



Objektivierung des wahrgenommenen Diskomforts bei Schwingungen in Traktorkabinen

Manuel Weis

John Deere Werke Mannheim



JOHN DEERE

Übersicht

1. Komfort <--> Diskomfort
2. Bewertung von Ganzkörperschwingungen (ISO 2631.1)
3. Verbesserungspotential und neuer Ansatz
4. Interaktive Fahrsimulation zur Komfortbewertung
5. Zusammenfassung und Ausblick

Übersicht

1. **Komfort <--> Diskomfort**
2. Bewertung von Ganzkörperschwingungen (ISO 2631.1)
3. Verbesserungspotential und neuer Ansatz
4. Interaktive Fahrsimulation zur Komfortbewertung
5. Zusammenfassung und Ausblick

1. Komfort <--> Diskomfort

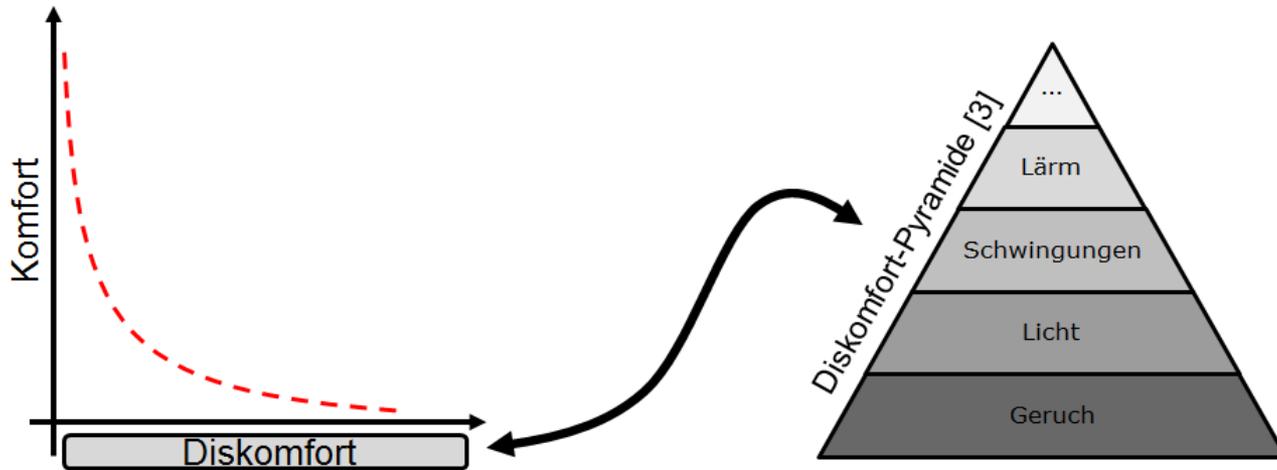
1958: Hertzberg

Komfort ist die Abwesenheit von Diskomfort [1]



1996: Zhang, Helander und Drury

Komfort und Diskomfort sind zwei unabhängige Dimensionen, orthogonale Achsen [2]



Im allgemeinen Sprachgebrauch verbindet man Komfort mit Aspekten des Diskomforts (siehe Herzberg).

Übersicht

1. Komfort <--> Diskomfort
2. **Bewertung von Ganzkörperschwingungen (ISO 2631.1)**
3. Verbesserungspotential und neuer Ansatz
4. Interaktive Fahrsimulation zur Komfortbewertung
5. Zusammenfassung und Ausblick

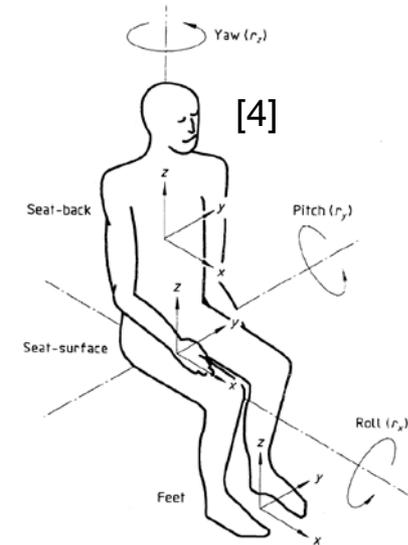
2. Bewertung von Ganzkörperschwingungen (ISO 2631.1)

ISO 2631.1 vollständige Komfortbewertungsmethode

→ Messstellen:

- Sitzfläche -----→ (x/y/z/rot x/rot y/rot z)
 - Rückenlehne ---→ (x/y/z)
 - Fußboden -----→ (x/y/z)
- } 12 Freiheitsgrade

→ Großer Instrumentierungs- und Auswertungsaufwand



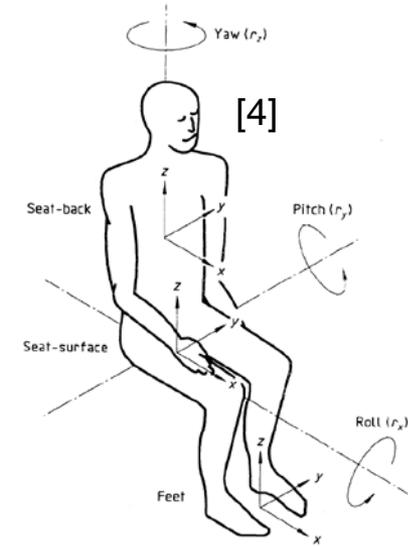
2. Bewertung von Ganzkörperschwingungen (ISO 2631.1)

ISO 2631.1 vollständige Komfortbewertungsmethode

→ Messstellen:

- Sitzfläche -----→ (x/y/z/rot x/rot y/rot z)
 - Rückenlehne ----→ (x/y/z)
 - Fußboden -----→ (x/y/z)
- } 12 Freiheitsgrade

