

3. EIGENE UNTERSUCHUNGEN

Die bei dieser Arbeit durchgeführten Untersuchungen lassen sich in zwei Stufen unterteilen. Die erste Phase umfaßt experimentelle Untersuchungen an abgesetzten Pferdebeinen in einer Druckpresse. In der zweiten Phase werden die Messungen am stehenden Pferd mit Trachtenerhöhung durch Keilplatten durchgeführt.

3.1 Material und Methode

3.1.1 Allgemeiner Teil 1: Anwendung im statisch optimierten Versuch

3.1.1.1 *Material und Technik*

3.1.1.1.A *Druckmeßapparatur*

Bei der in dieser Arbeit genutzten Meßapparatur handelt es sich um eine Entwicklung der Firma DALLMER.

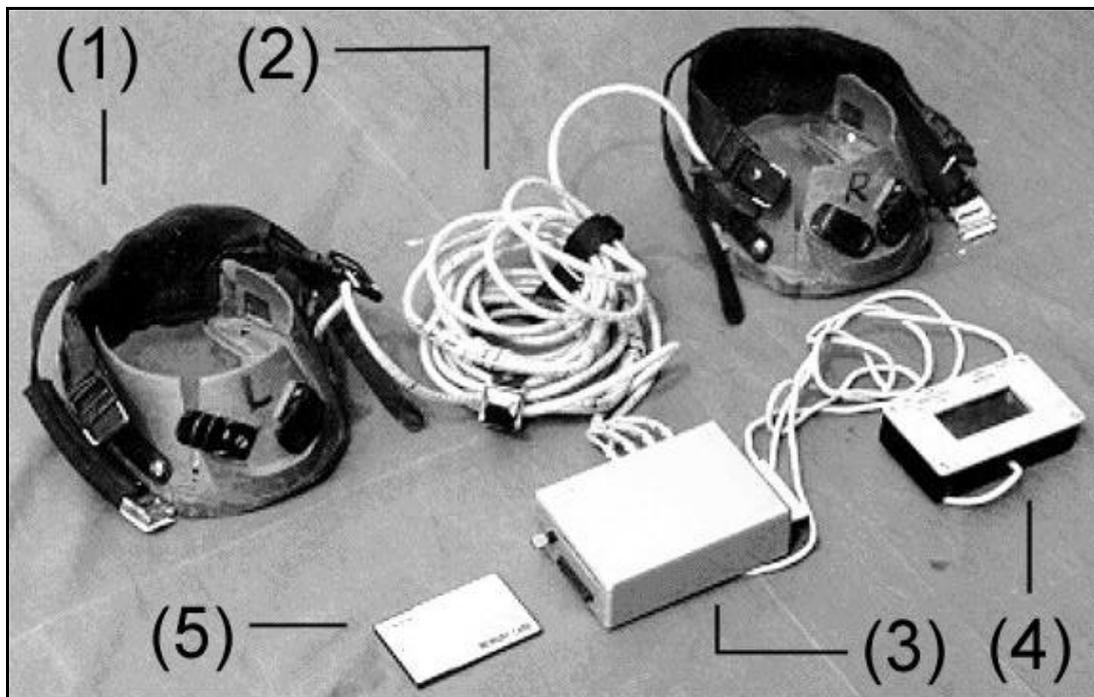


Abbildung 26: Meßapparatur (1= Hufschuhe, 2= optoelektrische Verbindungskabel, 3=Erfassungsbox + Analog-Digital-Wandler, 4= Auslöser, 5= Speichermedium (Chip-Karte))

Hierfür wurde ein anschnallbares Hufschuhpaar (Model CLOG), das sonst als Alternative zum Hufbeschlag vermarktet wird, genutzt (HERTSCH, 1982a) (Abb. 26). Jeder Schuh ist mit vier eingebauten Druckrezeptoren versehen. Eingebettet in dem aus Polyurethan bestehenden Hufschuh befinden sich vier Piezomeßelemente (Quarzkristallsensoren). Folgende technische Charakteristika kennzeichnen die Meßapparatur:

CLOG-Hufschuhe (Größe 2 und Größe 4), 4 Quarzkristall-Drucksensoren mit \varnothing 4mm jeweils im Bereich der lateralen¹ (Abb. 27, **1**) und medialen² Hufspitze (Abb. 27, **4**) sowie im Bereich der lateralen (Abb. 27, **2**) und medialen Trachten (Abb. 27, **3**). Die Quarzkristallsensoren ermitteln senkrecht aufkommende Drücke zwischen 0 und 2.000bar im Temperaturbereich von 0° bis 200°. Die Empfindlichkeit der Sensoren liegt bei $-4,5\text{pCbar}^{-1}$ und einer Frequenz von 85kHz. Die vier Drucksensoren sind unter der Huffläche des Hufschuhes angebracht.



