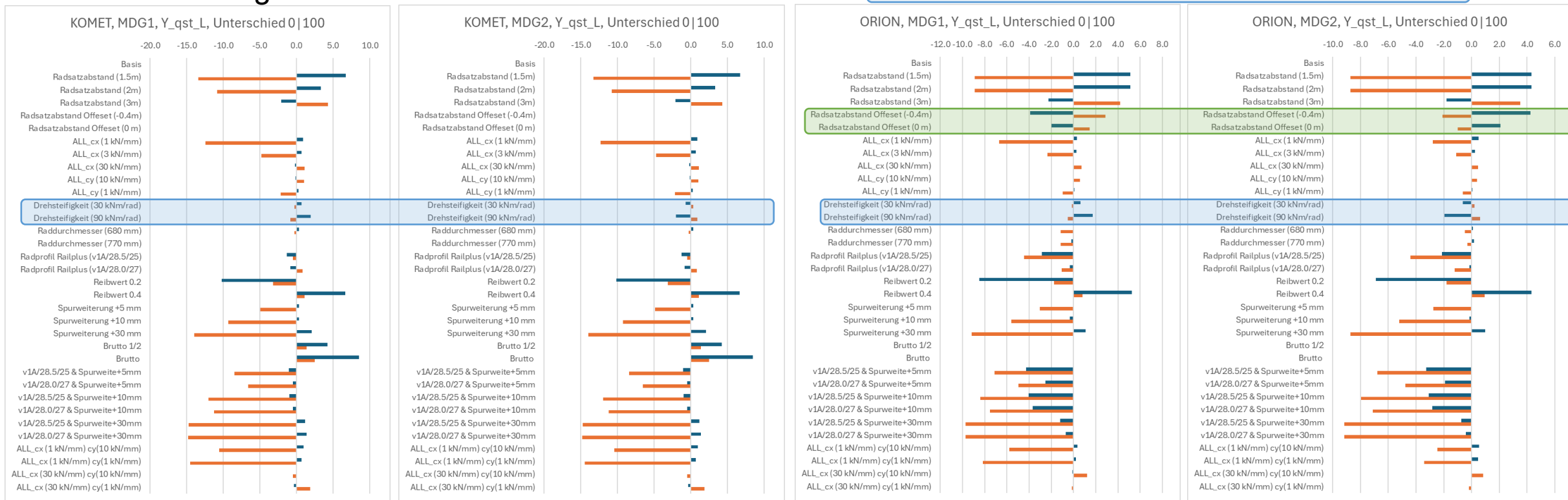


AUSWIRKUNG - VARIANTEN

Vergleich: „Baseline“ und Varianten



- Querkraft (Außen) – beide Fahrzeugtypen
- Grundsätzlich gleiche Verhältnis- und Variationstendenzen. **Ausnahme bei Ausdrehwiderstandsvariation**



