Vortrag anlässlich der 59. VDI-MEG-Tagung Landtechnik
vom 9. bis 10. November 2001 in Hannover

Vorderachsfederung, Kabinenfederung und Sitzfederung im Praxistest

Front-axle-suspension, cab-suspension and seat-suspension in practical test

Ing. M. Nadlinger, BLT - Bundesanstalt für Landtechnik (BLT), Wieselburg/Österreich

EINLEITUNG:

Bei den Traktorherstellern und bei den Landwirten sind die Traktorfederungssysteme derzeit ein vieldiskutiertes Thema. Die Kommentare und Meinungen fallen dabei sehr unterschiedlich aus. Das Echo der Fachwelt ist durchwegs positiv. Diese Federungssysteme sind in den meisten Fällen Wunschausstattungen und mit zusätzlichen Kosten verbunden. Beim Traktorkauf wird immer wieder die Frage nach dem Nutzen diese Zusatzinvestitionen gestellt. Auf der VDI-MEG Tagung in Hannover wurde über die „Untersuchung und Optimierung der schwingungstechnischen Eigenschaften von Traktoren mit gefederter Vorderachse und gefederter Fahrerkabine“ auf den Testbahnen der BLT (100m Bahn, 35m Bahn, OECD Testbahn nach ISO 5008, 24m Testopbahn, BLT- interne Asphalt- und Betonstraßen) berichtet. Um Fragen über die Praxistauglichkeit der einzelnen Federungssysteme und um die Vergleichbarkeit der Ergebnisse der Testbahnen mit dem praktischen Einsatz abzuklären, wurden diese Untersuchungen durchgeführt. Ferner sollen Kenndaten für zukünftige Optimierungen und Entscheidungshilfen erarbeitet werden.

Folgende Fragen sollten abgeklärt werden:

1. **Welche Komfortverbesserungen (Schwingungsverbesserung) bringen die einzelnen Federungssysteme des Traktors, bei verschiedensten Arbeiten in der Praxis.**

2. **Welche Wirkung hat die Vorderachsfederung auf die Fahrsicherheit im Straßenverkehr.**

VERSUCHSDURCHFÜHRUNG:

Für die in diesem Beitrag beschriebenen Praxisversuche stand ein Deutz/Fahr „AGROTRON 150“, 110 kW (150 PS) mit einer Vorderachsfederung, Kabinenfederung (pneumatisch mit Niveauregelung) und luftgefederten Fahrersitz zur Verfügung. Um die Effizienz der einzelnen Federungssysteme beurteilen zu können, wurden vier verschiedene Federungszustände betrachtet, die in den Bildern 1-5 wie folgt bezeichnet werden:

a) Vorderachsfederung AUS / Kabinenfederung AUS – **(AUS / AUS)**
   (Ungefedertes Fahrzeug)
b) Vorderachsfederung EIN / Kabinenfederung AUS - **(EIN / AUS)**
   (Nur mit Vorderachsfederung)
c) Vorderachsfederung AUS / Kabinenfederung EIN - **(AUS / EIN)**
   (Nur mit Kabinenfederung)
d) Vorderachsfederung EIN / Kabinenfederung EIN – **(EIN / EIN)**
   (Mit Vorderachs- und Kabinenfederung)

Für die Versuche wurde die Vorderachsfederung wahlweise ein- und ausgeschaltet und die Kabinenfederung (Prinzip der gefederten Wippe) je nach Bedarf blockiert. Die Horizontalfederung des Sitzes (in Fahrtrichtung) war bei allen Versuchen eingeschaltet. Nur durch diese getrennte Betrachtungsweise der einzelnen Federungssysteme war eine Gesamtbeurteilung aller einzelnen Federungskomponenten möglich.
Für die Messdaten wurde ein Datenerfassungssystem am Traktor installiert. Auch die Meinungen und Eindrücke verschiedener Landwirte, die mit diesem Fahrzeug Arbeiten durchführten, wurden für die Beurteilung herangezogen.
An folgenden Stellen des Traktors wurden Beschleunigungsaufnehmer montiert:
An der Sitzfläche und am Sitzmontagepunkt (Kabinenboden) in drei Richtungen (x - horizontal in Fahrtrichtung, y - horizontal quer zur Fahrtrichtung und z - vertikale Richtung, bewertet nach ISO 2631), an der Hinterachse, Vorderachse und am Rahmen über der Vorderachse nur in der (z) – Richtung (vertikale Richtung). Ferner wurden die Kräfte im Oberlenker des Dreipunktgestänges hinten und die Achslast der Vorderachse beim Fahren mit Anbaugeräten erfasst, um die Effizienz der Vorderachsfederung hinsichtlich Fahrsicherheit besser beurteilen zu können.