Abbildung 27: Räumliche Verteilung der Druckmeßpunkte

-
- 1) lateral der Hufspitze
 - 2) medial der Hufspitze

Die Meßeinrichtung ist einem zufälligen Meßfehler im Bereich von 1,5 bis 7kN ausgesetzt, der bei -11% ($\pm 4\%$) liegt und bei den Auswertungen berücksichtigt werden muß. Diese Fehlerquelle wird durch die Belastung der Elemente in einer speziellen Vorrichtung und einer vordefinierten Kraft bestimmt. Um diese Fehlerquelle niedrig halten zu können, muß die Meßapparatur in regelmäßigen Abständen (ca. alle 150 Messungen) dieser Überprüfung unterzogen werden (PASCHEDAG und TILCH, 1989).

Abbildung 28 zeigt das gemessene Verhältnis zwischen eingesetzter Kraft (in kN) und relativem Fehler (in %). Die entstandene Kurve veranschaulicht die schwankenden Werte im Bereich von 0 bis 1kN (Fehler zwischen -14 und -11%) und eine gleichmäßigere Verteilung bei Werten ab 1,5kN (Fehler um -11%).

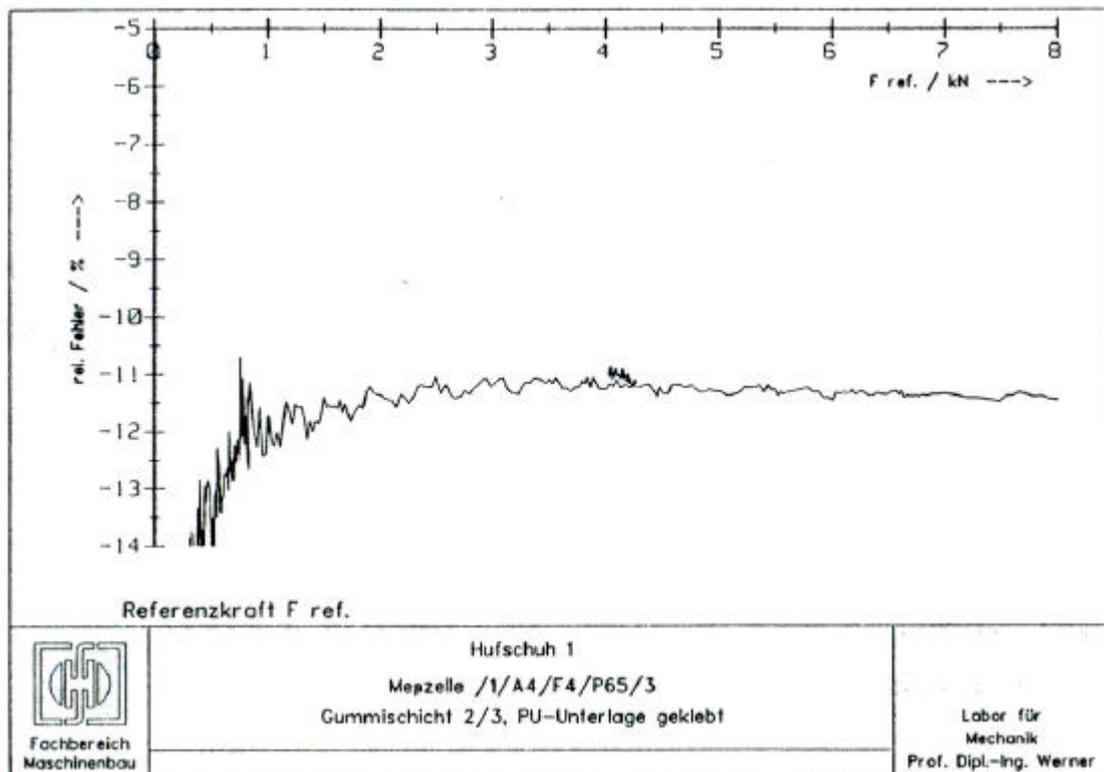


Abbildung 28: Graphische Darstellung der zufälligen Meßfehler (PASCHEDAG und TILCH, 1989)