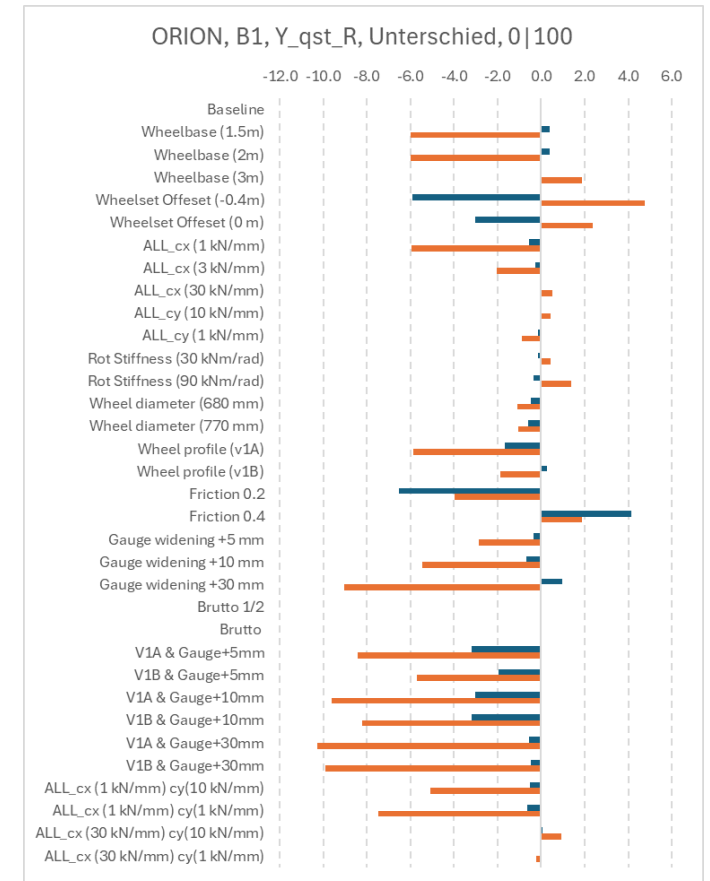
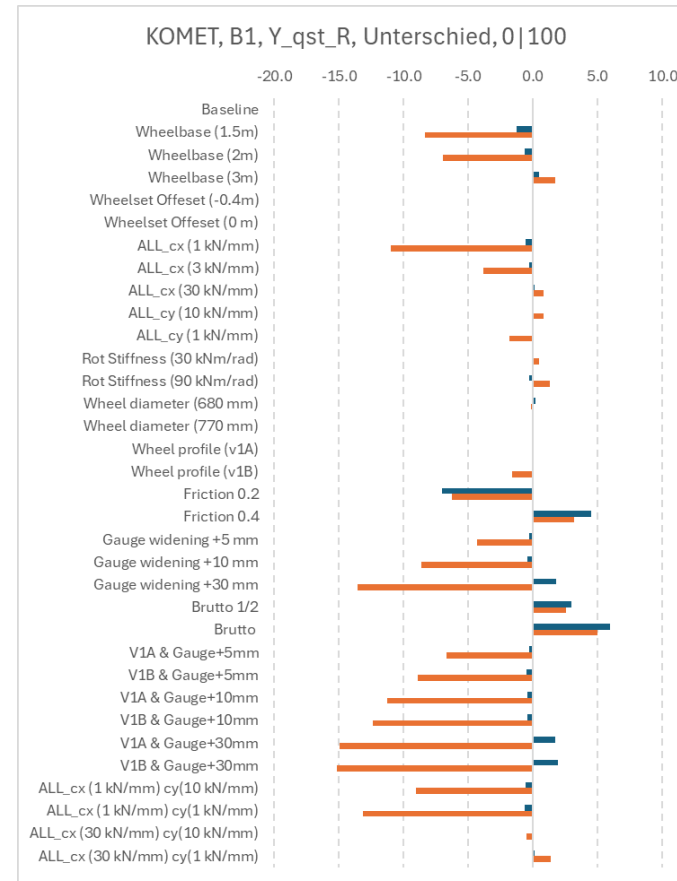
- v1A -> v1A/28.5/25
- v1B -> v1A/28.0/27

AUSWIRKUNG - VARIANTEN

Vergleich: „Baseline“ und Varianten



- Querkraft (Innen)
- Effekt vergleichbar mit dem Aussenrad.



