

Untersuchung rutschfester Beläge für Rollstuhlhandschuhe

Georg Peiger, Arbeitskreis Ergotherapie - 18. Jahrestagung der DMGP 2005
Schlüsselwörter: Rollstuhlfahrer, Handschuhe, Haftung, Beläge, Testbericht



Notwendigkeit

Handschuhe haben für Rollstuhlfahrer mit beeinträchtigter Handfunktion große Bedeutung. Eine vegetativ bedingte Nebenerscheinung einer (Querschnitt-) Lähmung ist trockene Haut. Zusätzlich zum fehlenden Faustschluss kommt es bei den betroffenen Personen damit zu einer verminderten Kraftübertragung. Das Leder der Handschuhe wird üblicherweise mit Haftmaterial aus Gummi oder Silikon verstärkt, einerseits zum Schutz ständig belasteter Hautareale, andererseits um die Haftung am Greifreifen zu erhöhen.

Wenn nur kleine Kräfte eingesetzt werden können, z.B. am Anfang der Mobilisation, besteht das Problem eine möglichst hohe Haftung zu erreichen, weiche Materialien werden dann bevorzugt verwendet. In anderen Fällen, bei starker Beanspruchung, steht die Verschleißfestigkeit im Vordergrund. Im Außenbereich wiederum, bei Kälte oder Nässe, verringern sich die Hafteigenschaften einiger üblicherweise verwendeter Beläge oft leider dramatisch, andere Materialien müssen gefunden werden.

Um diesen unterschiedlichen Bedürfnissen zu begegnen suchten Nutzer und Ergotherapeuten/ -innen nach verwendbaren Belägen. Im Laufe von Jahren fand sich in den Reha-Zentren des deutschsprachigen Raums eine Auswahl verschiedenster Haftbeläge.

Eine Untersuchung soll Aufschluss ergeben,

- welche Materialien derzeit verwendet werden,
- welche Eigenschaften diese besitzen und
- welche Kräfte tatsächlich übertragen werden können.

Physik der Haftung

Kräfte in der Physik

Physikalisch werden Gewichte in kg, Kräfte in N (Newton) angegeben. Kraft ist als Beschleunigung einer Masse definiert:

$$N = m \cdot a$$

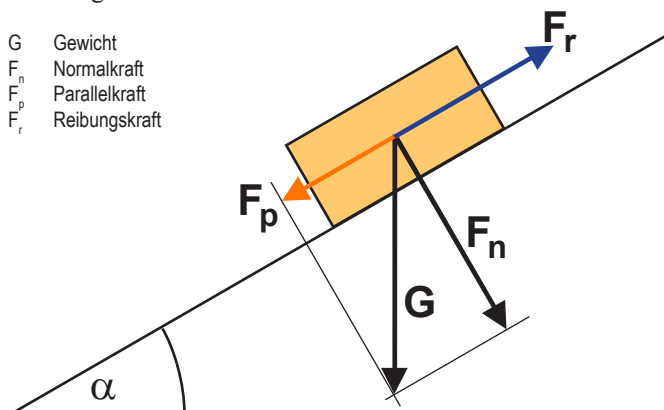
Die Gewichtskraft ergibt sich aus $N = kg \cdot g$
(Erdbeschleunigung $g = 9,81 \text{ m/sec}^2$).

Bestimmung der Haftkraft

Um den Begriff der Haftung zu verstehen, legt man einen Prüfkörper auf eine schiefe Ebene. Die Steigung der Ebene wird kontinuierlich erhöht, bis es zum Abrutschen des Prüflings kommt.

Die Gewichtskraft des Körpers zerlegt sich im Kräfteparallelogramm in eine Komponente F_n , die senkrecht auf die schräge Unterlage drückt und in F_p , eine zur Schräge parallelen, abwärts gerichteten Kraft.

Die Haftkraft F_h verhindert das Abgleiten des Körpers genau bis zu dem Winkel, ab dem die Parallelkraft die Haftkraft übersteigt.



Daraus ergibt sich die Haftreibungszahl $\mu = \tan \alpha$. Auf diese einfache Weise können Haftbeläge untereinander verglichen werden.