Folgende Versuchseinsätze wurden durchgeführt:

- Mähen
- Pflügen
- Grubbern
- Saatbeetbereitung
- Frontladerarbeiten
- Leerfahrten
- Transportfahrten mit Anhängern
- Gerätetransport

Die Ergebnisse beruhen auf mehreren Versuchswiederholungen unter genau definierten Bedingungen, um die Vergleichbarkeit gewährleisten zu können. In diesem Beitrag werden beispielhaft nur einige Versuche wiedergegeben.

ERGEBNISSE (Komfort):

Mähen (Bild 1):

Diese Versuchsfahrten wurden mit Mähwerkskombinationen (Front- und Heckmähwerk) durchgeführt. Der Federungszustand (EIN/EIN) bringt bei allen Versuchsfahrten den besten Fahrkomfort. Die Abweichungen der Federungszustände (AUS/AUS), (EIN/AUS) und (AUS/EIN) vom besten Federungszustand (EIN/EIN), werden in Bild 1 beschrieben. Die positiven Werte im Diagramm sind eine Verschlechterung und die negativen Werte sind eine Verbesserung gegenüber (EIN/EIN). Die Beruhigung des „Rahmen vorne“ durch die Vorderachsfederung, bewirkt auf allen Messpunkten eine Verringerung der Beschleunigungen in vertikaler Richtung. Die Ergebnisse am Fahrersitz sind vom Resonanzverhalten der Sitzfederung und der Kabinenfederung abhängig. Beeinflusst werden die Resonanzen von der Fahrgeschwindigkeit, der Lastverteilung am Traktor und vom Anregungsspektrum des Bodens. Die Vorderachsfederung bewirkt somit eine Gesamtberuhigung des Systems Traktor und Anbaugerät. Dies führt zusätzlich zu einem schöneren Schnittbild.