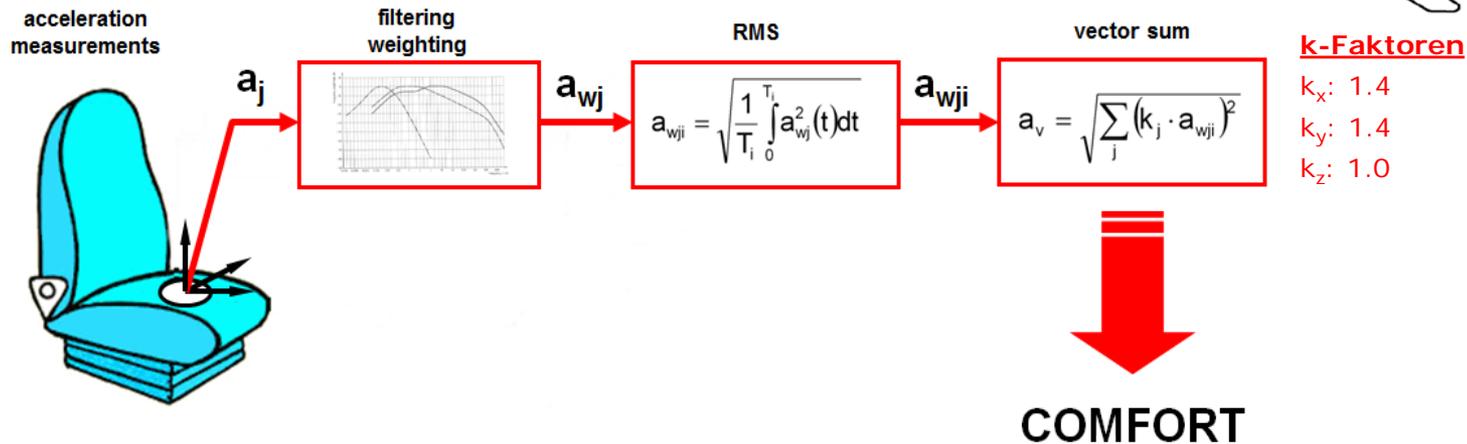
→ Großer Instrumentierungs- und Auswertungsaufwand



ISO 2631.1 vereinfachte Komfortbewertungsmethode

→ Gemäß ISO 2631.1 für die meisten Fälle ausreichend

→ Geringer Instrumentierungs- und Auswertungsaufwand



Übersicht

1. Komfort <--> Diskomfort
2. Bewertung von Ganzkörperschwingungen (ISO 2631.1)
3. **Verbesserungspotential und neuer Ansatz**
4. Interaktive Fahrsimulation zur Komfortbewertung
5. Zusammenfassung und Ausblick

3. Verbesserungspotential und neuer Ansatz

Problem:

- ISO 2631.1 k_j -Faktoren entstammen Laborversuchen mit uni-axialer Anregung
- ISO 2631.1 k_j -Faktoren unterschätzen den Einfluss der lateralen und longitudinalen Richtung [5, 6]

3. Verbesserungspotential und neuer Ansatz

Problem:

- ISO 2631.1 k_j -Faktoren entstammen Laborversuchen mit uni-axialer Anregung
- ISO 2631.1 k_j -Faktoren unterschätzen den Einfluss der lateralen und longitudinalen Richtung [5, 6]

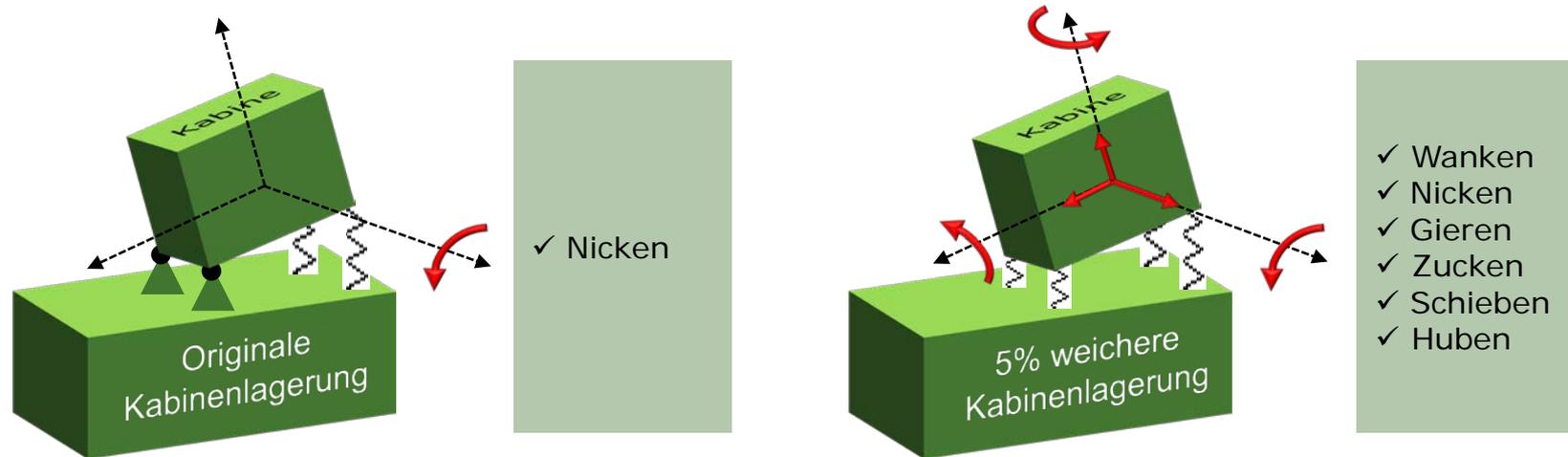
• **Aus der Praxis bei John Deere:**

Weichere Gummilager als Kompromiss zwischen Fahrkomfort und Geräuschisolation

→ Bei kleinen Änderungen keine Auswirkungen laut Bewertung nach ISO 2631

→ ABER: Test-Fahrer empfinden Komfort schon bei 5% weicheren Lagern als inakzeptabel

