

## Literatur

- [1] Pippig, G.; Peschel, E.: Theoretischer und experimenteller Nachweis der Leistungsfähigkeit und Funktionssicherheit des pneumatischen Säsystems sowie seine Einordnung in die kombinierten Aggregate und die selbstfahrende Bestellkombine. WZ für Landtechnik Schlieben, Forschungsbericht, 1972 (unveröffentlicht).
- [2] Mahlstedt, J.; Heege, H.-J.: Die pneumatische Zuteilung von Getreide in Sämaschinen. Grundlagen der Landtechnik 22 (1972) H. 2, S. 33—38.
- [3] Traulsen, H.: Wie gut sind unsere Drillmaschinen? Stayr-Information (1973) H. 2, S. 28—30.

- [4] Protokoll der gemeinsamen Untersuchung an der Drillmaschine „Lataj-Accord 5,6“ durch Spezialisten der UVR und der DDR. Zentrale Prüfstelle für Landtechnik Potsdam-Bornim 1973 (unveröffentlicht).
- [5] Bernhardt, H.: Qualitäts- und Leistungsparameter einer Accord-Drillmaschine. Institut für Getreideforschung Bernburg-Hadmersleben, Bericht 1969 (unveröffentlicht).
- [6] Szalay, Z.: Neue Drillmaschinen zur Getreideausaat in Ungarn. Internationale Zeitschrift der Landwirtschaft. (1977) H. 2, S. 147—152.
- [7] Pippig, G.: Dosieren von Saatgut-Luft-Gemischen

in pneumatischen Drillmaschinen. agrartechnik 27 (1977) H. 12, S. 544—547.

- [8] Pippig, G.: Prallteilung von Saatgut-Luft-Gemischen in vertikalen und geneigten Förderleitungen mit kreisrundem Querschnitt. agrartechnik 28 (1978) H. 8, S. 344—346.
- [9] Heege, H.-J.: Die Gleichstand-, Drill- und Breitsaat des Getreides unter besonderer Berücksichtigung der flächenmäßigen Kornverteilung. KTL-Berichte über Landtechnik 112, Frankfurt/M. (1967). A 2412

# Ergebnisse der Betriebsbelastungsanalyse am Liegeflächen-Trennbügel

Dipl.-Ing. R. Krone, Technische Universität Dresden, Sektion Kraftfahrzeug-, Land- und Fördertechnik

## 1. Problemstellung

Lastannahmen sind für den Festigkeitsnachweis von Bauteilen unbedingt erforderlich und können anhand theoretischer Überlegungen oder spezieller Versuche erarbeitet werden. Die Erarbeitung von Lastannahmen für die Dimensionierung des Liegeflächen-Trennbügels ist auf theoretischem Wege schwer möglich. Die an diesem Bauteil auftretenden Betriebsbelastungen werden hauptsächlich durch die aufgestallten Kühe hervorgerufen. Sowohl die Wirkungsrichtung der Tierkräfte als auch ihre Größe sind von einer Vielzahl von Einflüssen abhängig. Lastannahmen können deshalb nur in Auswertung experimenteller Untersuchungen erarbeitet werden. Über Ergebnisse der experimentellen Betriebsbelastungsanalyse am Liegeflächen-Trennbügel wird im folgenden berichtet.

## 2. Darstellung der Funktion des Liegeflächen-Trennbügels

Mit Hilfe des Liegeflächen-Trennbügels wird die für das Liegen in einem Laufstall vorgesehene Fläche in einzelne Liegeplätze unterteilt. Der Liegeflächen-Trennbügel bildet die seitliche Begrenzung des Liegeplatzes und sichert so den für die einzelne Kuh bei Laufhaltung erforderlichen Platz zum weitgehend ungestörten Liegen. Als seitliche Begrenzung des Liegeplatzes sichert er die liegende Kuh vor Trittverletzungen durch Nachbarkühe. Gleichzeitig schränkt er den seitlichen Bewegungsbereich der auf dem Liegeplatz ruhenden oder stehenden Kuh soweit ein, daß sie die Liegefläche nicht mit Kot und Harn verunreinigt. Der Liegeflächen-Trennbügel kann seine Funktion nur in Verbindung mit dem Trenn- und Nackenriegel erfüllen. Der Trennriegel verhindert das Durchkriechen und der Nackenriegel das Durchlaufen der den Liegeplatz benutzenden Kuh. Über den Nackenriegel wird gleichzeitig das Abliegen der Kuh mit dem Ziel einer minimalen Verschmutzung des Liegeplatzes durch darauf abgesetzten Kot und Harn gesteuert. Der Liegeflächen-Trennbügel dient zur Befestigung des Trenn- und Nackenriegels sowie des Selbsttränkebekens. Er ist in TGL 32302/05 standardisiert [1].

