

Tribologie von strukturierten Kunststoffen

Die Rolle von Adhäsion und Deformation

Einleitung

Die Reibung ist in unserem Alltag omnipräsent und wird im Allgemeinen oftmals als negativer Effekt betrachtet. In manchen Fällen wird Reibung jedoch sogar gewünscht und angestrebt, wie beispielsweise für Schuhsohlen oder Bremsbeläge. Somit ist das Verständnis der Reibungs-vorgänge und deren Einflussfaktoren für die Industrie von grosser Interesse.

Ziel

Ziel ist es, die Zusammenhänge zwischen den Materialeigenschaften, der entstehenden Adhäsion und Deformation und der Oberflächenbeschaffenheit zu verstehen. So soll für verschiedene Kunststoffe das Potenzial einer Oberflächenstrukturierung zur Reduktion der Reibungskräfte bestimmt werden.

Materialwahl

Gesucht wurden je drei amorphe Thermoplaste (ATP) und drei thermoplastische Elastomere (TPE) mit einem möglichst grossem Spektrum an Polarität und Härte. Bei der Kontakt-winkelmessung in Bild 1 wurden Wasser- und Diiodmethan-Tropfen (2) mit einer Dosierspritze (1) auf ein entsprechendes Material positioniert. Anschliessend wurden die Kontaktwinkel (3) gemessen und die Oberflächenenergie und Polarität berechnet.

Zur quantitativen Beurteilung des Verschleissfestigkeit eines Materials wurden die Spannungs-Dehnungs-Diagramme betrachtet. Dabei entspricht die Fläche unterhalb einer Kurve in Bild 2 die Brucharbeit. Dies stellt die benötigten Arbeit bis zum Bruch dar, was der Rissbildung während des Verschleissprozesses nahe kommt.

	Material	Härte [Shore-D]	Polarität [J/m ²]	Brucharbeit [J/mm ³]
ATP	COC	89	0.04	0.10
	PMMA	87	4.91	0.19
	PS	80	0.02	0.05
TPE	TM6ADT	16	1.00	2.19
	TM6MED	14	0.16	4.03
	TM9MED	39	0.24	6.20