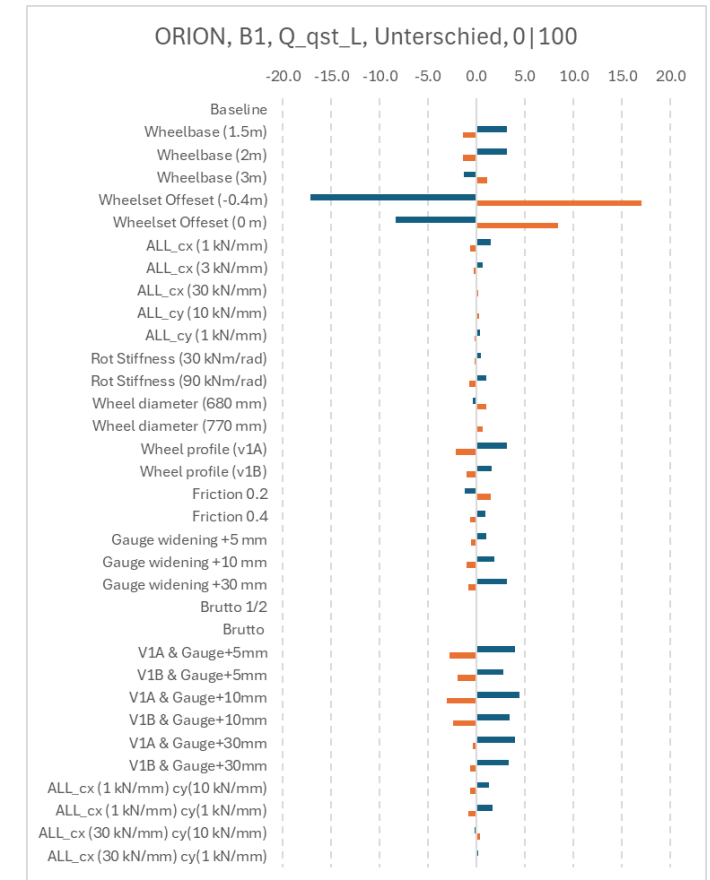
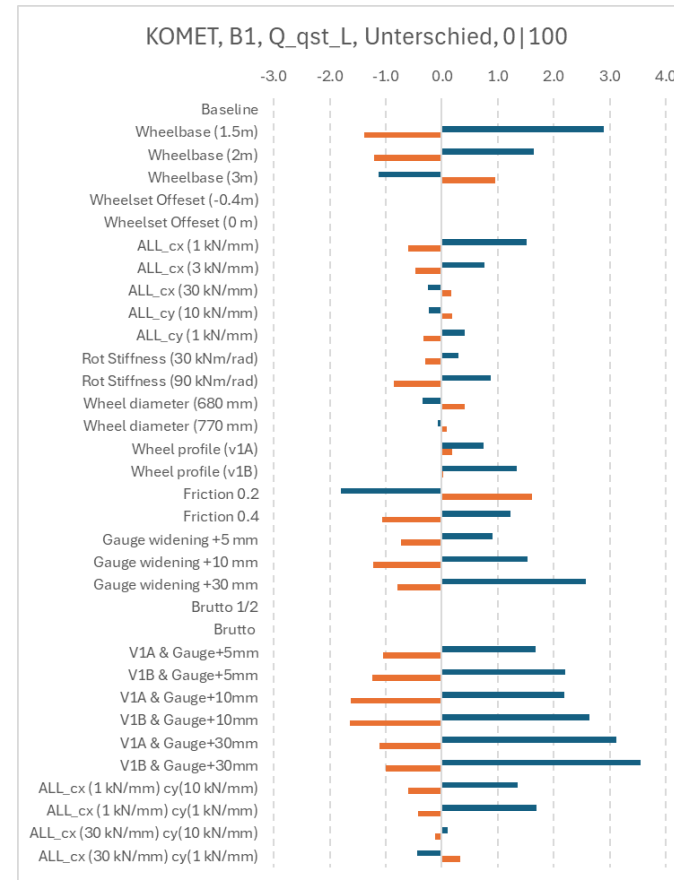
- v1A -> v1A/28.5/25
- v1B -> v1A/28.0/27