Die für die Gestaltung des Liegeplatzes verbindlichen Funktionsmaße sind für die Milchviehhaltung im Standard TGL 32303/02 festgelegt [2]. Bild 1 zeigt schematisch den Aufbau eines Liegeplatzes.

## 3. Untersuchungsmethode

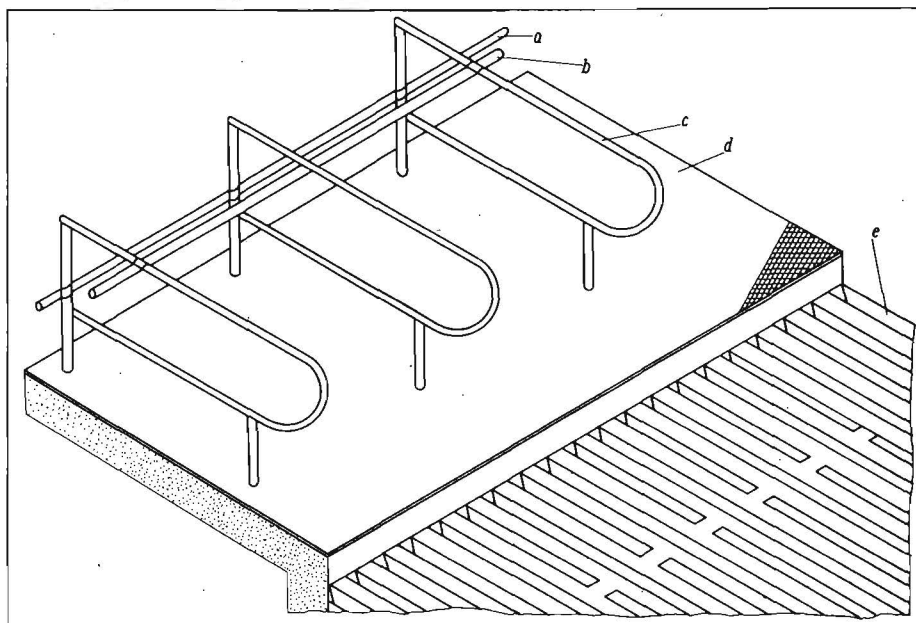
Die Messung der Betriebsbelastungen am Liegeflächen-Trennbügel erfolgte in einer industriemäßig produzierenden Milchviehanlage vom Typ AP 1930. Die Anlage nahm im September des Jahres 1977 ihren Betrieb auf und befand sich zur Zeit der Messungen noch in der Belegungsphase.

Der technologische Ablauf in der Anlage entsprach dem im technologischen Projekt vorgegebenen Produktionszyklogramm. Gemessen wurden die Belastungen in einer Gruppenbucht mit gleichbleibendem Kuh-

bestand. Die Kühe in dieser Gruppenbucht waren bereits mehrere Monate in der Anlage und befanden sich im ersten Laktationsdrittel.

Als Meßwertaufnehmer dienten Halbleiter-Dehnmeßstreifen, die in Halbbrückenschaltung an den Einspannstellen auf den Liegeflächen-Trennbügel aufgeklebt worden waren. Da der Angriffspunkt für die Tierkraft nicht eindeutig definiert ist und sich theoretisch auf der gesamten Länge des Liegeflächen-Trennbügels befinden kann, wurden die an den beiden Einspannstellen angebrachten Halbbrücken zu einer Vollbrücke zusammengeschaltet. Die angreifende Tierkraft konnte so unabhängig vom jeweiligen Kraftangriffspunkt registriert werden. Der Meßfehler der kalibrierten Meßkette betrug 5,2 %, bezogen auf den Vollausschlag. Die Meßkette wurde so kalibriert, daß als maximale Tier-

Bild 1. Schematische Liegeplatzdarstellung: a Trennriegel, b Nackenriegel, c Liegeflächen-Trennbügel, d Liegefläche, e Spaltenboden