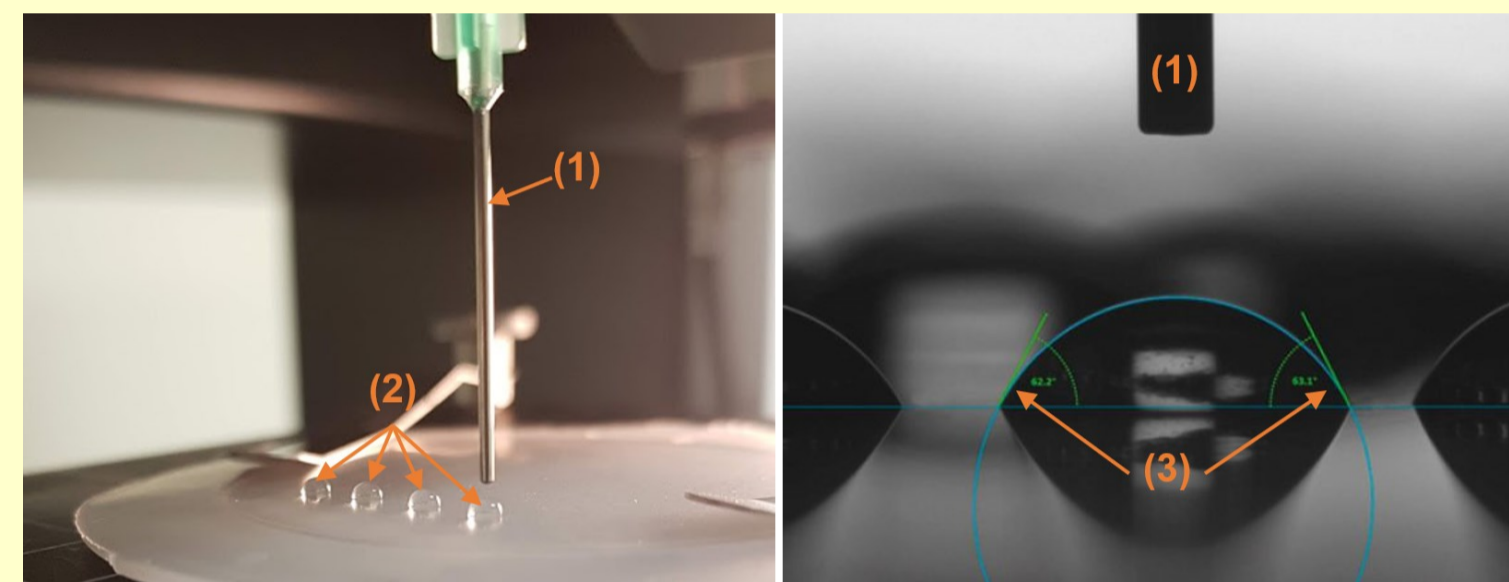


Bild 1: Kontaktwinkelmessung zur Bestimmung der Oberflächenenergie

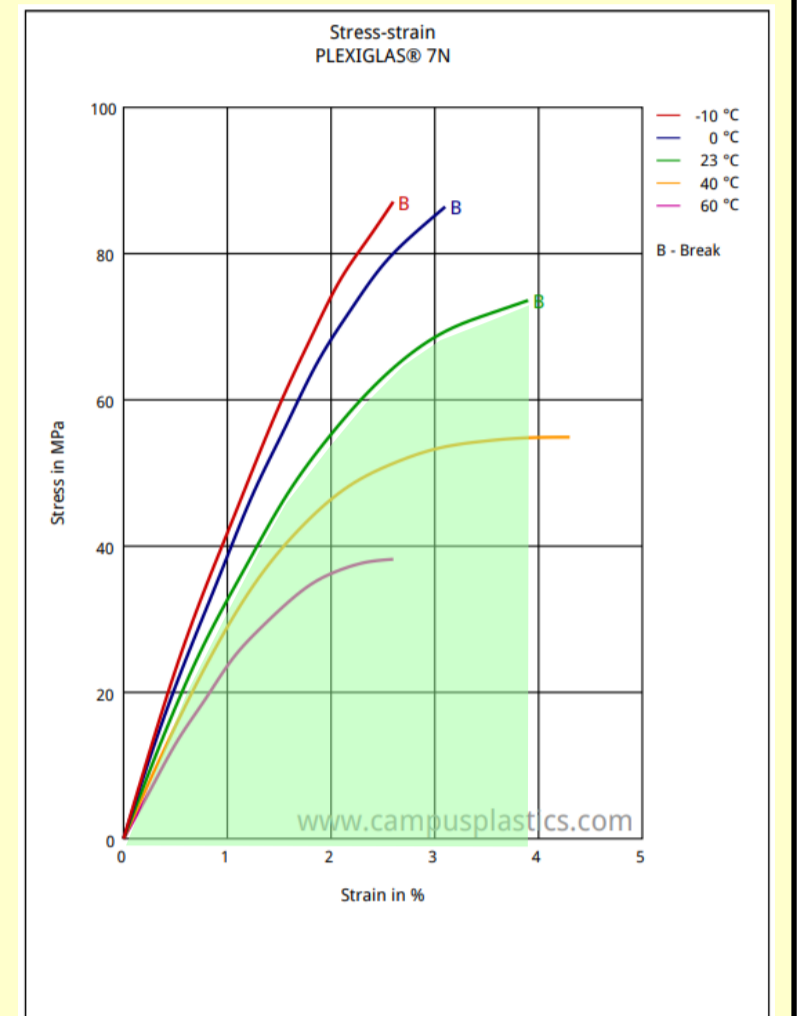


Bild 2: Spannungs-Dehnungs-Diagramm zur Berechnung der Brucharbeit

Versuche

Mithilfe des Pressversuches in Bild 3 lassen sich elastische Deformationen von weicheren Materialien unter dem Digitalmikroskop (5) betrachten. Dabei drückt ein Gewicht (1) auf die Probe (2), wessen strukturierte Oberfläche auf eine Glasplatte (3) drückt und so von unten betrachtet werden kann.