Pressdruck und Vorschub

Beim Analysieren des Kräfteparallelogramms ergeben sich darüber hinaus folgende Erkenntnisse:

- Ein und derselbe Belag hält einen Prüfling nur bis zu einem gewissen Winkel
- Dieser Winkel ist eine charakteristische Eigenschaft des geprüften Materials und unabhängig von Veränderung
 - am Gewicht des Prüfkörpers
 - dessen Auflagefläche

Die Haftkraft F_h ist aber, **absolut gesehen**, höher

- je größer die Normalkraft (der Anpressdruck) und
- je höher die Haftreibungszahl des Materials ist.

Denn ein größeres Gewicht wird auch eine höhere Normalkraft hervorrufen, eine höhere Parallelkraft und auch eine höhere Reibkraft (es wird aber immer ab dem charakteristischen Winkel abrutschen!).

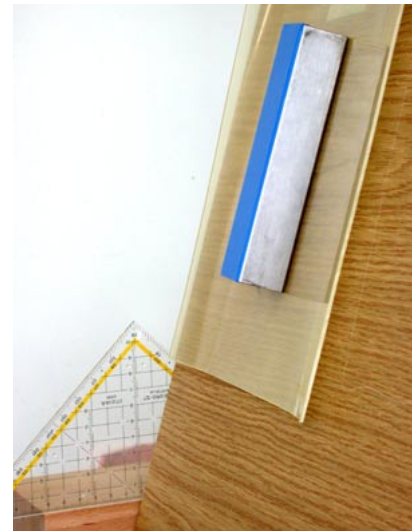
Anders ausgedrückt: je höher der Anpressdruck ist und je höher die Haftreibungszahl des Materials, desto größere Kräfte können am Greifreifen übertragen werden.

So wurde getestet

Haftreibungszahl

Ein Stehtisch mit verstellbarer Arbeitsfläche diente als Grundlage. Die Testmaterialien wurden auf die Unterlage geklebt, der Testkörper mit der Unterlage angehoben. Der Winkel des Abrutschmoments wurde gemessen, die Ergebnisse von drei Versuchen gemittelt und daraus die Haftreibungszahl errechnet.

Einige Materialien zeigten vor dem höchsten Abrutschwinkel eine Übergangsphase eines beginnenden langsamen Gleitens. Dieser geringe Schlupf wurde bei der Ermittlung der Haftreibungszahl nicht berücksichtigt. Er trat aber bei den anschließend beschriebenen Tests deutlicher hervor, und wurde deshalb aufgenommen.



Der Testrollstuhl

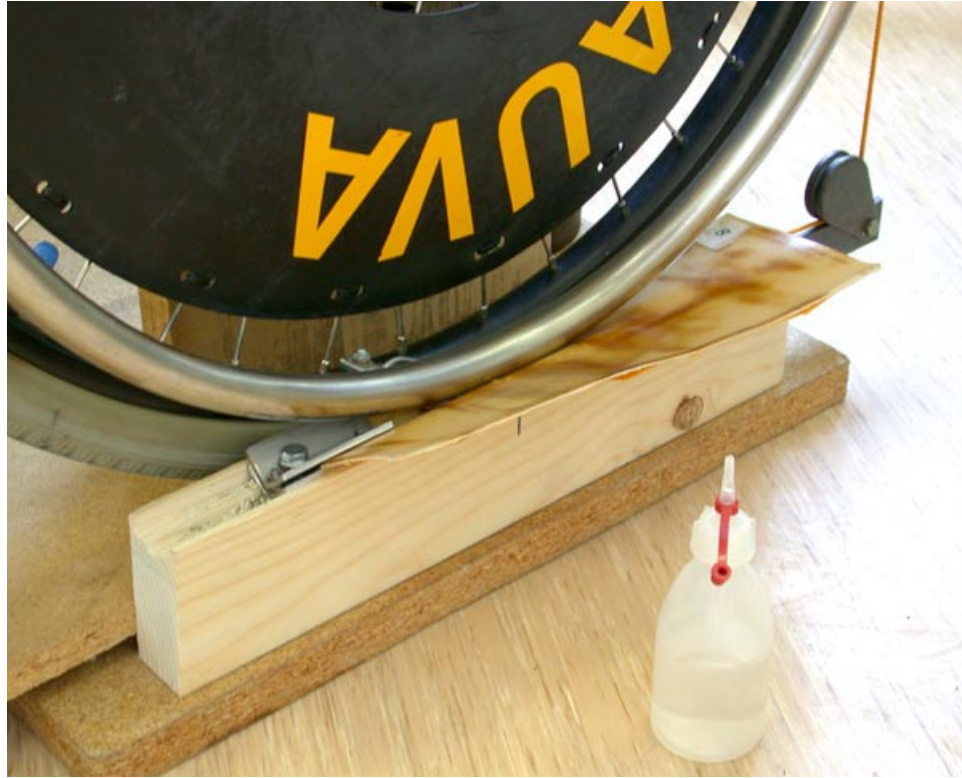
Im zweiten Durchgang sollte untersucht werden, welche Kräfte tatsächlich am Greifreifen zu übertragen sind.