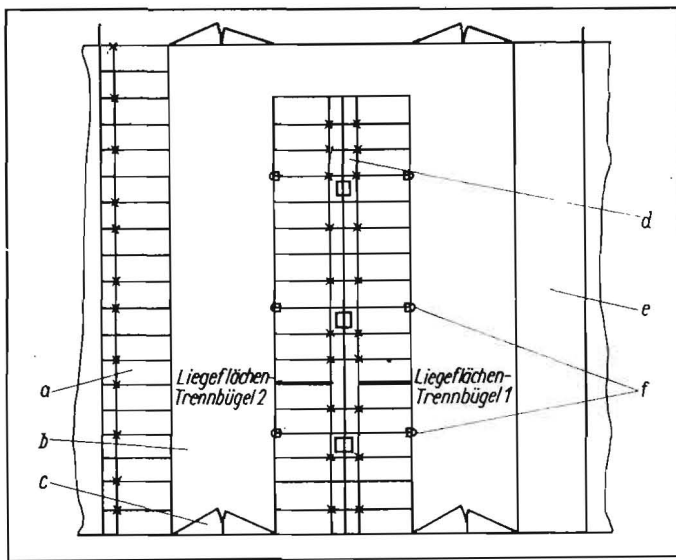


Bild 2  
Lageplan mit Meßstellen; a Liegeplatzreihe, b Freßgang, c Tore, d Liegeplatz, e Doppelkrippe, f Selbststränkebecken

kraft 1,5 kN registriert werden konnte. Der an den Meßstellen auftretende Belastungsverlauf wurde mit Lichtschreibern mit einem Vorschub von 0,3 mm/s auf Registrierpapier aufgezeichnet. Die Auswertung der Meßschriebe erfolgte mit dem Klassierverfahren „Zählung aller positiven und negativen Extremwerte“. Die Untersuchungsmethode entspricht völlig dem bei der Betriebsbelastungsanalyse an der Grabnerkette angewendeten Verfahren, über das bereits an gleicher Stelle berichtet wurde [3].

Die Messungen der Betriebsbelastungen wurden an zwei sich hinsichtlich der Lage zur Krippe unterscheidenden Liegeflächen-Trennbügeln vorgenommen. Bild 2 zeigt die Lage der Meßstellen. Da infolge des technologischen Ablaufs in der Milchproduktionsanlage in der für die Durchführung der Messungen ausgewählten Gruppenbucht die Kuhgruppe nach jedem Melken wechselt, konnten die Belastungen von zwei Kuhgruppen mit gleichem Laktationsstand je Meßperiode aufgezeichnet werden. Im gesamten Untersuchungszeitraum wurden die Belastungen bei 8 Kuhgruppen mit annähernd gleicher Tierzahl je Gruppe und gleichem Laktationsstand gemessen.

#### 4. Auswertung der aufgenommenen Belastungs-Zeit-Funktion

Der für den Konstrukteur und Projektanten der Standausrüstung wichtigste Wert ist der je Meßzeit registrierte Maximalwert. Tafel 1 enthält die Meßergebnisse. Mit Ausnahme der Gruppen 5 und 6 erreichen alle Kuhgruppen den Wert von 1000 N bzw. überschreiten diesen Wert beträchtlich. Meßbereichsüberschreitungen, also Tierkräfte größer 1,5 kN, traten nicht auf. Um zu prüfen, ob der an der Meßstelle I registrierte Maximalwert im Mittel größer ist als der an der Meßstelle II registrierte Maximalwert, wurden die aller 12 h festgestellten absoluten Maxima zum Vergleich herangezogen. Tafel 2 enthält die Ergebnisse des durchgeführten Vergleichs. Die Differenz zwischen den je Meßstelle berechneten Werten ist nicht signifikant.

Bei der Interpretation der in den Tafeln 1 und 2 dargestellten Ergebnisse ist zu beachten, daß bei zwei von insgesamt 8 Gruppen an der Meßstelle II ein größerer Maximalwert auftrat als an der Meßstelle I. Die Differenz beträgt in beiden Fällen rd. 100 N. Der über die gesamte Meßzeit aller 8 Gruppen aufgetretene Maximalwert von 1,4 kN wurde erwartungsgemäß an der Meßstelle I registriert.

Neben dem Maximalwert ist ebenfalls die Anzahl der Lastwechsel für die Dimensionierung der Bauteile eine wichtige Größe. Die innerhalb der Meßdauer von 12 h je Kuhgruppe mit mehrfacher Wiederholung registrierte Anzahl an Lastwechseln diente zur Berechnung der in Tafel 3 wiedergegebenen mittleren Lastwechselanzahl. Im Durchschnitt wirken an den Liegeflächen-Trennbügeln unabhängig von deren Lage zur Krippe innerhalb eines 24-Stunden-Tags rd. 1000 Lastwechsel. Die Größe der Variationskoeffizienten weist auf eine große Streubreite der Einzelwerte hin.