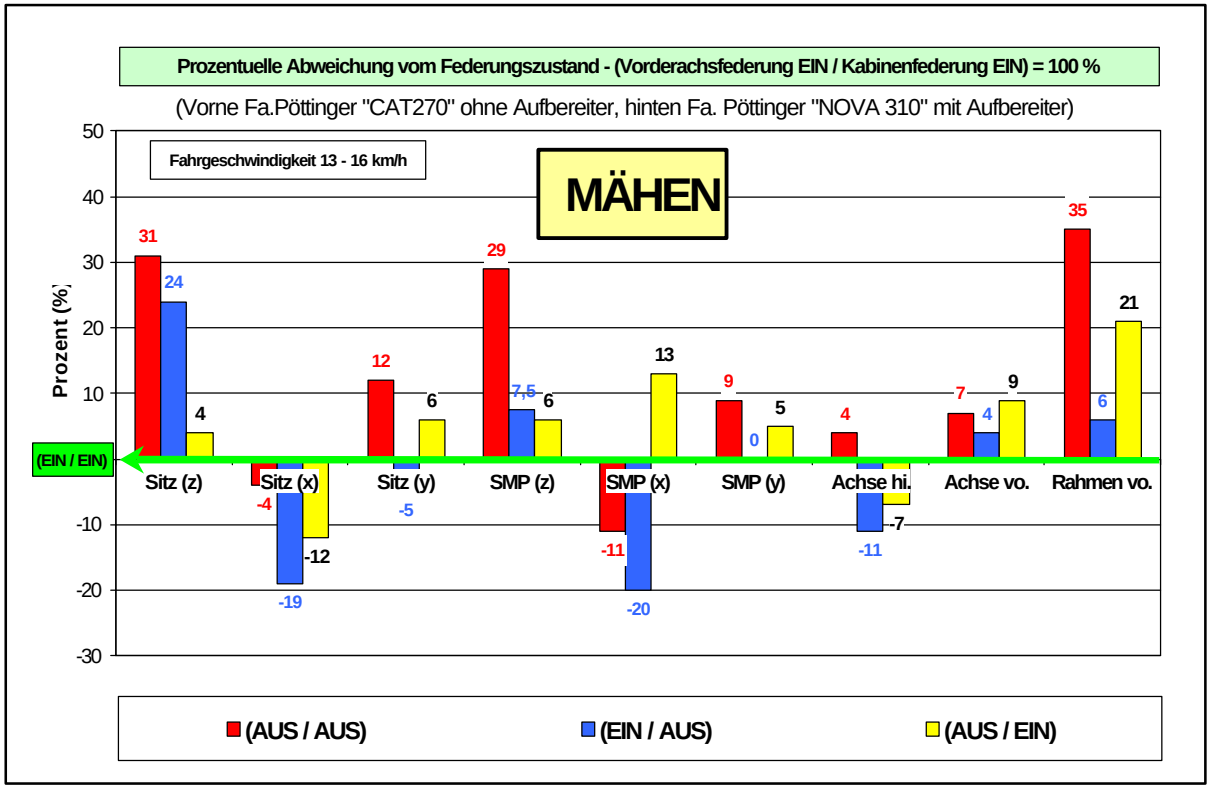

Bild 1: Einfluss der Federungszustände auf das Schwingungsverhalten beim Mähen.

Grubbern (Bild 2):

Die Vorderachsfederung ohne der Kabinenfederung (EIN/AUS), wirkt sich beim Grubbern äußerst positiv aus. Der Federungszustand (EIN/AUS) ist am Sitz (z) und am Sitz (x) sogar geringfügig besser als bei (EIN/EIN). Die Kabinenfederung, ohne Vorderachsfederung ist beim Grubbern wirkungslos. Die Ursache liegt im Resonanzverhalten der Kabine im Geschwindigkeitsbereich von 12 bis 16 km/h. Beide Federungssysteme gemeinsam (EIN/EIN) bringen die größte Schwingungsreduktion. Der Vorteil der Kabinenfederung besteht darin, dass keine Relativbewegungen des Fahrers zu den Bedienteilen der Kabine entstehen. Die Ergebnisse der Praxisversuche waren in vielen Bereichen identisch mit den Ergebnissen der Untersuchungen der BLT - Testbahnen, die ein Jahr zuvor durchgeführt wurden.