→ **Durch die weicheren Kabinenlager wird aus dem 1-Freiheitsgrad-Konzept ein Multi-Freiheitsgrad-Konzept (überlagerte Schwingungen treten auf).**



3. Verbesserungspotential und neuer Ansatz

Idee:

- Modifizierte k_j -Faktoren finden oder neue Bewertungsmethode entwickeln
- Versuche/Studien mit Probanden erforderlich
 - Versuche sollen wiederholbar, kontrollierbar, realistisch sein → Simulator
 - Kombinationen von Anregungen in x-, y- and z-Richtung werden erzeugt
 - Testpersonen sollen subjektives Feedback abgeben
- Verwendung von statistischen DOE-Methoden, um verbesserte Faktoren oder neue Methodik zu entwickeln:

Multiple linear Regression

3. Verbesserungspotential und neuer Ansatz

Multiple lineare Regression:

$$Y = b_0 + b_1 \cdot X_1^2 + b_2 \cdot X_2^2 + b_3 \cdot X_3^2$$



$$Y = (k_1)^2 \cdot X_1^2 + (k_2)^2 \cdot X_2^2 + (k_3)^2 \cdot X_3^2$$



$$K = \sqrt{(k_x)^2 \cdot a_{wx}^2 + (k_y)^2 \cdot a_{wy}^2 + (k_z)^2 \cdot a_{wz}^2}$$



Aktuelle ISO2631-Methodik

- mit $X_{1,2,3}$ = Beschleunigungen (RMS) in x-, y- und z-Richtung (unabhängige Variablen)
- mit Y = Komfortwert (abhängige Variable)
- mit b_j = Koeffizienten, k_j -Faktoren

3. Verbesserungspotential und neuer Ansatz

Multiple lineare Regression:

$$Y = b_0 + b_1 \cdot X_1^2 + b_2 \cdot X_2^2 + b_3 \cdot X_3^2 + b_4 \cdot X_1 \cdot X_2 + b_5 \cdot X_1 \cdot X_3 + b_6 \cdot X_2 \cdot X_3 + b_7 \cdot X_1 \cdot X_2 \cdot X_3$$

$$Y = (k_1)^2 \cdot X_1^2 + (k_2)^2 \cdot X_2^2 + (k_3)^2 \cdot X_3^2$$

$$K = \sqrt{(k_x)^2 \cdot a_{wx}^2 + (k_y)^2 \cdot a_{wy}^2 + (k_z)^2 \cdot a_{wz}^2}$$

Aktuelle ISO2631-Methodik

Interaktionsterme

- mit $X_{1,2,3}$ = Beschleunigungen (RMS) in x-, y- und z-Richtung (unabhängige Variablen)
- mit Y = Komfortwert (abhängige Variable)
- mit b_j = Koeffizienten, k_j -Faktoren

Übersicht

1. Komfort <--> Diskomfort
2. Bewertung von Ganzkörperschwingungen (ISO 2631.1)
3. Verbesserungspotential und neuer Ansatz
4. **Interaktive Fahrsimulation zur Komfortbewertung**
5. Zusammenfassung und Ausblick

4. Interaktive Fahrsimulation zur Komfortbewertung

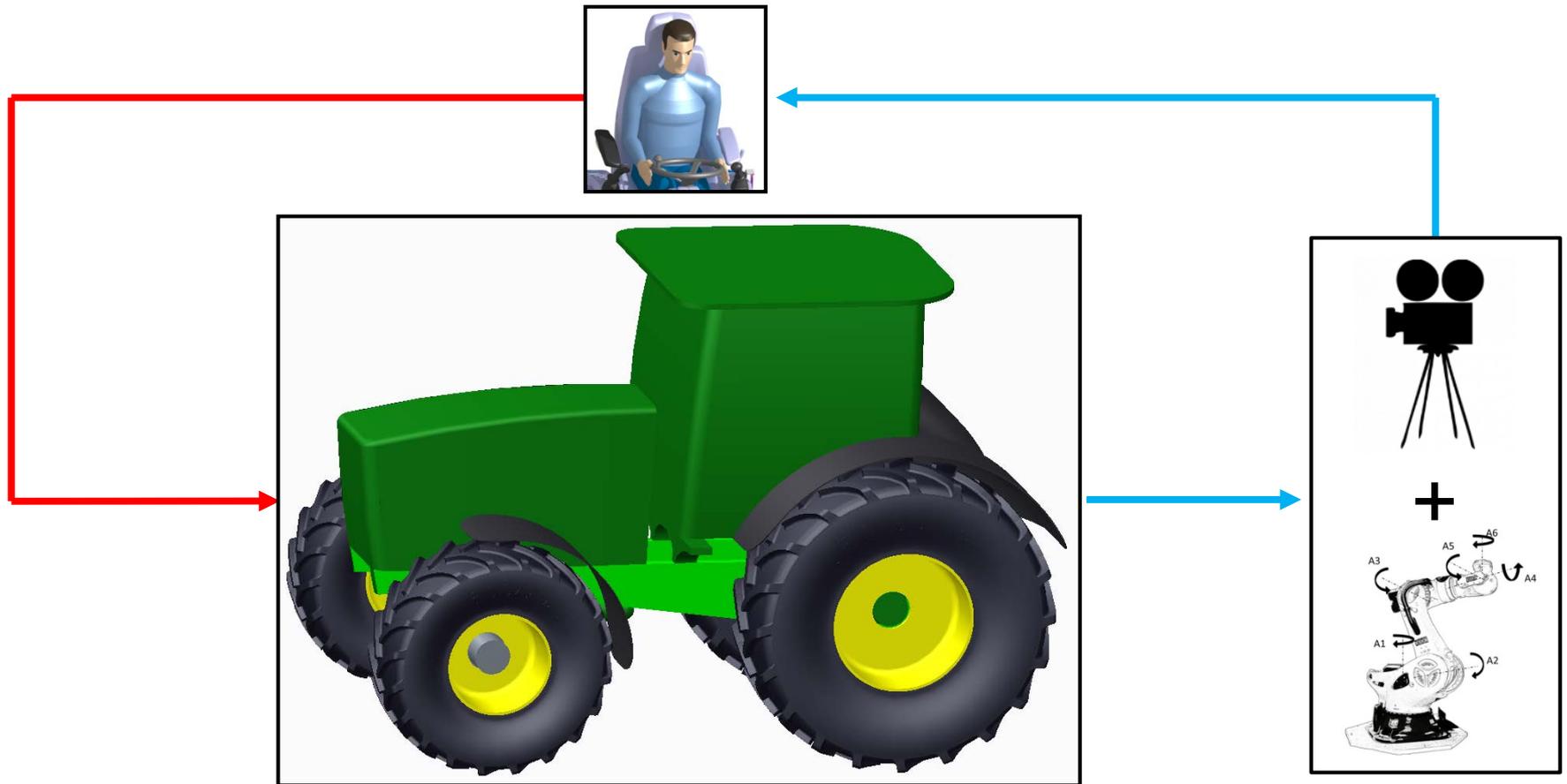
Vorteile gegenüber realem System:

- + Kontrollierbarkeit
- + Wiederholbarkeit
- + Unabhängigkeit von Wetterverhältnissen

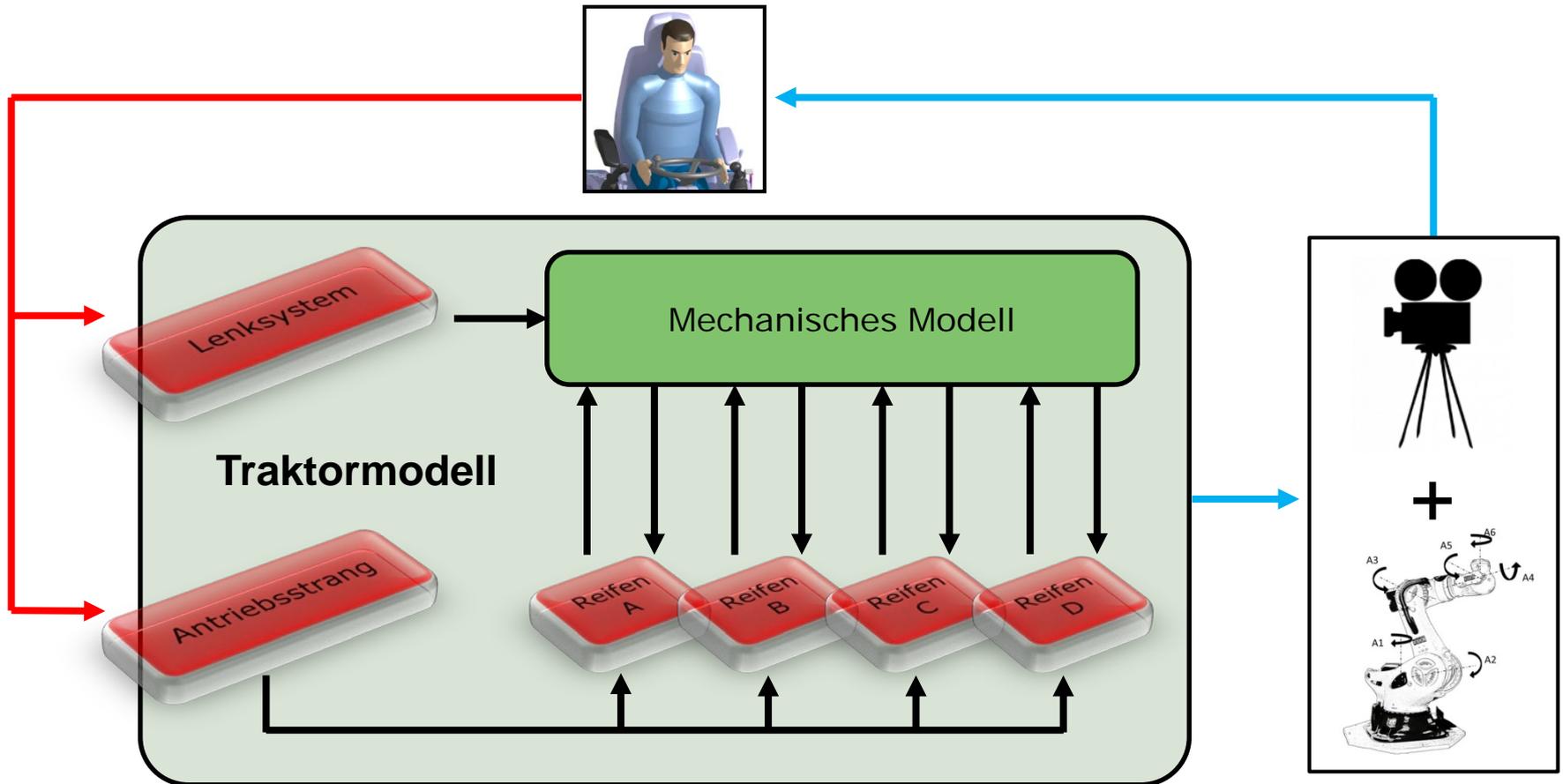
Nachteile gegenüber realem System:

- „Essentially, all models are wrong, but some are useful.“ (George Box, Statistiker)
- Gefahr, dass Simulator und nicht das System bewertet wird