Tafel 1. Je Gruppe und Meßperiode ermittelter Maximalwert der Betriebsbelastungen

Gruppe	In der Meßzeit erm. Maximalwert N
1	1410
2	920
3	1310
4	1430
5	800
6	700
7	950
8	920

Tafel 2. Mittlerer Maximalwert der Betriebsbelastungen je Meßstelle

		Meßstelle I	II
Mittlerer Maximalwert	N	1017,5	938,8
Standardabweichung	N	319,4	256,3
Variationskoeffizient	%	31,9	27,3

Tafel 3. Je Kuhgruppe gemessene mittlere Anzahl an Lastwechseln je Meßperiode

Kennwert	Gruppe							
	1	2	3	4	5	6	7	8
mittlerer Kollektivumfang	671	1032	481	508	356	280	387	348
Standardabweichung	89,1	381,8	339,6	230,1	134,6	129,5	126,3	192,0
Variationskoeffizient	13,3	36,9	70,6	45,3	37,8	46,3	32,6	55,2
Mittelwert über alle Gruppen	507,9							

Wird geprüft, ob sich die Meßwerte der einzelnen Kuhgruppen voneinander unterscheiden, so ergibt sich das in Tafel 4 dargestellte Bild. Die Mehrzahl der zwischen den Meßwerten berechneten Differenzen ist nicht signifikant.

Wird die Belastungshäufigkeit an den Meßstellen I und II gegenübergestellt, so ergeben sich die in Tafel 5 enthaltenen Ergebnisse. Die Zahlenwerte beziehen sich wieder auf eine Meßdauer von 12 Stunden. Im Mittel ist die Anzahl der Lastwechsel an der Meßstelle I um das 1,7fache größer als die Anzahl der an der Meßstelle II registrierten Lastwechsel. Die Differenz ist statistisch signifikant.

Im Bild 3 ist die aufgenommene empirische Häufigkeitsverteilung der Maxima und Minima von der höher belasteten Meßstelle I dargestellt. Es liegt eine empirische Mischverteilung vor. Die Mittelwerte der Häufigkeitsverteilungen liegen in der Nähe von Null. Die Mischverteilungen sind annähernd symmetrisch aufgebaut. Abweichungen von der Symmetrie sind durch die nicht ständig völlig gleiche Belastung beider Seiten des Liegeflächen-Trennbügels während der Meßdauer zu erklären. Bei genügend langer Meßzeit wird sich eine symmetrische Verteilung ergeben. Eine so lange Meßzeit ist aber nicht erforderlich, da die Symmetrie der Häufigkeitsverteilung auch auf analytischem Weg herbeigeführt werden kann.

#### 5. Lastannahmen für die Dimensionierung

Die im Bild 3 dargestellten Häufigkeitsverteilungen der Maxima und Minima sind für die Ableitung des zu erwartenden Maximalwerts geeignet. Je Tag wurden rd. 1100 Lastwechsel am Liegeflächen-Trennbügel I registriert. Wird die normative Nutzungsdauer der Standausrüstung mit 10 Jahren angenommen, so sind in dieser Zeit im Mittel am höher belasteten Liegeflächen-Trennbügel rd.  $4,16 \cdot 10^6$  Lastwechsel zu erwarten. Für den niedriger belasteten Liegeflächen-Trennbügel liegt dieser Wert bei  $2,45 \cdot 10^6$ . Da die Standausrüstung sicherlich länger als nur 10 Jahre genutzt wird, ergibt sich, daß die Liegeflächen-Trennbügel auf Dauerfestigkeit zu dimensionieren sind, da das Überschreiten der Dauerfestigkeitsgrenze für Stahl von  $10^6$  Lastwechseln eintritt und von  $10^7$  Lastwechseln zu erwarten ist. Unter dieser Voraussetzung wird deshalb die empirische Häufigkeitsverteilung auf eine Wahrscheinlichkeit für den meßtechnisch erfaßten Bereich von 99,9999% erweitert. Die Erwartungswahrscheinlichkeit für den Maximalwert beträgt dann 0,000001, d.h. er ist in der Nutzungsdauer von 10 Jahren einmal zu erwarten. Während der Messungen wurde als Maximalwert an den Einspannstellen ein Biegemoment von 1,35 kNm registriert. Seine Erwartungswahrscheinlichkeit beträgt 0,0001, also innerhalb von 10000 Lastwechseln tritt er einmal auf. Der bei einer Erwartungswahrscheinlichkeit von  $10^{-6}$  auftretende Maximalwert beträgt 2,04 kN bzw. 1,94 kNm. Er kann