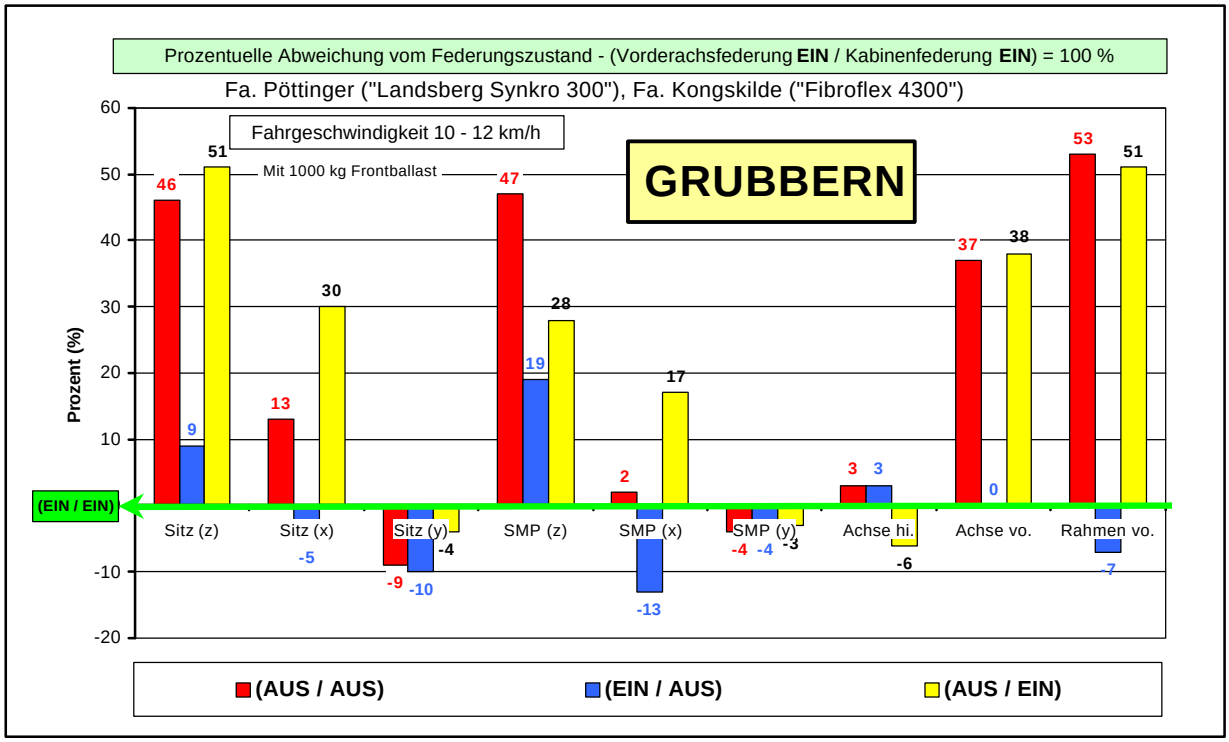

Bild 2: Einfluss der Federungszustände auf das Schwingungsverhalten beim Grubbern.

Frontladerarbeiten (Bild 3):

Beim ungefederten Fahrzeug (AUS/AUS) mit Frontlader und Ballastgewicht am Dreipunkt hinten, treten bei allen Fahrzuständen mit steigender Fahrgeschwindigkeit starke Nickschwingungen des Traktors auf, die wiederum starke horizontale Beschleunigungen (in Fahrtrichtung) am Fahrersitz verursachen. Diese Nickschwingungen und damit verbunden die horizontalen und vertikalen Beschleunigungen am Fahrersitz, werden durch die Vorderachsfederung bei der Leerfahrt, bei der Frontladerfahrt, beim Gerätetransport oder Anhängerfahrten auf der Straße wesentlich reduziert.