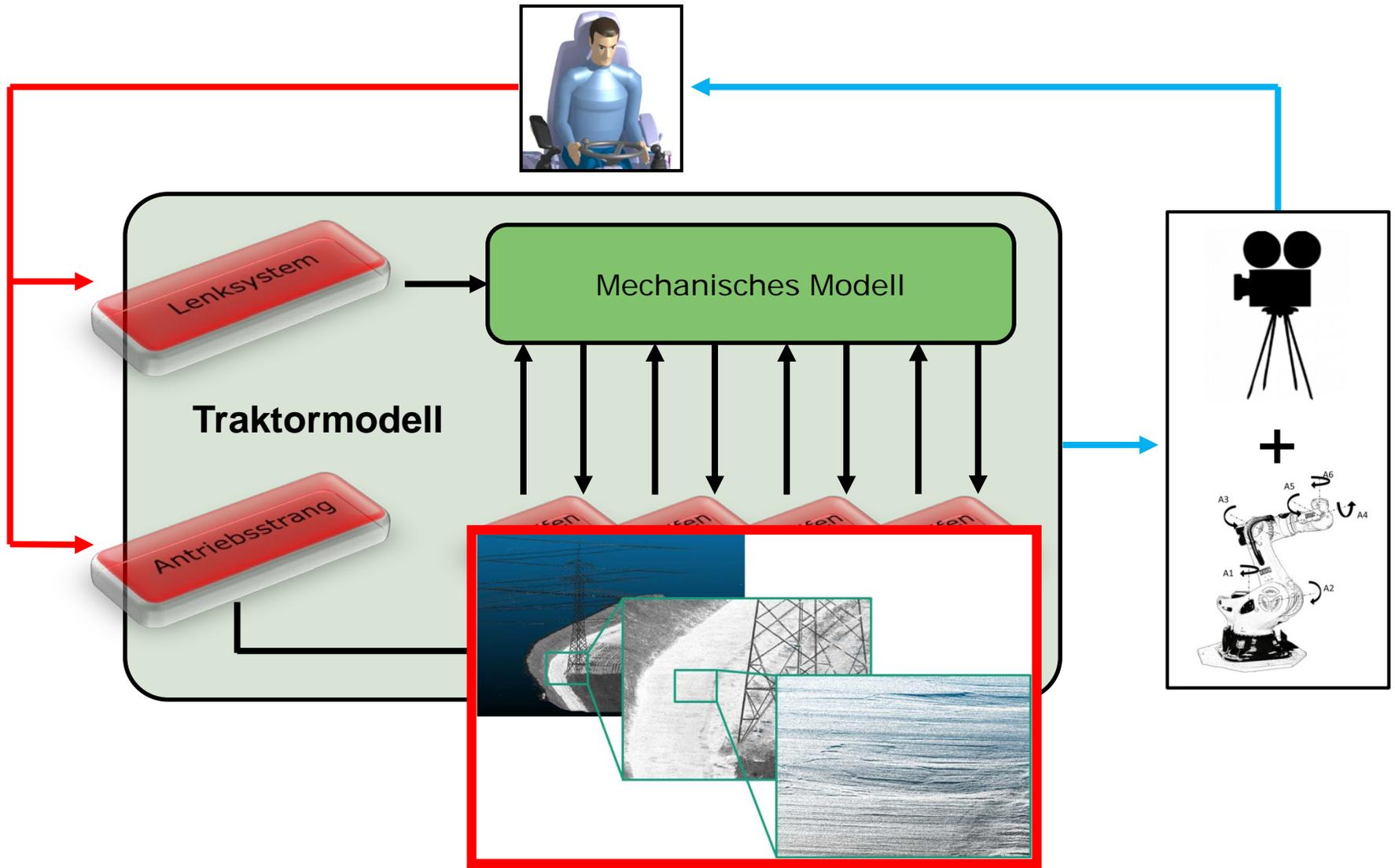
4. Interaktive Fahrsimulation zur Komfortbewertung