3.1.1.1.B Korrektur der ermittelten Werte (unter dem Einfluß eines Keils)

Neben dem zufälligen Meßfehler ist ein weiterer Faktor bei diesen Druckmessungen zu berücksichtigen, denn die eingebauten Piezoelemente (Quarzkristallsensoren) sind für die Erfassung von senkrecht aufkommenden Kräften konzipiert worden. Bei den Messungen mit einem Keil von 3 cm (entspricht einer Winkelzunahme von +20°) ändern sich die aufkommenden Kräfteverhältnisse. Die einwirkende Kraft wirkt nicht mehr in einem Winkel von 90°, sondern nunmehr von 70°. Die veränderten Bedingungen führen zu fälschlichen Ergebnissen, die mit der Ermittlung der entstehenden Fliehkraft (bzw. Scherkraft) um den ermittelten Faktor korrigiert werden.

$$\text{Zentripetalkraft}[F_p] = \text{Masse}[m] \times \text{Zentripetalbeschleunigung}[a_p] = m \times \frac{v^2}{r}$$

$$\text{Hufkraft}[F] = \text{Hufkraft}[F] - \text{Zentripetalkraft}[F_p]$$

Diese ermittelte Konstante $[F_p]$ beträgt -15% der gemessenen Hufkraft. Demzufolge wurden alle Meßwerte bei erhöhten Trachten um diesen konstanten Faktor (-15% der Hufkraft in kN) umgerechnet. Diese Umrechnungen führen zu einer Anpassung aller Meßpunkte (äußere Hufspitze, äußere Trachte, innere Trachte, innere Hufspitze und Summe aller Punkte), die vorher festgestellten Druckänderungsverhältnisse bleiben bestehen.

3.1.1.1.C Halte- und Druckvorrichtung

Es handelt sich hierbei um eine Einrichtung aus drei waagrecht angelegten Stahlplatten, die mit vier senkrechten Stahlrohren verbunden sind. Diese Platten weisen eine Größe von 34 cm x 34 cm und eine Dicke von ca. 2,5 cm auf. Die oberste und unterste Platte bleiben unbeweglich, die mittlere Platte wird mittels eines Druckkolbens gegen die oberste gedrückt (Abb. 29).

Die oberste Platte enthält einen Ring aus Metall (\varnothing ca. 15 cm), der zur Fixierung des Präparates dient. Mit diesen Ausmaßen wird ein ungleichmäßiges Hochdrücken der Platten um die vier Führungsschienen verhindert. Die untersuchten Beine werden einem Druck von 400 bis 500 kg von distal nach proximal ausgesetzt. Die druckerzeugende Vorrichtung ist

ein speziell umgeänderter Wagenheber (Maximallast von 2000 kg), an dem eine Kraftanzeige in Bar angebracht wurde. Der Stempel des Druckkolbens wird an der Kreuzung der beiden Diagonalen der Platte angebracht. Dies entspricht genau dem mittleren Punkt der Platte. Die Beine werden in der Vorrichtung so eingespannt, daß die Mitte des Strahles sich auf Höhe des mittleren Plattenpunktes befindet. Die Hufspitze wird durch eine metallische Halterung fixiert und befindet sich ca. 5 cm von der Plattenkante entfernt.