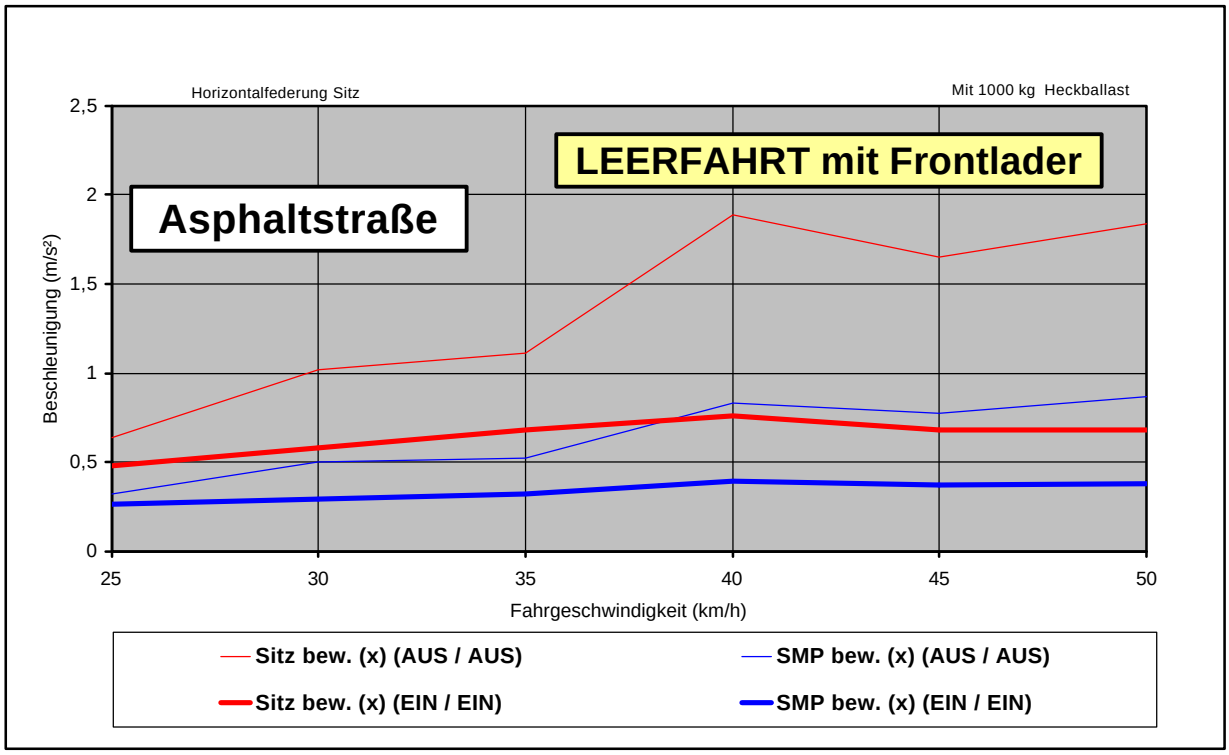

Bild 3: Horizontale Beschleunigung (in Fahrtrichtung) am Fahrersitz und am Sitzmontagepunkt mit ungefederten und gefederten Fahrzeug.

Transportfahrten mit Anhängern:

Die Transportfahrten mit Einachs-, Zweiachs- und Tandemanhängern bestätigten wiederum den positiven Einfluss der Vorderachsfederung. Durch die Reduktion der Nickschwingungen des Traktors, werden die horizontalen und vertikalen Beschleunigungen am Fahrersitz stark abgeschwächt. Die Fahrsicherheit im Geschwindigkeitsbereich von 40 bis 50 km/h wird dadurch wesentlich erhöht. Die Kabinenfederung ohne Vorderachsfederung kommt auf schlechter Straße, im Geschwindigkeitsbereich 12 bis 16 km/h (wie beim Grubbern) in Resonanz, deshalb ist die Kabinenfederung ohne Vorderachsfederung bei diesen Geschwindigkeiten wirkungslos.

- Nur die Kombination von Vorderachsfederung, Kabinenfederung und guten Fahrersitz liefert in der Praxis den besten Fahrkomfort.
- Ein guter Fahrersitz ist trotz Vorderachsfederung und Kabinenfederung noch immer notwendig.
- Eine Optimierung der drei Federungssysteme ist die Vorraussetzung für besten Fahrkomfort.
-

ERGEBNISSE (Fahrsicherheit):

Traktoren mit einer Höchstgeschwindigkeit von 50 km/h sollten nur mehr mit Vorderachsfederung zum Verkehr zugelassen werden. Diese Erkenntnis die auf den Testbahnen der BLT ein Jahr zuvor gewonnen wurde, konnte in diesem Praxistest bestätigt werden. Vor allem bei Transportfahrten mit Anhängern (Bild 4) oder

Gerätetransport auf der Straße (Bild 5), kommt es bei den Traktoren ohne Vorderachsfederung und bei höheren Geschwindigkeiten (je nach Lastverteilung) zum Aufschaukeln (Resonanz) des Fahrzeuges. Durch die Entlastung der Vorderachse verlieren die Räder den Bodenkontakt und gefährlicher Fahrsituationen sind vorprogrammiert. Bild 4 zeigt die Fahrten bei ausgeschalteter Vorderachsfederung (AUS/EIN) im Vergleich zur eingeschalteten Vorderachsfederung (EIN/EIN), mit einem schweren Güllefass.