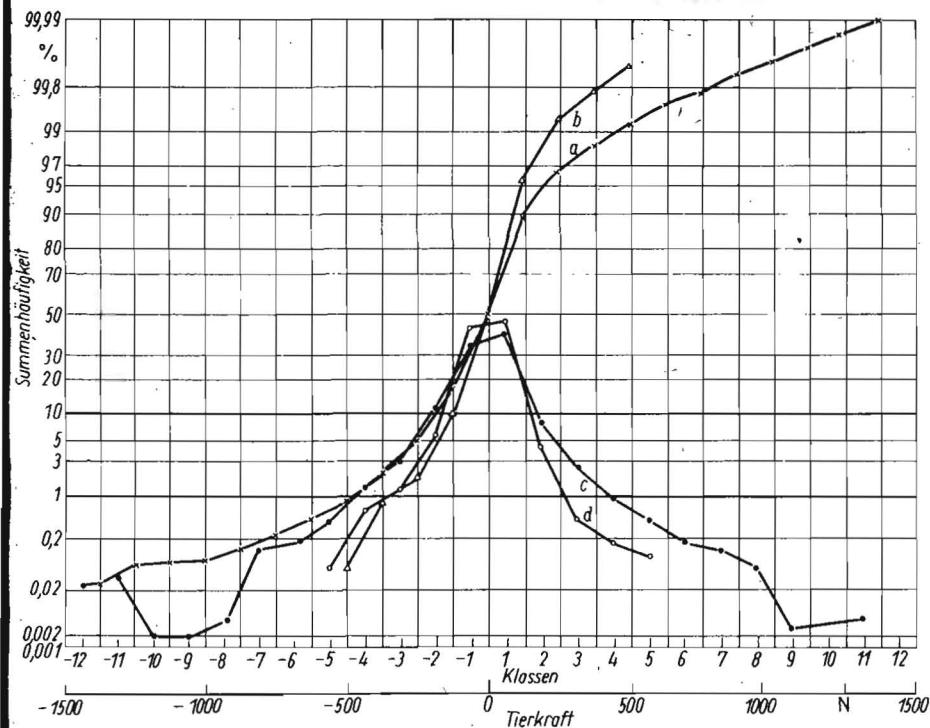


Bild 3  
Häufigkeitsverteilung  
der Maxima und Minima  
am Liegeflächen-Trennbügel 1 ohne Extrapolation;

- a relative Summenhäufigkeit der Maxima  $\Sigma h(x^+)$
- b relative Summenhäufigkeit der Minima  $\Sigma h(x^-)$
- c relative Häufigkeit der Maxima  $h(x^+)$
- d relative Häufigkeit der Minima  $h(x^-)$

absolute Summenhäufigkeit der Maxima  $\Sigma H(x^+)$   
absolute Summenhäufigkeit der Minima  $\Sigma H(x^-)$   
 $\Sigma H(x^+) = 11286$   
 $\Sigma H(x^-) = 11288$

auftreten, wenn Rankkämpfe um die Liegeplatzbenutzung zwischen den Kühen stattfinden.

Während der Messungen wurden keine Verdrängungen vom Liegeplatz beobachtet. Nach Angaben in der Literatur gehören Verdrängungen vom Liegeplatz zu den seltenen Ereignissen. Gabr, Andrae, Pfeleiderer und Smidt untersuchten in einem Boxenlaufstall u. a. auch die Häufigkeit des Verdrängens vom Liegeplatz [4]. Die Mittelwerte der von ihnen veröffentlichten Ergebnisse bezüglich der Häufigkeit des Verdrängens vom Liegeplatz innerhalb des 24-Stunden-Tageliegen zwischen 0,1 und 1,0 [4].