Bei härteren Materialien, werden die Verschleissbilder nach dem Reibversuch unter dem Laserrastermikroskop (CLSM) in Bild 4 betrachtet. Mithilfe dieser beiden Methoden kann die reale Kontaktfläche während eines tribologischen Vorganges bei den verwendeten Pyramidenstruktur (PY) in Bild 6 und Kraterstruktur (KR) in Bild 7 bestimmt werden.

Im Reibversuch in Bild 5 drückt ein Prüfkörper (2) mit einer Normalkraft auf die rotierende Probe (3), welche auf einer Drehscheibe (5) fixiert ist. Durch die entstehenden Reibkräfte lassen sich schliesslich die Reibungskoeffizienten berechnen.

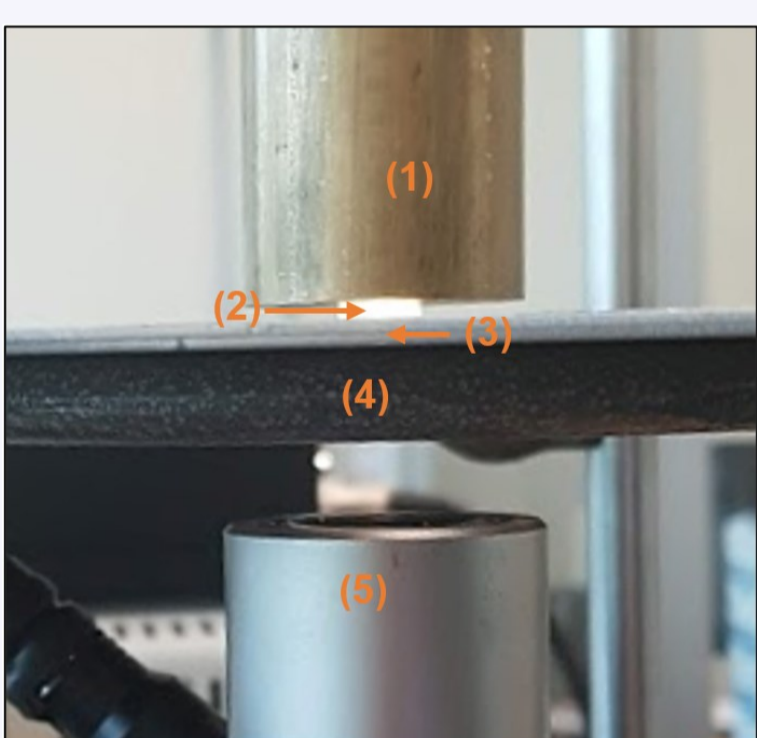


Bild 3: Pressversuch zur Bestimmung der realen Kontaktfläche

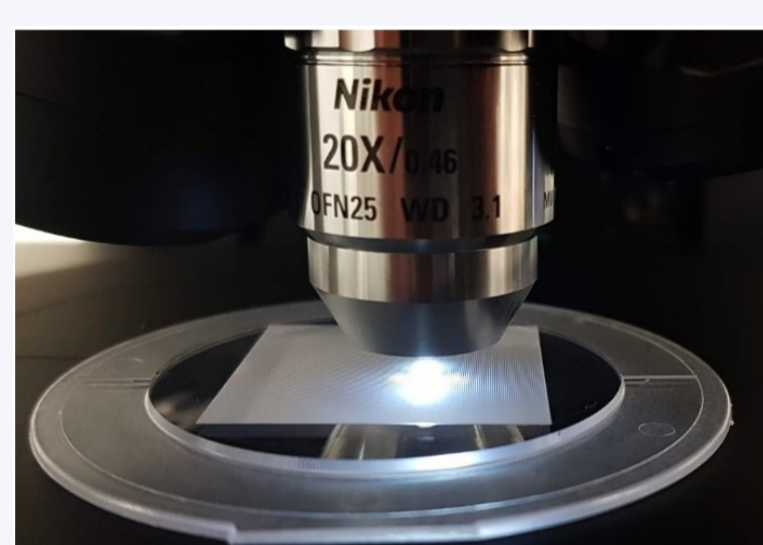


Bild 4: Strukturbetrachtung unter dem CLSM

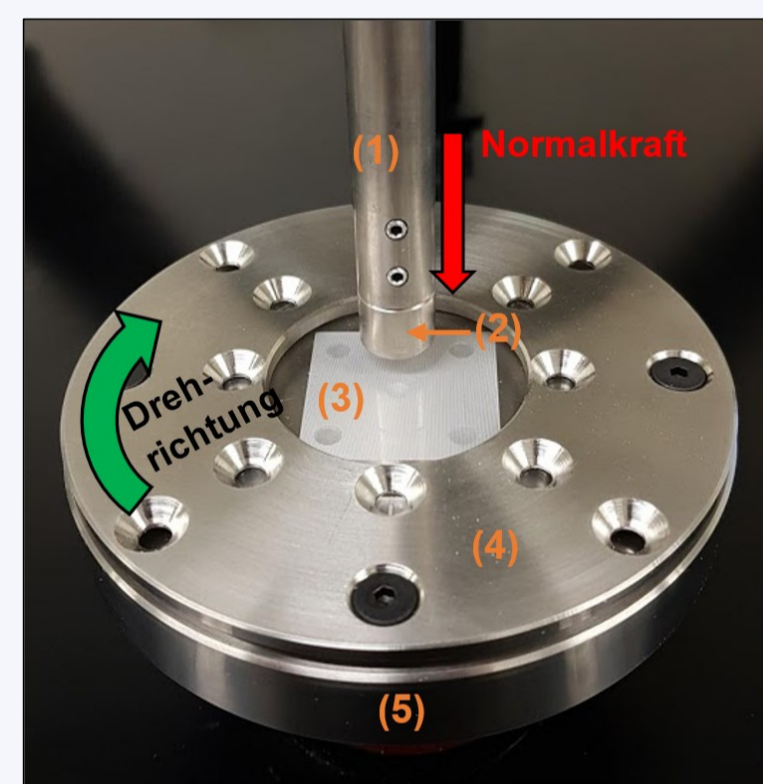


Bild 5: Reibversuch zur Bestimmung des Reibungskoeffizienten

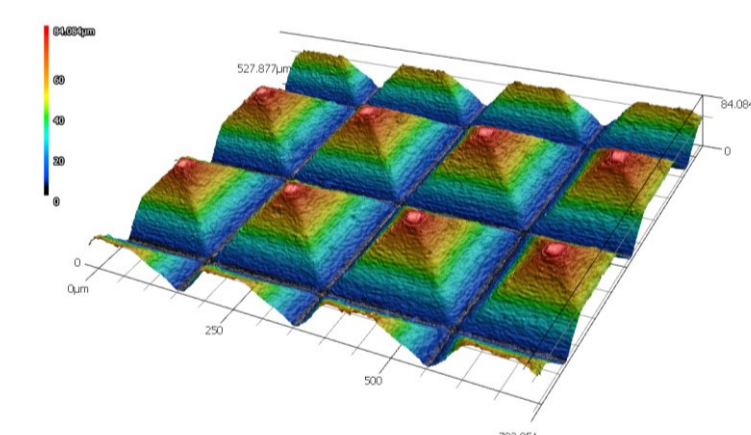


Bild 6: Pyramidenstruktur (PY)