AUSWIRKUNG - VARIANTEN

Unterschied zwischen „Baseline“ und Varianten



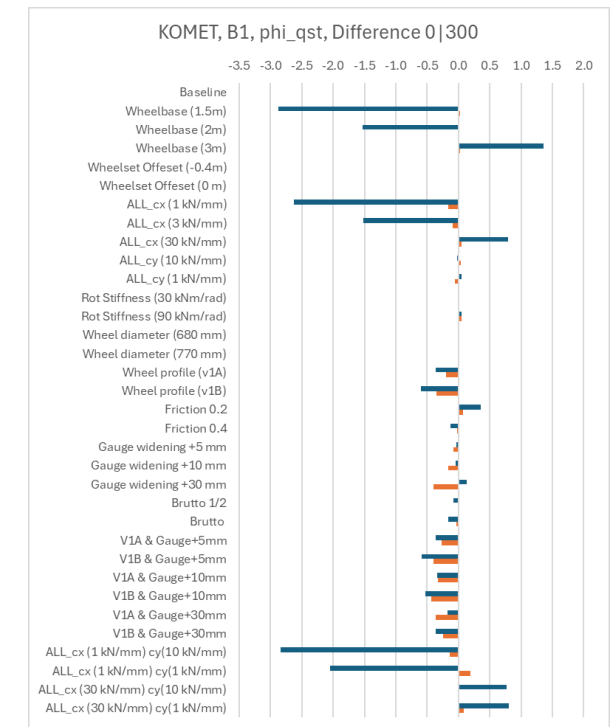
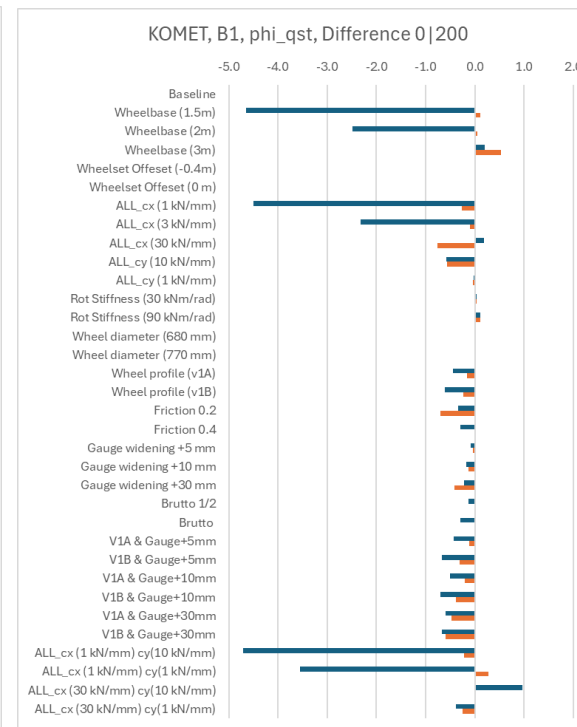
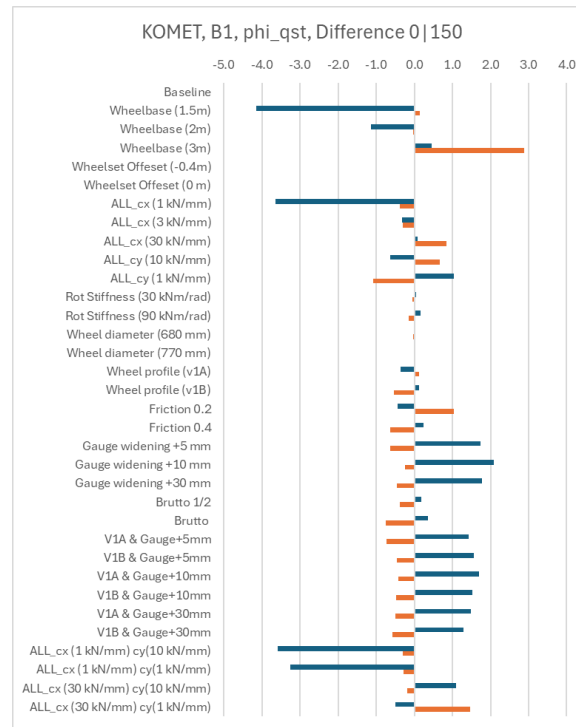
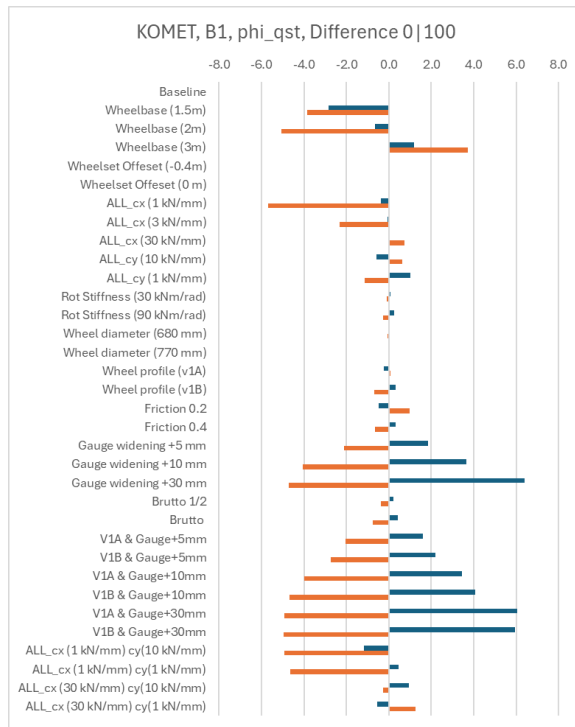
- Vertikalkraft (bogenaußen)
 - Von den Änderungen **nicht wirklich betroffen** (geringe Unterschiede im Vergleich zur Basiskraft).
 - Grosse Unterschiede nur bei unterschiedlicher **Fahrzeugbeladung** oder verändertem **Offset** (Orion)
- Vertikalkraft (Innen):
- Wie Aussenrad