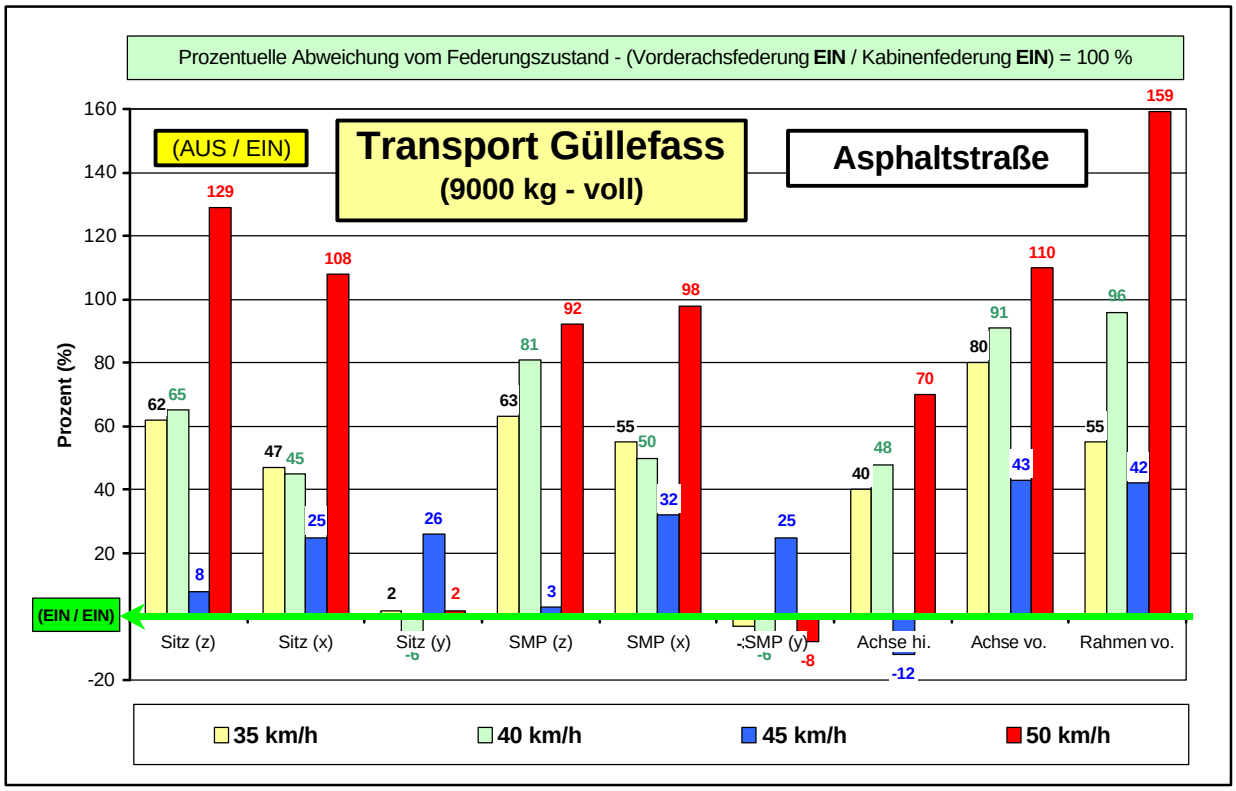

Bild 4: Testfahrten mit schwerem Güllefass auf schlechter Asphaltstraße.

Mit 50 km/h war das Beschleunigungsaufkommen bei ausgeschalteter Vorderachsfederung am Rahmen vorne um ca. 160% höher als bei eingeschalteter Vorderachsfederung. In dieser Situation kam es zu einem starken Aufschaukeln (Nicken) des gesamten Fahrzeuges, wobei die Bewegungen der großen Massen ein sicheres Fahren auf der Straße nahezu unmöglich machen. Bild 5 zeigt die Vorderachskraft auf dem Boden, beim Transport des Pflugsimulationsgerätes (Ballastierungsverhältnisse wie mit Pflug) auf einer Asphaltstraße. Ohne Vorderachsfederung ist die Schwingungstilgung für die Fahrsicherheit besonders wichtig (gelbe Kurven), mit eingeschalteter Vorderachsfederung (blaue Kurven) wird die Bedeutung der Schwingungstilgung (bei der Straßenfahrt) vermindert. Vorderachsfederung und Schwingungstilgung ergänzen sich in vielen Bereichen des praktischen Einsatzes. Eine Verbesserung der Fahrsicherheit kann nur durch eine gut abgestimmte Vorderachsfederung erreicht werden.