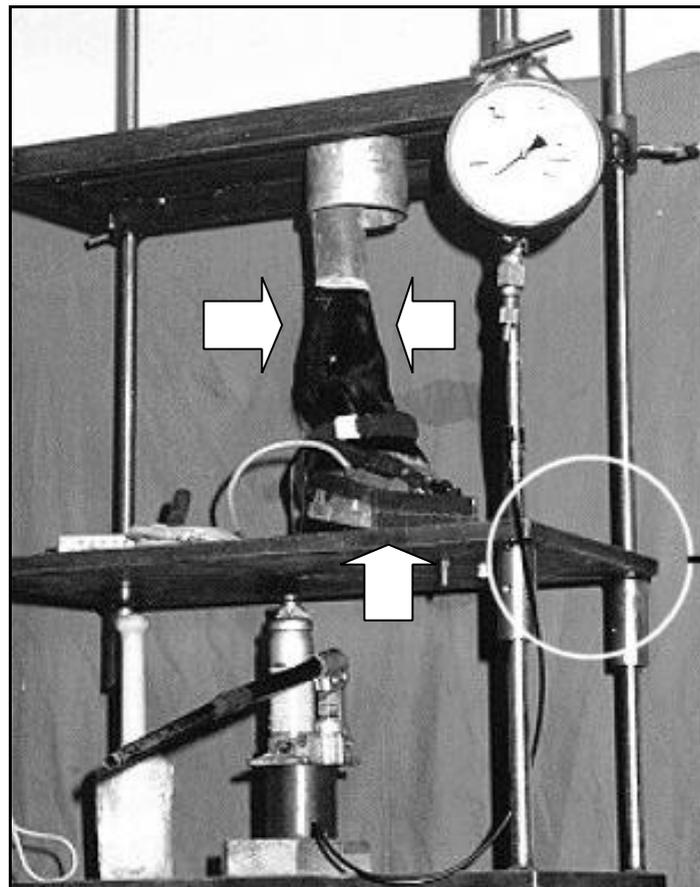


Abbildung 29: Die Druckpresse

3.1.1.1.D Erhöhung der Trachten

Sowohl im statischen als auch im dynamischen Versuch wird eine angeschraubte Keilplatte von 3cm unter dem Hufschuh angebracht (Abb. 30). Hiermit wird die erwünschte Trachtenhochstellung durchgeführt und mit den Auswertungen der planen Messungen verglichen.

Die verschraubbare Keilplatte hat den Vorteil - bei angehobenem Bein, ohne den Hufschuh entfernen zu müssen - den Wechsel schnell und komplikationslos durchführen zu können.

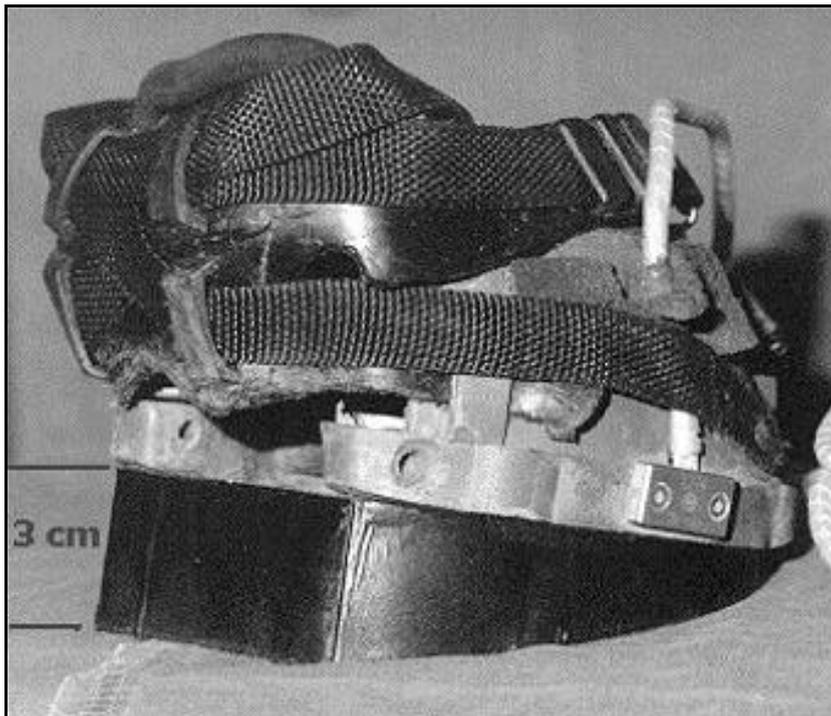


Abbildung 30: Keileinsatz unter dem Hufschuh

3.1.1.1.E Röntgenologische Kontrolle

Um die Winkel- und Achsenveränderungen unter dem Einfluß der Druckpresse veranschaulichen zu können, wird bei jedem Bein eine röntgenologische Aufnahme mit und ohne Keil angefertigt. Das Präparat wird in eine Vorrichtung eingespannt, die Bewegungen bzw.stellungsänderungen zwischen den Messungen ohne und mit Keil verhindert. Die Kassetten mit dem Film sind mit einem graduierten Raster auf der linken und unteren Seite versehen. Hiermit können genaue Meßpunkte von Aufnahme zu Aufnahme verglichen werden.