IDEALER BOGENDURCHFART

$a_q = 0$ Anlaufwinkel

Vorlaufend
Nachlaufend

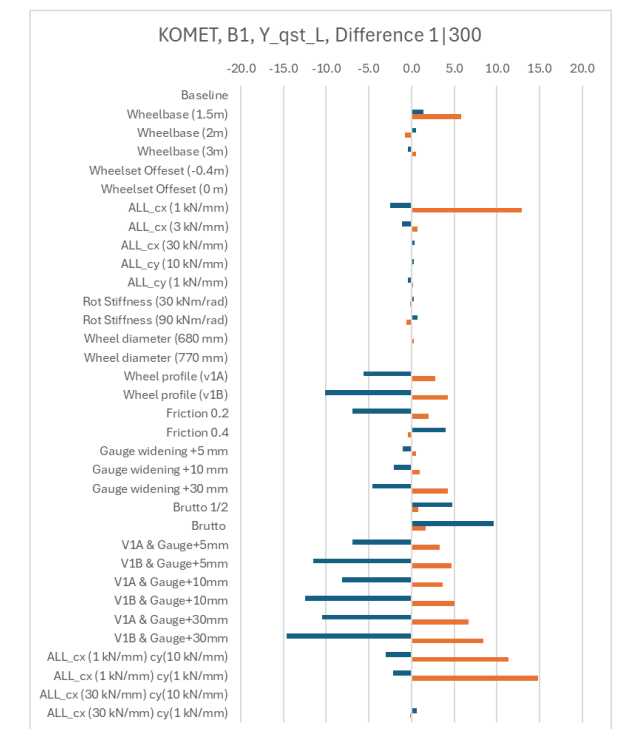
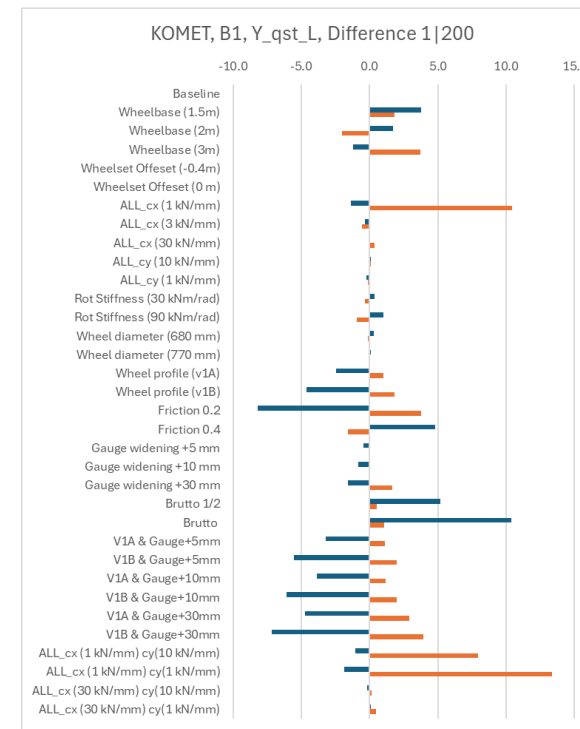
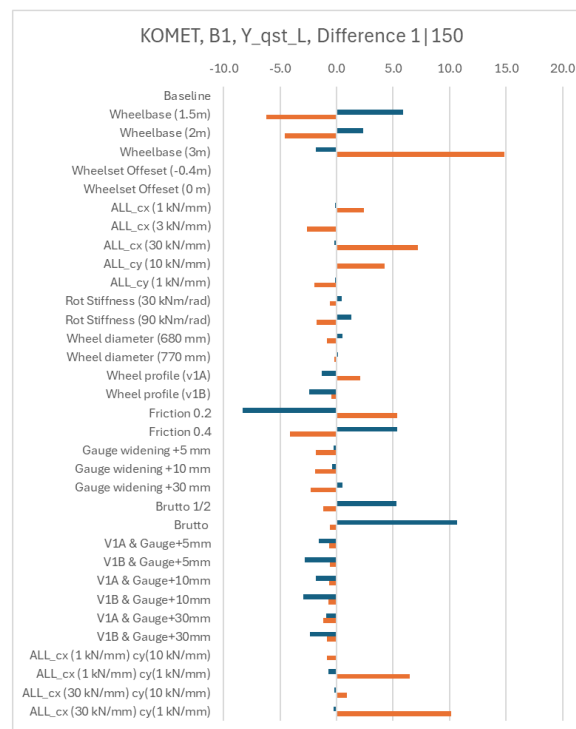
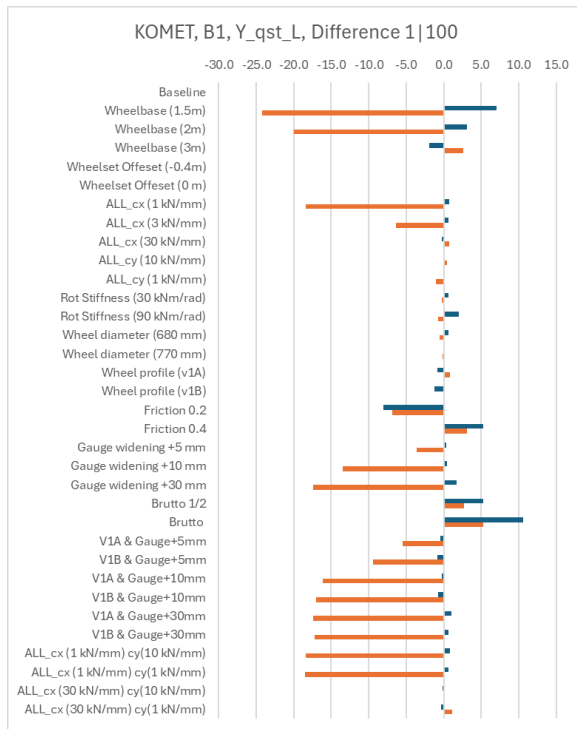