- Die Vorderachsfederung bewirkt nicht nur eine Verringerung des Schwingungsaufkommens am Fahrersitz, sondern auch eine wesentliche Erhöhung der Fahrsicherheit im Straßenverkehr. Das typische Resonanzverhalten (Nicken) des Fahrzeuges bei bestimmten Fahrgeschwindigkeiten wird dadurch unterbunden.
- Jeder Traktor, der schneller als 40km/h fährt, sollte mit einer Vorderachsfederung ausgestatte sein!

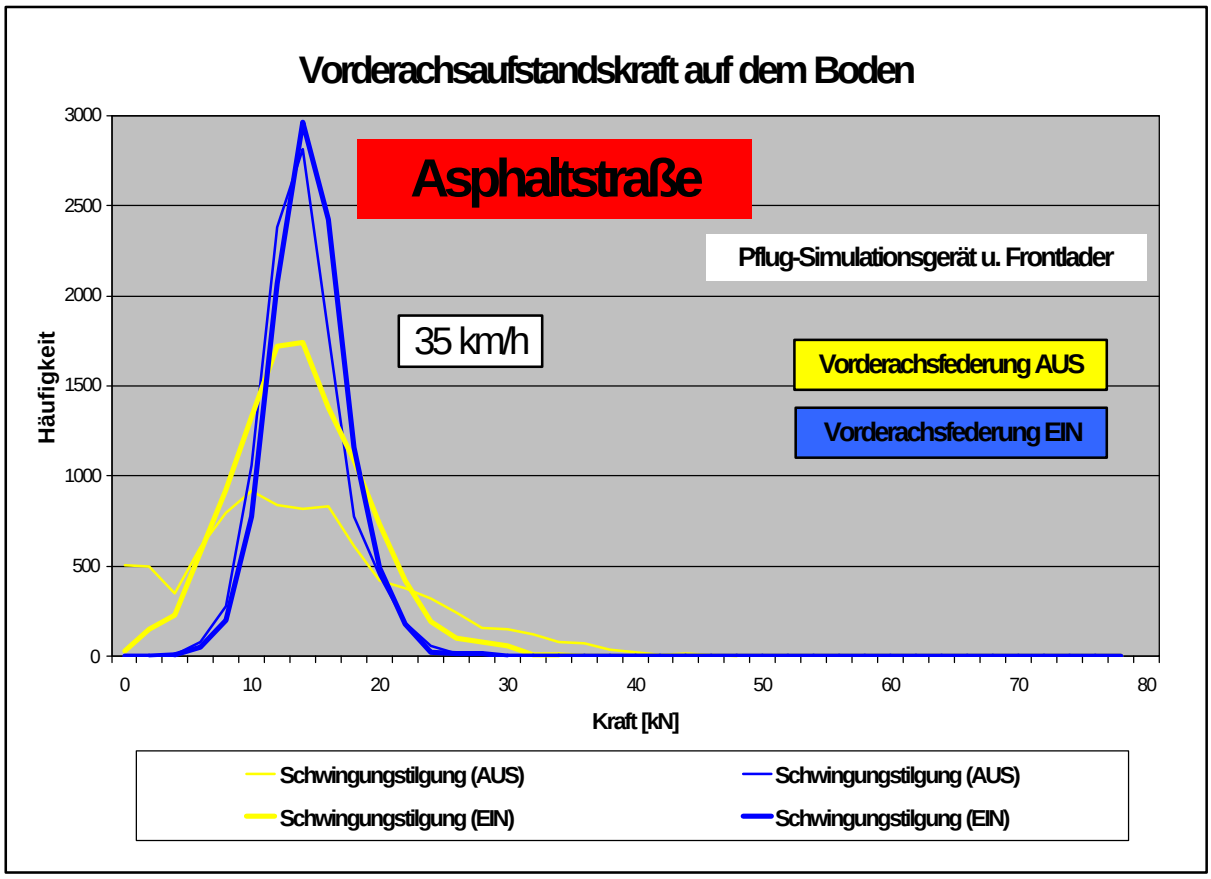

Bild 5: Aufstandskraft der Vorderachse auf dem Boden.

Die Ergebnisse und Erkenntnisse der Untersuchungen auf den BLT-Testbahnen, wurden auch im Praxiseinsatz eindeutig bestätigt.