

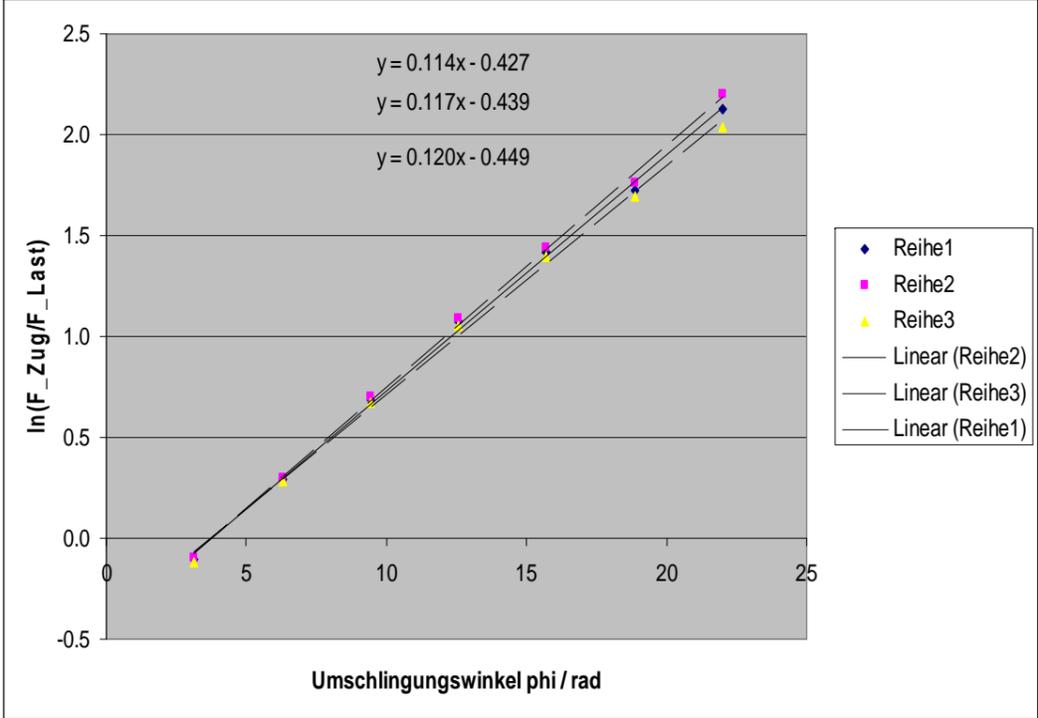
SwissPhO 2017 Experiment Lösungen

		Was erwartet wird	Kriterien	Punkte																																																																																										
1	1 (a)	Tabelle <table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse; text-align: center;"> <thead> <tr> <th>$M_{\lambda_{last}}$ g</th> <th>F_{Last} N</th> <th>M_1 g</th> <th>F_1 N</th> <th>M_2 g</th> <th>F_2 N</th> <th>M_3 g</th> <th>F_3 N</th> <th>$F_{Mittelw}$ N</th> </tr> </thead> <tbody> <tr><td>25</td><td>0.245</td><td>46</td><td></td><td>44</td><td></td><td>45</td><td></td><td>.441</td></tr> <tr><td>35</td><td>0.343</td><td>61</td><td></td><td>60</td><td></td><td>59</td><td></td><td>.589</td></tr> <tr><td>55</td><td>.54</td><td>95</td><td></td><td>93</td><td></td><td>95</td><td></td><td>.925</td></tr> <tr><td>75</td><td>.736</td><td>126</td><td></td><td>126</td><td></td><td>126</td><td></td><td>1.236</td></tr> <tr><td>105</td><td>1.03</td><td>175</td><td></td><td>173</td><td></td><td>172</td><td></td><td>1.7</td></tr> <tr><td>125</td><td>1.226</td><td>206</td><td></td><td>207</td><td></td><td>207</td><td></td><td>2.077</td></tr> <tr><td>135</td><td>1.324</td><td>227</td><td></td><td>224</td><td></td><td>222</td><td></td><td>2.201</td></tr> <tr><td>165</td><td>1.619</td><td>279</td><td></td><td>278</td><td></td><td>280</td><td></td><td>2.737</td></tr> </tbody> </table>	$M_{\lambda_{last}}$ g	F_{Last} N	M_1 g	F_1 N	M_2 g	F_2 N	M_3 g	F_3 N	$F_{Mittelw}$ N	25	0.245	46		44		45		.441	35	0.343	61		60		59		.589	55	.54	95		93		95		.925	75	.736	126		126		126		1.236	105	1.03	175		173		172		1.7	125	1.226	206		207		207		2.077	135	1.324	227		224		222		2.201	165	1.619	279		278		280		2.737	<ul style="list-style-type: none"> Alle Messwerte (vollständig, je 3 Messungen pro Lastmasse) 2 Messwerte vernünftig genau 1/2 Wassermassen in Kräfte umgerechnet (in N) ??? 1 Mittelwert der 3 Messungen gebildet 1 Einheiten korrekt Sinnvolle Wahl der Massen (hängt vom Massensatz ab!) Signifikante Ziffern bei Schlussresultaten 1/2 	5									
	$M_{\lambda_{last}}$ g	F_{Last} N	M_1 g	F_1 N	M_2 g	F_2 N	M_3 g	F_3 N	$F_{Mittelw}$ N																																																																																					
25	0.245	46		44		45		.441																																																																																						
35	0.343	61		60		59		.589																																																																																						
55	.54	95		93		95		.925																																																																																						
75	.736	126		126		126		1.236																																																																																						
105	1.03	175		173		172		1.7																																																																																						
125	1.226	206		207		207		2.077																																																																																						
135	1.324	227		224		222		2.201																																																																																						
165	1.619	279		278		280		2.737																																																																																						
	1 (b)	Tabelle als Erweiterung von 1 (a) <table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse; text-align: center;"> <thead> <tr> <th>$M_{\lambda_{last}}$ g</th> <th>F_{Last} N</th> <th>$F_{Mittelw}$ N</th> <th>$F_{Mittelw}/F_{Last}$</th> <th>$\mu_{Haft} = [\ln(F_{Mittelw}/F_{Last})]/\varphi$</th> <th></th> <th></th> <th></th> <th></th> </tr> </thead> <tbody> <tr><td></td><td></td><td></td><td></td><td>0.187</td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td></td><td></td><td></td><td></td><td>0.172</td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td></td><td></td><td></td><td></td><td>0.172</td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td></td><td></td><td></td><td></td><td>0.165</td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td></td><td></td><td></td><td></td><td>0.16</td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td></td><td></td><td></td><td></td><td>0.16</td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td></td><td></td><td></td><td></td><td>0.162</td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td></td><td></td><td></td><td></td><td>0.167</td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td></td><td></td><td></td><td></td><td>Mittelwert .168</td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> </tbody> </table> <p>Idee der Bestimmung von μ_{Haft}:</p> $F_{\uparrow} = F_M \cdot e^{\mu\varphi}$ <p>daraus $F_{\uparrow} / F_M = e^{\mu\varphi}$, $\mu = \frac{\ln(F_{\uparrow} / F_M)}{\varphi}$</p>	$M_{\lambda_{last}}$ g	F_{Last} N	$F_{Mittelw}$ N	$F_{Mittelw}/F_{Last}$	$\mu_{Haft} = [\ln(F_{Mittelw}/F_{Last})]/\varphi$									0.187									0.172									0.172									0.165									0.16									0.16									0.162									0.167									Mittelwert .168					<ul style="list-style-type: none"> Idee der Bestimmung von μ_{Haft} muss ersichtlich sein, möglichst als algebr. Rechnung Auswertung dokumentiert $\mu = \frac{\ln(F_{\uparrow} / F_M)}{\varphi} \quad \text{alternativ} \quad \mu = \frac{\ln(M_i / M_{Last})}{\varphi}$ <p>(Hier kann das Massenverhältnis verwendet werden)</p> <ul style="list-style-type: none"> Verwendung ln, nicht log₁₀ ln() korrekt berechnet 1 Mittelwert der 8 Auswertungen korrekt gebildet 1 Angabe des Resultats mit sinnvollen SZ (3) 1/2 	4
$M_{\lambda_{last}}$ g	F_{Last} N	$F_{Mittelw}$ N	$F_{Mittelw}/F_{Last}$	$\mu_{Haft} = [\ln(F_{Mittelw}/F_{Last})]/\varphi$																																																																																										
				0.187																																																																																										
				0.172																																																																																										
				0.172																																																																																										
				0.165																																																																																										
				0.16																																																																																										
				0.16																																																																																										
				0.162																																																																																										
				0.167																																																																																										
				Mittelwert .168																																																																																										
2	2 (a)	Tabelle <table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse; text-align: center;"> <thead> <tr> <th>M g</th> <th>$F_{\uparrow Last}$ N</th> <th>$F_{\uparrow 1}$ N</th> <th>$F_{\uparrow 2}$ N</th> <th>$F_{\uparrow 3}$ N</th> <th>$F_{\uparrow Mittelw}$ N</th> </tr> </thead> <tbody> <tr><td>25</td><td>.245</td><td>.44</td><td>.44</td><td>.43</td><td>.437</td></tr> <tr><td>35</td><td>.334</td><td>.60</td><td>.59</td><td>.59</td><td>.593</td></tr> <tr><td>55</td><td>.54</td><td>.90</td><td>.91</td><td>.90</td><td>.903</td></tr> <tr><td>75</td><td>.736</td><td>1.23</td><td>1.23</td><td>1.23</td><td>1.230</td></tr> <tr><td>105</td><td>1.03</td><td>1.70</td><td>1.70</td><td>1.69</td><td>1.693</td></tr> <tr><td>125</td><td>1.226</td><td>1.99</td><td>1.99</td><td>1.99</td><td>1.987</td></tr> <tr><td>135</td><td>1.324</td><td>2.15</td><td>2.15</td><td>2.15</td><td>2.160</td></tr> <tr><td>165</td><td>1.619</td><td>2.62</td><td>2.62</td><td>2.62</td><td>2.617</td></tr> </tbody> </table>	M g	$F_{\uparrow Last}$ N	$F_{\uparrow 1}$ N	$F_{\uparrow 2}$ N	$F_{\uparrow 3}$ N	$F_{\uparrow Mittelw}$ N	25	.245	.44	.44	.43	.437	35	.334	.60	.59	.59	.593	55	.54	.90	.91	.90	.903	75	.736	1.23	1.23	1.23	1.230	105	1.03	1.70	1.70	1.69	1.693	125	1.226	1.99	1.99	1.99	1.987	135	1.324	2.15	2.15	2.15	2.160	165	1.619	2.62	2.62	2.62	2.617	<ul style="list-style-type: none"> Alle Messwerte (vollständig, je 3 Messungen pro Lastmasse) 1 Messwerte vernünftig genau (aus 2 (c) ersichtlich) 1 Mittelwert korrekt, korrekte SZ 1 Einheiten korrekt 1/2 Alle Grössen als Kräfte, mit korrekten Einheiten (und nicht als Massen) 1/2 	4																																				
M g	$F_{\uparrow Last}$ N	$F_{\uparrow 1}$ N	$F_{\uparrow 2}$ N	$F_{\uparrow 3}$ N	$F_{\uparrow Mittelw}$ N																																																																																									
25	.245	.44	.44	.43	.437																																																																																									
35	.334	.60	.59	.59	.593																																																																																									
55	.54	.90	.91	.90	.903																																																																																									
75	.736	1.23	1.23	1.23	1.230																																																																																									
105	1.03	1.70	1.70	1.69	1.693																																																																																									
125	1.226	1.99	1.99	1.99	1.987																																																																																									
135	1.324	2.15	2.15	2.15	2.160																																																																																									
165	1.619	2.62	2.62	2.62	2.617																																																																																									