- Bei kleinen R schwierig, Anlaufwinkel beider RS gleichzeitig zu verbessern – weiche RS-Führung in x hilft
- Bei $a_q = 1 \text{ m/s}^2$ ähnliche Veränderungen wie Querkraft außen

SCHNELLE BOGENDURCHFART

$a_q = 1$ Querkraft außen

Vorlaufend
Nachlaufend

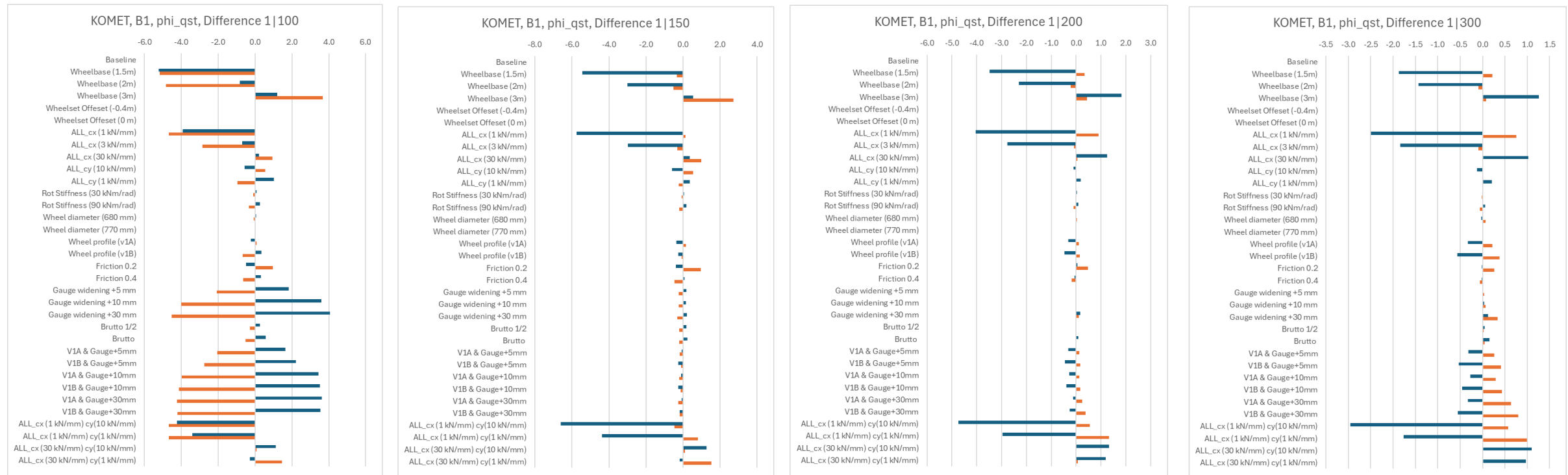


- Bei größeren R: weiche RS-Führung führt zu starker Querkraftvergrößerung **NL**

SCHNELLE BOGENDURCHFART

$a_q = 1$ Anlaufwinkel

Vorlaufend
Nachlaufend



- Bei größeren R: Einfluss generell gering; weiche RS-Führung in x vorteilhaft

AUSWIRKUNG - VARIANTEN

Vergleich: „Baseline“ und Varianten



- Anlaufwinkel
 - Besserer Effekt auf **NL**-Radsatz
 - **VL**-Radsatz: ungünstigste Winkel
 - Niedrige Steifigkeit der Primärfeder hilft
 - Spurweiterung → Gut nur für **NL**-RS