Grundseite 100 µm
Höhe 80 µm

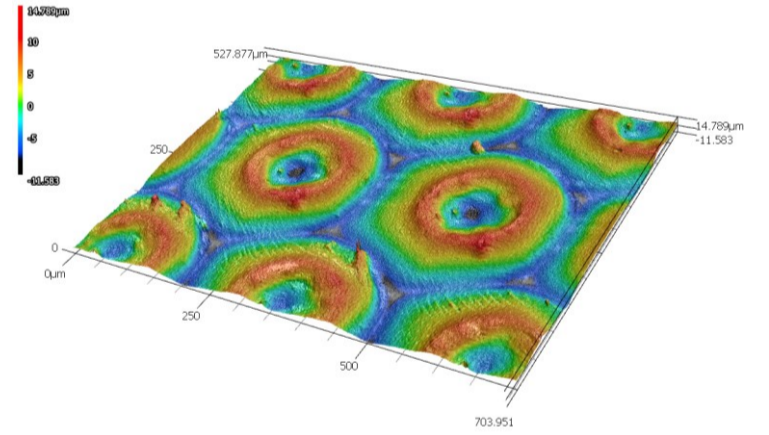


Bild 7: Kraterstruktur (KR)
Aussen-Ø 300 µm
Innen-Ø 150 µm
Höhe 20 µm

Ergebnisse

Die Grösse der realen Kontaktfläche in Bild 8 ist stark von der Materialhärte abhängig und besitzt im Bereich von 40 Shore-D den geringsten Wert. Dennoch sind kleine Gleitreibungskoeffizienten mehrheitlich zwischen zwei harten Reibpartner anzutreffen. Eine grosse Brucharbeit korreliert mit geringer Deformation innerhalb eines Materialtyps (ATP/TPE).

Ein hartes Prüfkörpermaterial greift im Vergleich zu einem weicherem Material nicht so stark in die Oberflächenstruktur der Probe und erzeugt daher eine geringere reale Kontaktfläche. Eine geringe Brucharbeit des Probenmaterials führt zudem dazu, dass weniger Energie für die Deformation aufgewendet werden muss und erzeugt daher einen grösseren Verschleiss bei jedoch kleineren Reibungskoeffizienten im oberen rechtem Rechteck im Bild 9.