Der Greifreifen des Rollstuhls ruhte dabei in der Kehle eines Winkeleisenstückes. Die Beläge wurden darin eingespannt. Unter vorgegebener Belastung wurde dann der Greifreifen darüber gedreht. Die maximale Kraft bis zum Durchrutschen wurde gemessen, sowie die verbleibende Zugkraft nach dem Gleiten des Rades (Schlupf). Damit ergab sich der maximale und bleibende Wert der Kraftübertragung des Belages.

In einer weiteren Testserie wurde Wasser in die Aufnahme gegeben, sodass die beiden Auflageflächen sicher benetzt waren. So konnte eine Verwendung im Regen simuliert werden. Der Versuchsaufbau erlaubte leider keine Testserie bei Minus-Temperaturen. Kälte vermindert die Haftung - meistens.

Die Anpresskraft im Test betrug 70N und 100N, was dem „Stützgewicht“ von etwa 7kg und 10kg vergleichbar ist. Diese Annahmen entsprechen der geringen Druckkraft von betroffenen Menschen - andere Personen erreichen wesentlich höhere Werte. Zum Beispiel erreichte eine Testperson mit 90kg Körpergewicht bei intakter Muskulatur im vollständigen Stütz (Beine angehoben) beiderseits ca. 450N.

Weiters wurde in den Tests jeweils ein blanker und ein gummierter Greifreifen verglichen.