Die während der Messungen erfolgte Feststellung, daß die Reihe von Liegeflächen-Trennbügeln, die direkt an der Futterkrippe steht, höher belastet ist als die beiden anderen Reihen, führt zu der Frage, ob eventuell die Liegeflächen-Trennbügel unterschiedlich dimensioniert werden sollen. Für ihre Dimensionierung läßt sich aus den dargestellten Meßergebnissen die Schlußfolgerung ableiten, daß zwar die Anzahl der Lastwechsel stark vom Einbauort abhängig ist, aber nicht die Maximalbelastung.

Die Differenz der mittleren Maximalbelastung ist zwischen den beiden Meßstellen nicht signifikant. Um sie zu sichern, ist eine relativ große Stichprobe erforderlich. Die statistische Bearbeitung der Häufigkeitsverteilung am Liegeflächen-Trennbügel 2 ergab, daß die zu erwartende Maximalbelastung zwar niedriger als an dem Liegeflächen-Trennbügel 1, aber der Unterschied nicht so groß ist, daß sich damit andere Materialabmessungen bei der Dimensionierung ergeben würden. Der Liegeflächen-Trennbügel sollte einheitlich nach der größten zu erwartenden Tierkraft von 2,04 kN bzw. nach dem größten zu erwartenden Biegemoment von rd. 2,0 kNm dimensioniert werden. Die unter Verwendung der vorliegenden Meßergebnisse erarbeiteten Lastannahmen sind in Tafel 6 zusammengefaßt.

## 6. Zusammenfassung

Berichtet wurde über die Ergebnisse der Messungen von Betriebsbelastungen am Liegeflächen-Trennbügel in einer Milchproduktionsanlage AP 1930. Dargestellt wurden die gemessenen Maximalwerte der angreifenden Tierkräfte und das daraus resultierende maximale Biegemoment sowie die Anzahl der Lastwechsel. In Auswertung der Meßergebnisse werden Lastannahmen für die Dimensionierung des Liegeflächen-Trennbügels vorgeschlagen. Das maximale Biegemoment beträgt 2,0 kNm. Der Liegeflächen-Trennbügel ist auf Dauerfestigkeit zu dimensionieren.

## Literatur

- [1] TGL 32302/05 Standausrüstung für Rinder — Gitter, verbindl. ab 1. Juli 1977.
- [2] TGL 32303/02 Rinderproduktion — Milchproduktion — Funktionsmaße, verbindl. ab 1. Jan. 1977.
- [3] Krone, R.: Experimentelle Ermittlung der Belastungswerte für die Standausrüstung in Milchproduktionsanlagen. *agrar-technik* 27 (1977) H. 11, S. 488—490.
- [4] Gabr, H.; Andrae, U.; Pfeleiderer, U.; Smidt, D.: Untersuchungen über Rangrivalitäten von Milchkühen an der Futterachse und Liegebox. *Züchtungskunde* 47 (1975) H. 3, S. 198—206.

Tafel 4. Ergebnisse des Tests auf signifikante Unterschiede zwischen den Mittelwerten der Gruppen mit  $\alpha^1) = 0,05$

	8	7	6	5	4	3	2	1
1	nein	nein	ja	nein	nein	nein	nein	—
2	ja	ja	ja	ja	nein	nein	—	
3	nein	nein	nein	nein	nein	—		
4	nein	nein	nein	nein	—			
5	nein	nein	nein	—				
6	nein	nein	—					
7	nein	—						
8	—							

1)  $\alpha$  Fehler 1. Art

Tafel 5. Vergleich der an den Liegeflächen-Trennbügeln 1 und 2 registrierten Anzahl an Lastwechseln je Meßperiode

Liegeflächen-Trennbügel	1	2
Mittelwert innerh. von 12 h registr. Lastwechsel	569,5	336,2
Streuung	74 343,3	33 655,0
Standardabweichung	272,7	183,5
Variationskoeffizient	47,9	54,6
Signifikanz der Differenz:	Differenz ist mit $\alpha^1) = 0,05$ statistisch gesichert	

1)  $\alpha$  = Fehler 1. Art

Tafel 6. Lastannahmen für die Dimensionierung der Einspannstellen des Liegeflächen-Trennbügels im AP 1930

Kennwert	Größe des Kennwerts
Kollektivumfang bei 10jähriger Nutzungsdauer	$5,30 \cdot 10^6$
Belastungsart	Biegewechselbeanspruchung
Kollektivhöchstwert:	
experimentell gesichert	1350 Nm
extrapoliert	2000 Nm
Erwartungswahrscheinlichkeit des Kollektivhöchstwerts:	
experimentell gesichert	0,0001
extrapoliert	0,000001