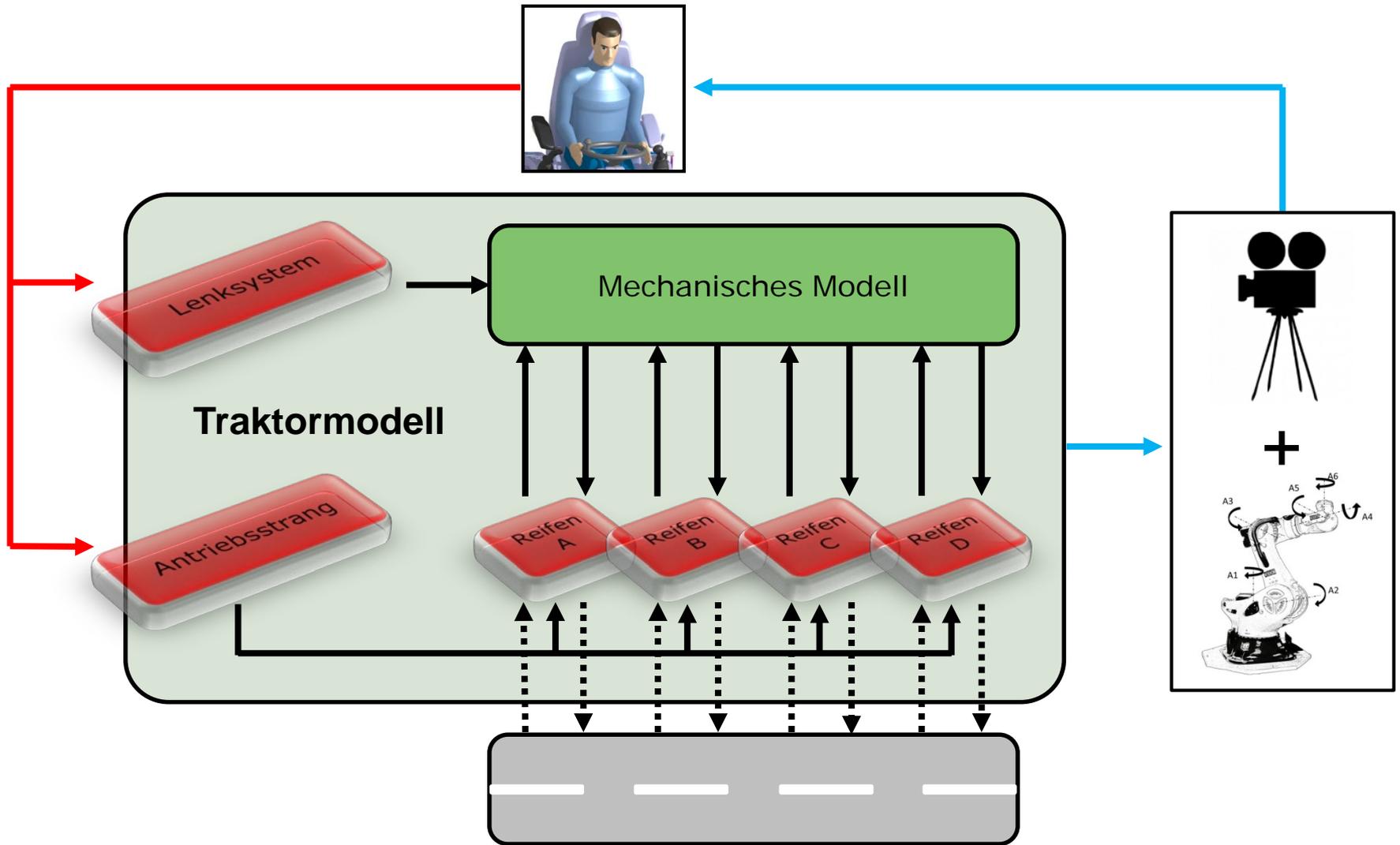
4. Interaktive Fahrsimulation zur Komfortbewertung



4. Interaktive Fahrsimulation zur Komfortbewertung



4. Interaktive Fahrsimulation zur Komfortbewertung

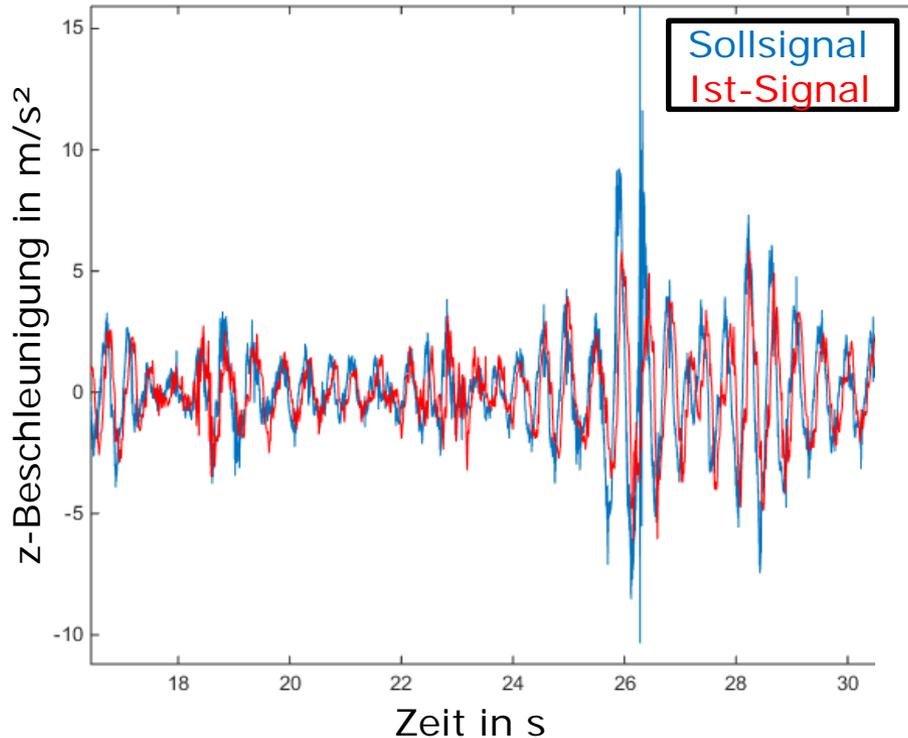


4. Interaktive Fahrsimulation zur Komfortbewertung

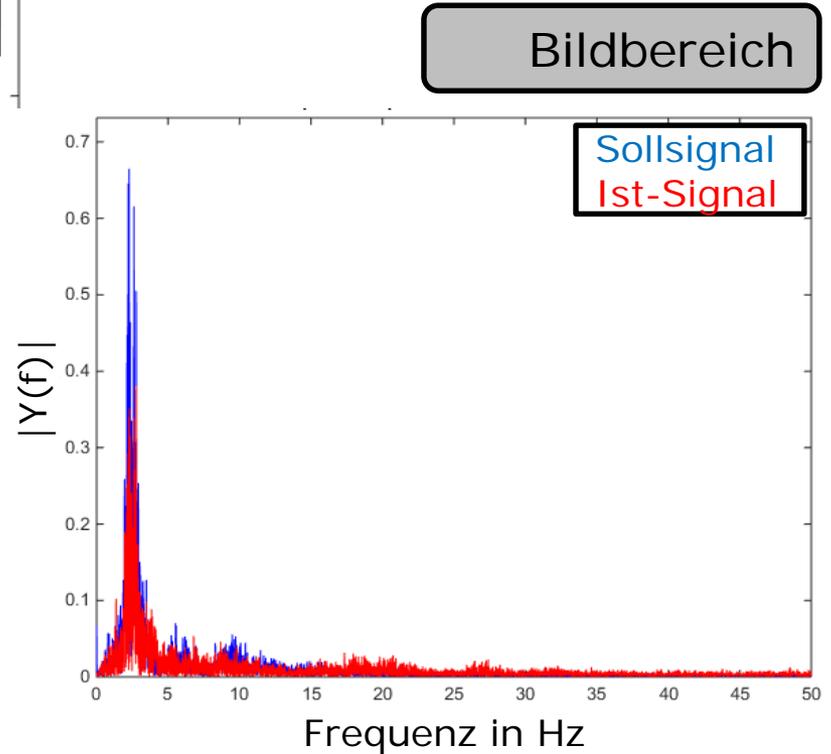
Performance-Test des Simulators:

Vertikalbeschleunigung am Kabinenboden bei 30 km/h

Soll = gemessenes Signal am realen Traktor
Ist = reproduziertes Signal im Simulator



Zeitbereich

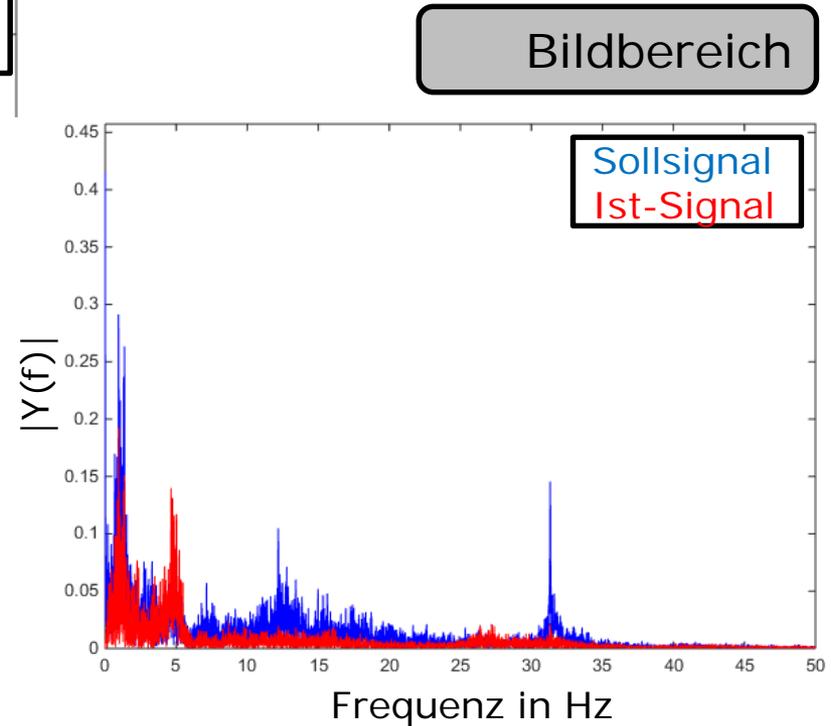
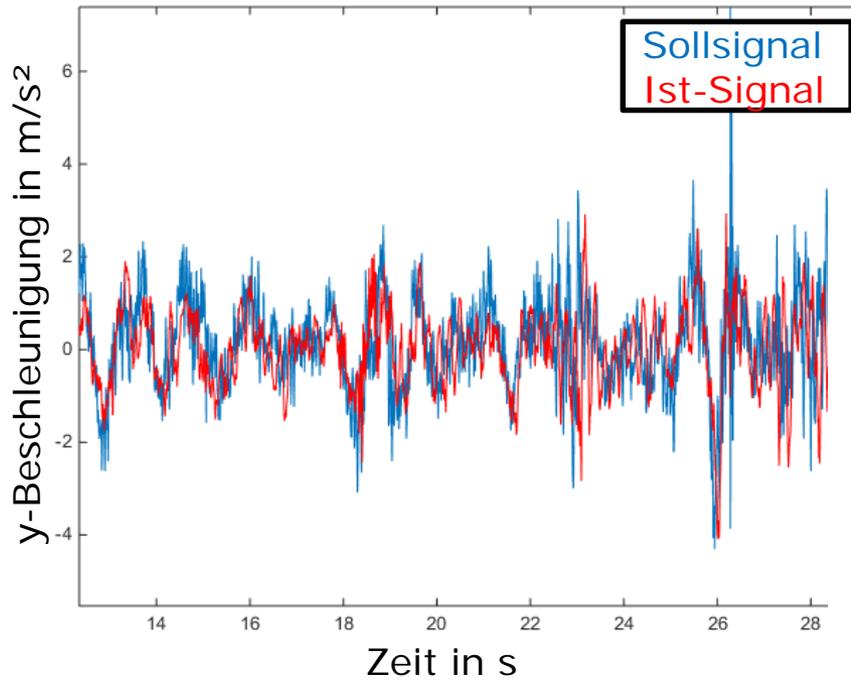


4. Interaktive Fahrsimulation zur Komfortbewertung

Performance-Test des Simulators:

Lateralbeschleunigung am Kabinenboden bei 30 km/h

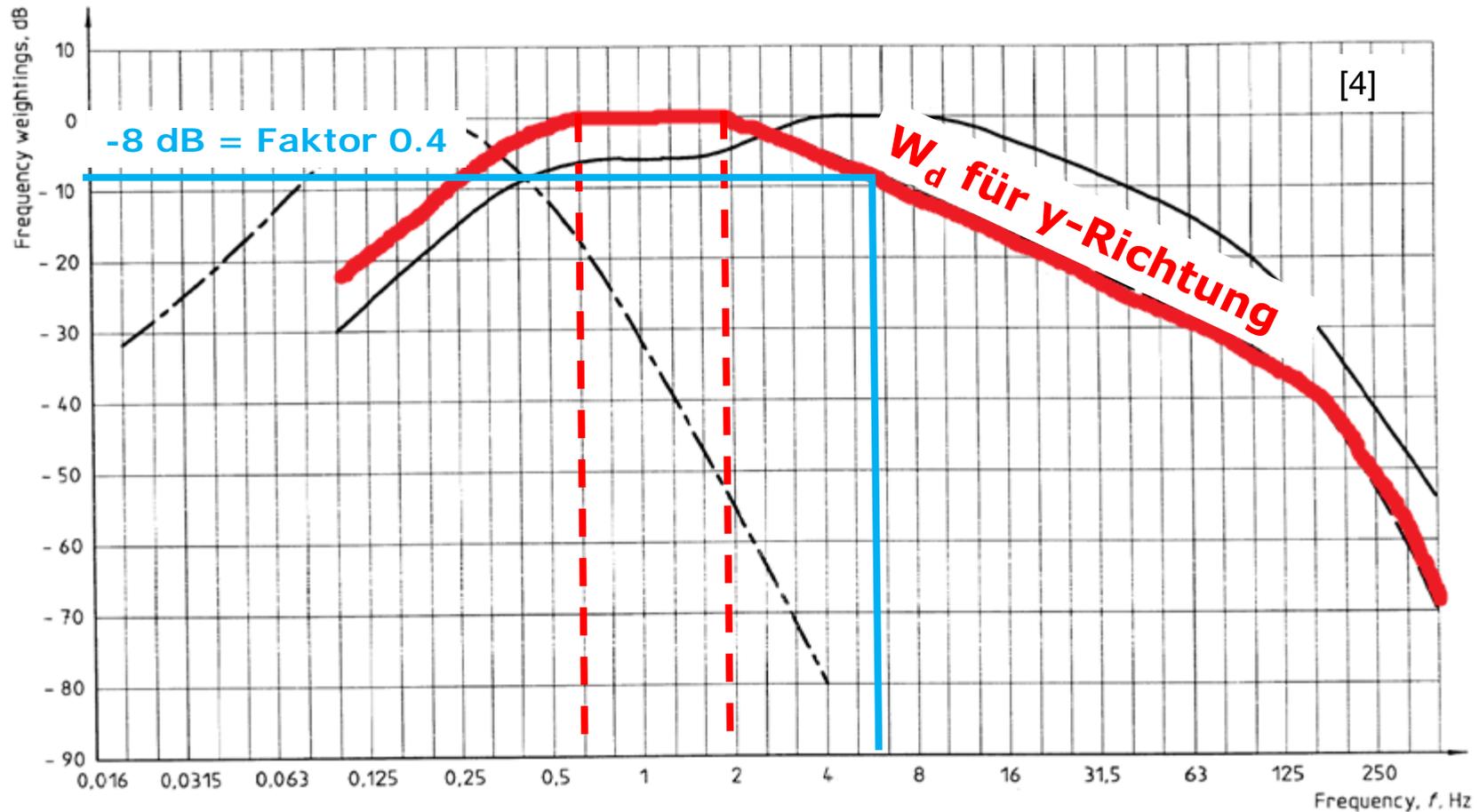
Soll = gemessenes Signal am realen Traktor
Ist = reproduziertes Signal im Simulator



4. Interaktive Fahrsimulation zur Komfortbewertung

Performance-Test des Simulators:

Lateralbeschleunigung am Kabinenboden bei 30 km/h



Übersicht

1. Komfort <--> Diskomfort
2. Bewertung von Ganzkörperschwingungen (ISO 2631.1)
3. Verbesserungspotential und neuer Ansatz
4. Interaktive Fahrsimulation zur Komfortbewertung
5. **Zusammenfassung und Ausblick**

5. Zusammenfassung und Ausblick

- ISO 2631.1 hat Verbesserungspotential:
 - ❑ k_j -Faktoren der ISO2631.1 unterschätzen den Einfluss der lateralen und longitudinalen Richtung
 - ❑ In der Praxis zeigten sich Abweichungen zwischen Komfortwert nach ISO und subjektiver Wahrnehmung

- Optimierte Faktoren oder neue Methodik erforderlich:
 - ❑ Tests mit Probanden notwendig
 - ❑ Wiederholbarkeit, Kontrollierbarkeit, Realitätsnähe → Traktor-Fahrsimulation

- Im niederfrequenten Bereich bis 5 Hz höchste Performance des Bewegungssystems

- Ausblick:
 - ❑ Durchführung einer Studie
 - ❑ Ableiten verbesserter Faktoren, einer angepassten Methodik
 - ❑ Validierung der Ergebnisse

Quellen

- [1] Hertzberg, H.T.E.:
Annotated Bibliography of applied physical anthropology in human engineering,
Report No. WADC-TR-56-30, Wright-Patterson Air Force Base. OH: Aero-Medical library, 1958

- [2] Zhang, L.; Helander, M.G.; Drury, C.G.:
Identifying factors of comfort and discomfort in sitting. Human Factors, 1996.

- [3] Bubb, Heiner:
Komfort und Diskomfort. In: Ergonomie Aktuell Ausgabe 4 (2003), S. 5–8.

- [4] –,—:
International Organization for Standardization: Mechanical vibration and shock: Evaluation of human exposure to whole-body vibration. Part 1: general requirements. International Standard, ISO 2631-1, Second edition 1997-05-01, 1997.

- [5] Marjanen, Y.:
Validation and improvement of the ISO 2631-1 (1997) standard method for evaluating discomfort from whole-body vibration in a multi-axis environment, Dissertation, Loughborough University, 2010.

- [6] Mansfield, N.J.; Maeda, S.:
Subjective ratings of whole-body vibration for single- and multi-axis motion. Journal of the Acoustical Society of America, 130 (6), pp. 3723-3728, 2011 .

Alle Klarheiten beseitigt?