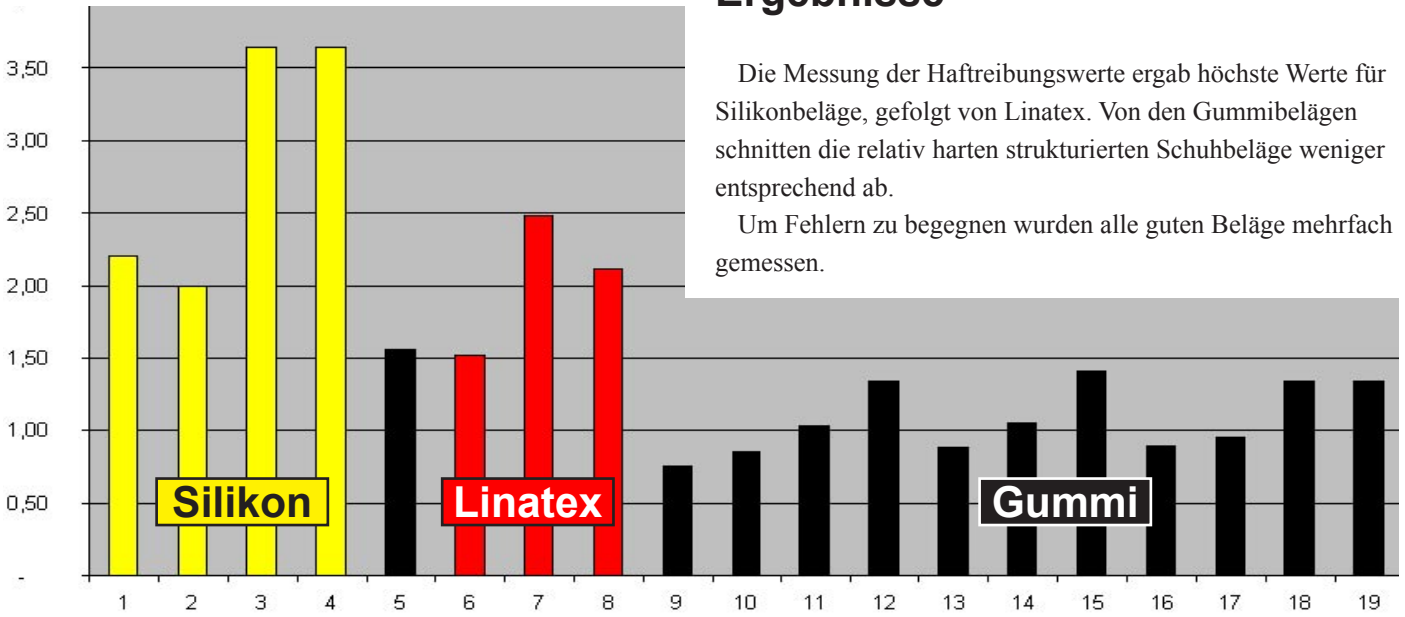
Eingesandte Materialien

Material	Institution	Hersteller				
1 Silikon klar	BG-UK Bergmannstrost /Halle	Sanitätshaus				
2 Gewebe-Silikon	UK-Murnau					
3 Rotodur DKS-natur	Rehabilitationskrankenhaus Ulm	Wilhelm Stahlberg	Postfach 1220	85619	Feldkirch	
4 Rotodur DKS-natur	Karlsbad-Langensteinbach	Gummi-Reif GMBH	Tübingerstr. 4	72762	Reutlingen	
5 Gummituch braun	RZ AUVA Weißer Hof					
6 Linatex 3mm	Stiftung Orth. Univ. Klinik Heidelberg	Tetra equipment GMBH	Wielandstr. 30	89073	Ulm	
7 Linatex 2mm	RZ AUVA Weißer Hof	www.linatex.at				
8 Linatex 3mm	RZ AUVA Weißer Hof	Emogummi GmbH	Rheinhessenstr. 7	55129	Mainz	
9 Gummi rauh 2mm	RZ AUVA Weißer Hof					
10 Gummi Noppen	SPZ Nottwil					
11 Schuhbelag Gummi A	Stiftungsklinikum / Koblenz	Sanitätshaus				
12 Schuhbelag Gummi B	SPZ Nottwil	Sanitätshaus				
13 Schuhbelag Gummi C	BG-UK Bergmannstrost / Halle	Sanitätshaus				
14 Gummi glatt	SPZ Nottwil					
15 Moosgummi rot	Stiftungsklinikum / Koblenz					
16 Gummi grau rillen	RZ AUVA Weißer Hof					
17 LKW Schlauch	RZ AUVA Häring	Autofachhandel				
18 Handschuhgummi	BG Unfallklinik Duisburg	Fa. Röser	Alexanderstr. 69	45472	Mühlheim	
19 Max Grep-Gummi	Stiftung Orth. Univ. Klinik Heidelberg	Rometsch GmbH	Szillaweg 12	74081	Heilbronn	
20 Handschuhgummi	Orth. Klinik Hessisch Lichtenau	Rometsch GmbH	Szillaweg 12	74081	Heilbronn	
21 Handschuhgummi	BG-UKH Hamburg	Rometsch GmbH	Szillaweg 12	74081	Heilbronn	
22 Handschuhgummi	UK Balgrist / Zürich	Rometsch GmbH	Szillaweg 12	74081	Heilbronn	
23 Handschuhgummi	BG-UK Tübingen	Rometsch GmbH	Szillaweg 12	74081	Heilbronn	
24 Gummiplatte	Rehabilitationskrankenhaus Ulm	Rometsch GmbH	Szillaweg 12	74081	Heilbronn	

Ergebnisse

Die Messung der Haftreibungswerte ergab höchste Werte für Silikonbeläge, gefolgt von Linatex. Von den Gummibelägen schnitten die relativ harten strukturierten Schuhbeläge weniger entsprechend ab.