3.1.1.2 Patientengut

Die zur statischen Messung genutzten Beine sind Präparate aus verschiedenen Schlachthöfen. Es handelt sich hierbei ausschließlich um 30 Vordergliedmaßen, die auf der Höhe des Interkarpalgelenkes abgesetzt wurden.

Die Fixierung des proximalen Endes des Röhrlbeines in einer Ringvorrichtung und die dorsale Hufwand durch eine auf der mittleren Stahlplatte verschraubten Schiene verhindert das Weggleiten des Präparates. Die Kompression des Beines zieht die Wirkung der noch vorhandenen Weichteilgewebe distal des Karpalgelenkes nach sich (Haut, Sehnen, Bänder,

Gelenkkapseln), doch kann hier die Zugwirkung der TBS und OBS wie auch der Strecksehne nicht berücksichtigt werden.

3.1.2 Allgemeiner Teil 2: Anwendung beim stehenden Pferd

3.1.2.1 Die Meßapparatur

Es wird hier die selbe Meßapparatur genutzt wie beim statischen Versuch. Sowohl Hufschuhe als auch Auswertungseinheit bleiben die gleichen.

3.1.2.2 Patientengut

Für die dynamischen Versuche wurden 30 lahmfreie Pferde (Abb. 31) unterschiedlicher Gewichte ausgewählt (zwischen 426 und 600 kg, d.h. 513 kg im Mittel). Die Patientendaten wurden anschließend in einem Erfassungsformular aufgenommen und gespeichert.

Fünf rehekranke Pferde wurden ebenfalls als eigene Gruppe herangezogen.

3.1.2.3 Erhöhung der Trachten

Auch hier wird wie im dynamischen Versuch die gleiche angeschraubte Keilplatte von 3cm unter dem Hufschuh angebracht.

3.1.3 Spezieller Teil: Methode zur Ermittlung der Werte

Eine Messung erfolgt über eine festgelegte Zeit von 5sec. Während dieses zeitlichen Verlaufs erfaßt jeder Kraftaufnehmer kontinuierlich die Kraftänderung während der Fußung bzw. der Belastungsphase. Durch das Vorhandensein von vier verschiedenen Elementen kann die Druckbelastung unter dem Tragrand punktuell von der Hufspitze bis zur Trachte, von der lateralen bis zur medialen Seite erfaßt werden.

Diese Daten werden von einem Rechner ausgewertet und sowohl tabellarisch als auch graphisch dargestellt (siehe Abb. 9).