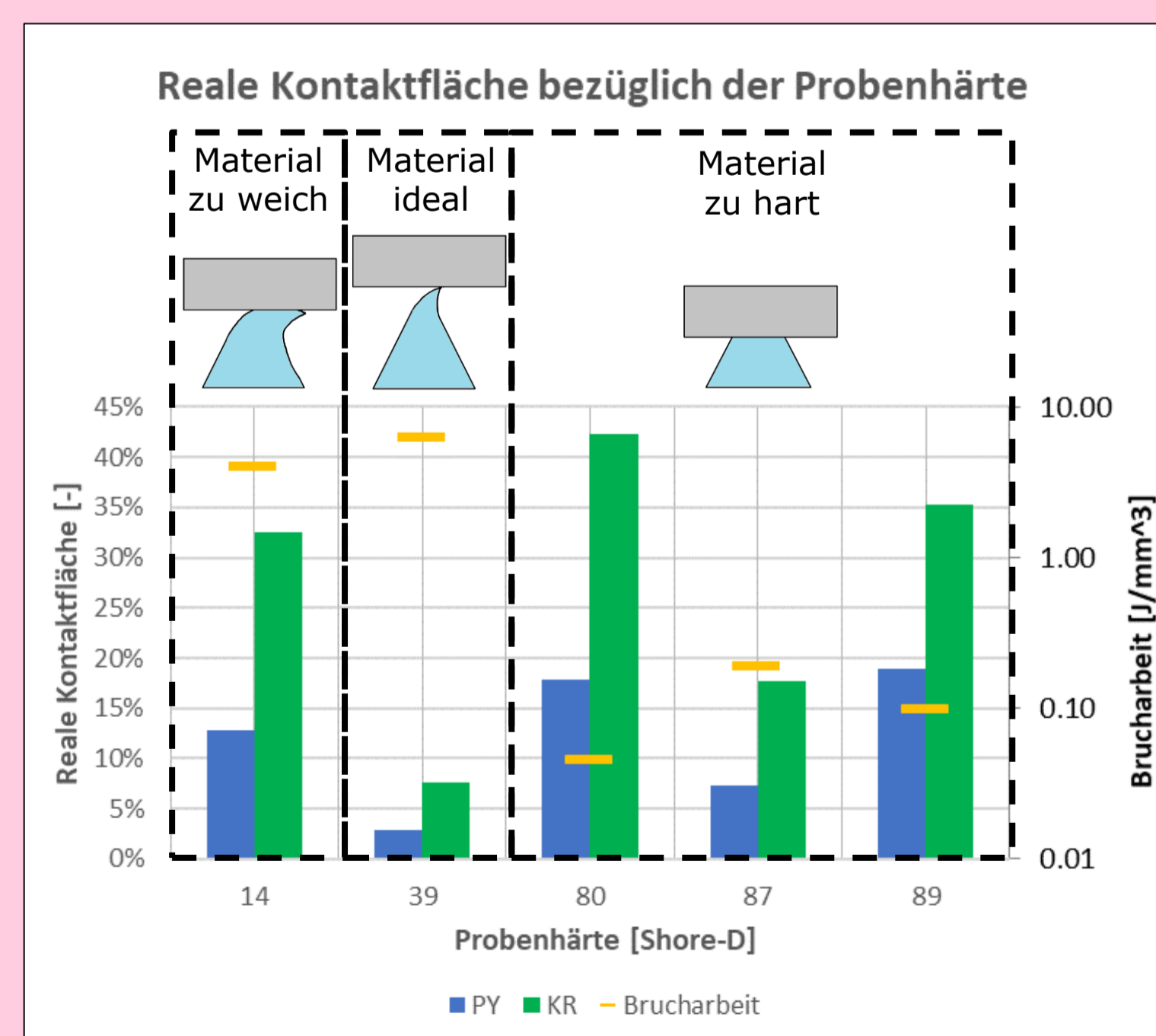


Bild 8: Reale Kontaktfläche bezüglich der Probenhärte und Brucharbeit

		Gleitreibungskoeffizient bei RE-Struktur							
		Prüfkörper-Härte [Shore D]							
		14	16	39	80	87	89	90	
Brucharbeit des Probe	0.05	2.3	2.7	1.2	0.4	0.4	0.6	0.9	
	0.19	2.6	2.5	1.7	0.8	0.7	0.8	0.6	
	0.10	2.2	3.0	1.2	0.5	0.3	0.6	0.6	
	2.19	-	2.7	3.9	4.1	3.3	3.8	3.2	
	4.03	-	3.0	2.9	3.9	2.8	3.7	1.6	
6.20	2.4	2.2	2.2	1.4	1.0	1.3	1.2		
		Gleitreibungskoeffizient bei PY-Struktur							
		Prüfkörper-Härte [Shore D]							
		14	16	39	80	87	89	90	
Brucharbeit [J/mm³]	0.05	1.5	1.5	1.2	0.3	0.3	0.3	0.4	
	0.19	1.6	1.2	0.9	0.4	0.2	0.5	0.4	
	0.10	1.5	1.4	1.0	0.3	0.2	0.6	0.4	
	2.19	1.9	2.0	1.3	1.1	0.9	1.2	1.2	
	4.03	1.4	1.9	1.5	1.3	1.5	1.5	1.3	
6.20	1.3	1.3	1.1	0.6	0.6	0.8	0.6		

Bild 9: Gleitreibungskoeffizient bezüglich der Prüfkörper-Härte und Proben-Brucharbeit

Studiengang / Semester: Maschinenbau FS21

Diplomandin: Florian Hilsenbeck

Auftraggeber: Institut für Nanotechnische Kunststoffanwendungen, INKA

Experte: Christian Kruse

Dozent: Laurent Feuz, INKA

Per Magnus Kristiansen, INKA