Um Fehlern zu begegnen wurden alle guten Beläge mehrfach gemessen.

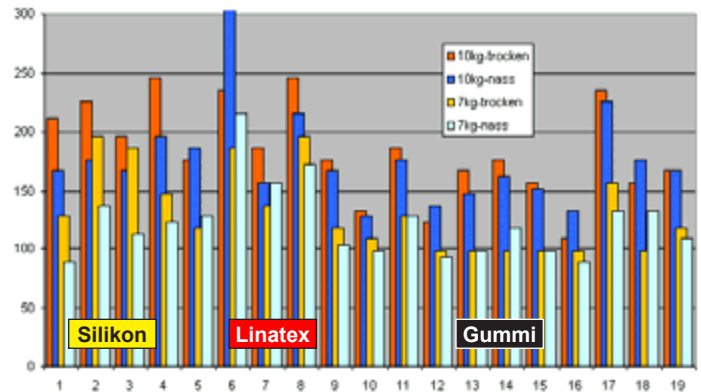
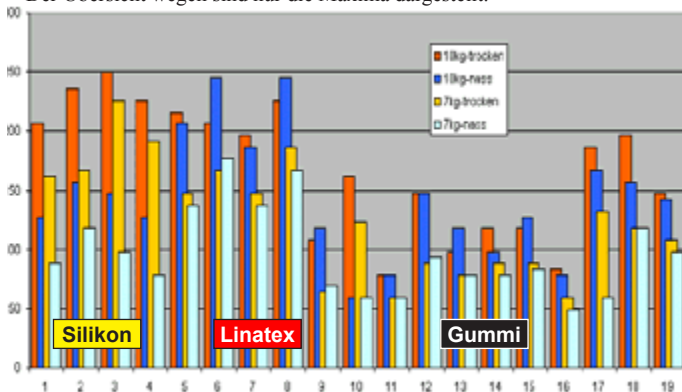


Greifreifen Stahl blank	trocken				nass			
	7kg		10kg		7kg		10kg	
	max	gleit	max	gleit	max	gleit	max	gleit
1 Silikon	162	108	206	108	88	49	128	59
2 Gewebe-Silikon	167	98	235	147	118	59	157	69
3 Rotodur DKS-natur	226	118	250	147	98	54	147	59
4 Rotodur DKS-natur	191	103	226	118	78	39	128	59
5 Gummi braun 1mm	147	98	216	128	137	88	206	137
6 Linatex 3mm	167	108	206	167	177	108	245	128
7 Linatex 2mm	147	108	196	147	137	98	186	128
8 Linatex 3mm	186	128	226	167	167	110	245	127
9 Gummi rau 2mm	64	39	108	64	69	39	118	69
10 Gummi Noppen	123	59	162	98	59	0*	59	0*
11 Schuhbelag Gummi A	59	29	78	49	59	25	78	49
12 Schuhbelag Gummi B	88	54	147	88	93	59	147	78
13 Schuhbelag Gummi C	78	49	98	49	78	59	118	78
14 Gummi glatt	88	49	118	69	78	44	98	59
15 Moosgummi	88	49	118	78	83	49	128	78
16 Gummi grau rillen	59	29	83	49	49	29	78	44
17 LKW Schlauch	132	88	186	128	59	39	167	128
18 Handschuhgummi	118	59	196	108	118	69	157	98
19 Max Grep-Gummi	108	69	147	78	98	88	142	123