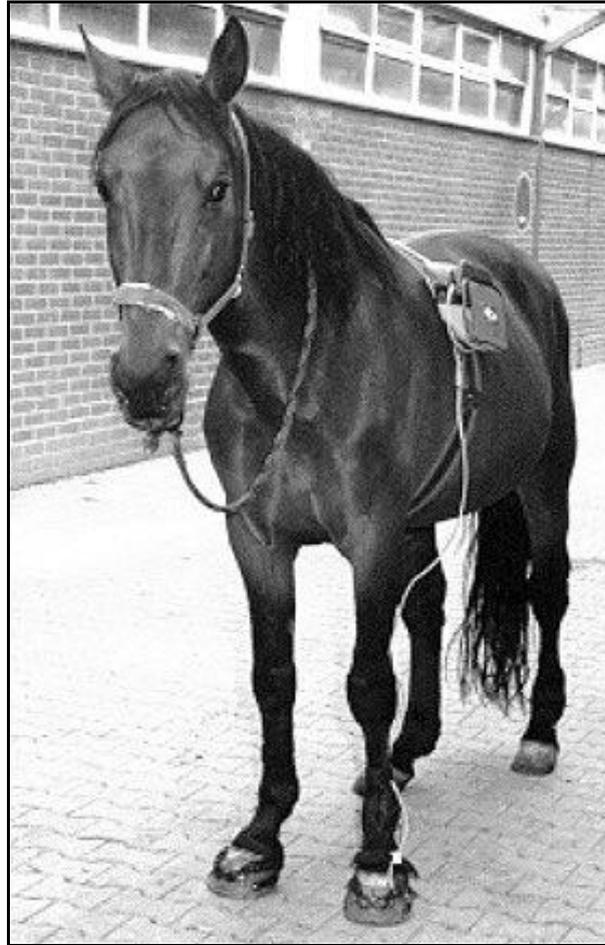


Abbildung 31: Pferd "Einhard" mit Meßvorrichtung

Die Unabhängigkeit jedes Rezeptors ist wichtig bei Bewegungsanalysen (Schritt, Trab oder Galopp), jedoch ermöglichen solche Schwankungen im Laufe einer planen Messung im Stand kaum sinnvolle Rückschlüsse über die Belastungsänderungen. Die in binärer Form erfaßten Rohdaten werden vom Computer in umgewandelter Form (im ASCII-Format: **American Standard Code for Information Interchange**) in Dateien exportiert, die von dem statistischen Programm SPSS V7.5 geladen und weiterverarbeitet werden. Bei den statischen Messungen an abgesetzten Beinen wurde nur jeweils ein Bein (linke oder rechte Seite) gemessen, bei den dynamischen Messungen am stehenden Pferd immer ein Beinpaar (d.h. jeweils beide Vordergliedmaßen). Sowohl in der Druckpresse als auch an den stehenden Pferden wurden immer drei aufeinanderfolgende Messungen durchgeführt und die registrierten Daten gemittelt. Es wurden zunächst drei Messungen mit planer Fußung durchgeführt und diese anschließend um drei weitere Messungen mit untergeschobener verschraubter Keilplatte vervollständigt.

3.1.4 Statistische Auswertungsmethode

Die Fragestellung, die hier mit einer statistischen Methode untersucht werden soll, ist, ob eine Trachtenhochstellung durch Unterlegen eines Keils die Druckverhältnisse verändert. Die Theorie lautet, daß die Trachtenhochstellung die Rotation bzw. Absenkung des erkrankten Hufbeins dadurch verhindert, daß der Tragranddruck im Bereich der Trachte steigt und im Bereich der Hufspitze sinkt. Die zu prüfende Nullhypothese des statistischen Tests postuliert daher gleiche Druckverhältnisse ohne und mit Keil. Neben graphischen Darstellungen in Form von Boxplots (Abb. 32) wird ein nicht-parametrisches Testverfahren, der sogenannte Paarvergleich bei abhängigen Stichproben nach Wilcoxon, angewandt.

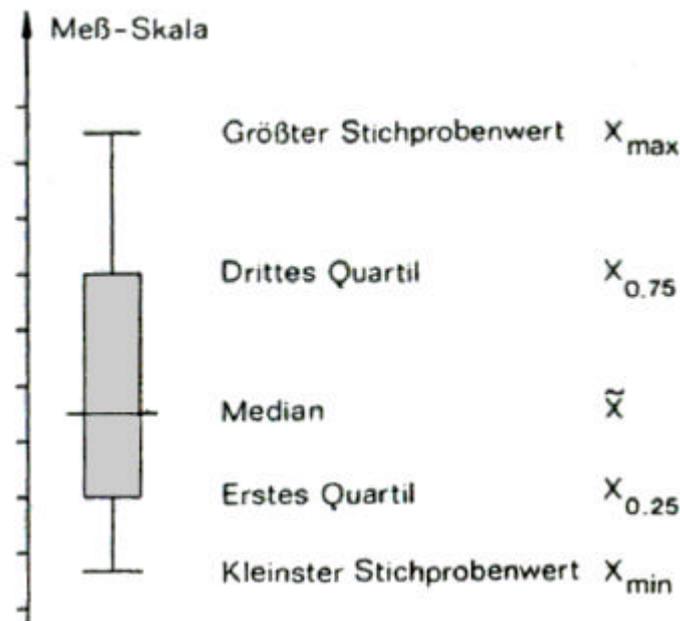


Abbildung 32: Aussagen eines Boxplots

Die Nullhypothese, daß sich die Kraft unter dem Huf ohne und mit Keil nicht ändert, wird abgelehnt, wenn die Überschreitungswahrscheinlichkeiten (p-Werte) das vorgegebene Signifikanzniveau von 5% unterschreiten. Dann kann von einem deutlichen Unterschied zwischen den beiden Vergleichsbedingungen gesprochen werden (SACHS, 1992).