Greifreifen gummiert	trocken				nass			
	7kg		10kg		7kg		10kg	
	max	gleit	max	gleit	max	gleit	max	gleit
1 Silikon	128	108	211	167	88	20	167	118
2 Gewebe-Silikon	196	147	226	177	137	108	177	147
3 Rotodur DKS-natur	186	152	196	167	113	88	167	137
4 Rotodur DKS-natur	147	113	245	216	123	93	196	147
5 Gummi braun 1mm	118	83	177	128	128	93	186	137
6 Linatex 3mm	186	147	235	186	216	195	304	265
7 Linatex 2mm	137	118	186	147	157	128	157	128
8 Linatex 3mm	196	177	245	206	172	128	216	177
9 Gummi rau 2mm	118	93	177	132	103	83	167	128
10 Gummi Noppen	108	78	132	98	98	78	128	98
11 Schuhbelag Gummi A	128	88	186	137	128	108	177	142
12 Schuhbelag Gummi B	98	78	123	98	93	78	137	108
13 Schuhbelag Gummi C	98	69	167	118	98	78	147	98
14 Gummi glatt	98	83	177	118	118	88	162	108
15 Moosgummi	98	78	157	118	98	78	152	118
16 Gummi grau rillen	98	59	108	69	88	59	132	98
17 LKW Schlauch	157	128	235	196	132	108	226	177
18 Handschuhgummi	98	78	157	108	132	88	177	128
19 Max Grep-Gummi	118	83	167	123	108	74	167	128

*durchgerutscht

Der Übersicht wegen sind nur die Maxima dargestellt.



Zu den Werten

Tabellen

Die Spalten geben sowohl den Maximalwert an, als auch den durch den Schlupf reduzierten Wert („gleit“), der sich nach etwa einer Minute eingestellt hat.

Diagramme

Hier lässt sich erkennen, dass gummierte Greifreifen größtenteils besseren Grip ergeben, und Nässe reduziert die Haftung oft weniger drastisch (blauen Balken), als bei blanken Metallreifen.



Bei einigen Belägen führte Nässe paradoxerweise sogar zu höheren Haftwerten. Tatsächlich wurde die Erhöhung der Haftkraft bei Linatex durch Nässe von einem Patienten (C5/6) bestätigt.

Linatex und die Silikonmaterialien boten bei mehrfachen Messungen auch Ausreißer (derselbe Belag ergab differierende Werte).

Resümee

Im Innenbereich und für optimale Übertragung kleiner Kräfte empfehlen sich weiche Silikon- und Kautschukbeläge (Linatex).

Schmutz, Staub und Hautfett vermindern die Haftung stark, hier sind strukturierte Gummimaterialien weniger empfindlich.

Im Außenbereich haben Kautschukbeläge mehr Vorteile vor allem bei Nässe.

Offene Fragen:

Abrieb

Es fehlt eine fundierte Aussage über den Verschleiß unter definierten Bedingungen, messtechnisch und Anwender bezogen. Erfahrungsgemäß neigen vor allem weiche Silikone zum Einreißen. Kautschuke sind empfindlich gegen Sonnenlicht.

Kräfte dynamisch

Diese Werte wurden bei stillstehenden Rollstuhl statisch gemessen. Dynamische Messwerte fehlen derzeit.

... und darüber hinaus:

Presskraft

Aus der Stützkraft, mit der der Belag auf den Greifreifen gepresst wird und dem ermittelten Haftungswert kann das maximal mögliche Drehmoment errechnet werden. Inwiefern sich die Presskraft als aussagekräftiges Kriterium für die Leistung eines Rollstuhlfahrers bewährt, sollen künftige Untersuchungen in der Praxis ergeben:

- beim Beschleunigen,
- beim Abbremsen,
- bei maximaler Geschwindigkeit,
- im Tagesdurchschnitt.

Kraftmessung - als neuer Standard?

Die Messung der Vorschubkraft liefert eine konkrete Aussage über die körperliche Leistung eines Rollstuhlfahrers.

Welche Größen können erreicht werden?

C5	100N normal, 200N maximal
C5/6	400N maximal
Sportlehrer	900N

Unter Berücksichtigung des Gewichtes sind daraus ableitbar:

- die Beschleunigungskraft,
- die höchste theoretische Geschwindigkeit
- die maximale Steigleistung (an Rampen, Straßen ...).

Die Messung der Vorschubkraft wurde bislang vergessen. Warum eigentlich? Der Wert kann doch leicht und direkt ermittelt werden und liefert die Basis für weitere Vergleiche.