2 (b)	M	$F_{\downarrow Last}$	$F_{\downarrow 1}$	$F_{\downarrow 2}$	$F_{\downarrow 3}$	$F_{\downarrow Mittelw}$	<ul style="list-style-type: none"> • Alle Messwerte (vollständig, je 3 Messungen pro Lastmasse) 1 • Messwerte vernünftig genau (aus 2 (c) ersichtlich) 1 • Mittelwert korrekt, korrekte SZ 1 • Einheiten korrekt ½ • Alle Grössen als Kräfte, mit korrekten Einheiten (und nicht als Massen) ½ 	4
	g	N	N	N	N	N		
	25	.245	.15	.16	.14	0.150		
	35	.334	.20	.20	.19	0.197		
	55	.54	.33	.32	.31	0.320		
	75	.736	.45	.46	.46	0.457		
	105	1.03	.63	.62	.63	0.627		
	125	1.226	.76	.77	.77	0.767		
	135	1.324	.82	.81	.83	0.820		
165	1.619	1.01	.99	1.00	1.000			

2 (c)		<ul style="list-style-type: none"> • Grafik korrekt erstellt, Abszisse: Lastkraft, Ordinate: Zugkraft 1 • Achsen beschriftet 1 • Einheiten korrekt angegeben (F_{Last}/N, F_{Zug}/N) 1 • Geraden der beiden Messreihen beschriftet/zugeordnet 1 • Qualität der Messung: Punkte müssen vernünftig auf einer Geraden liegen, vgl. mit Musterlösung 1 • Dieser Punkt fliesst bei 2 (a) und (b) ein, ist aber hier ersichtlich 	3
--------------	--	--	---

2 (d)	Tabelle Erweiterung von 2 (a) und (b)						<p>SuS müssen die EEG verstehen und korrekt anwenden können. Speziell: bei Hochziehen/Herunterlassen ändert das Vorzeichen der Exponentialfunktion. Muss von SuS erkannt werden.</p> <ul style="list-style-type: none"> • SuS Müssen erkennen, dass $F_{\uparrow} = F_M \cdot e^{\mu\varphi}$, $F_{\downarrow} = F_M \cdot e^{-\mu\varphi}$, $F_{\uparrow} / F_M = e^{\mu\varphi}$, $F_{\downarrow} / F_M = e^{-\mu\varphi}$, F_{\uparrow} / F_M und F_{\downarrow} / F_M sind zueinander reziprok daraus $(F_{\uparrow} / F_M) / (F_{\downarrow} / F_M) = e^{2\mu\varphi}$, (auch $F_{\uparrow} / F_{\downarrow} = e^{2\mu\varphi}$) • Tabellenerweiterung um $[F_{\downarrow Mittelw} / F_{\downarrow Last}]$ und $[F_{\uparrow Mittelw} / F_{\uparrow Last}]$ aus MW 2 • Quotienten sind reziprok zueinander 1 • Korrekte Verhältnisbildung • Damit kann μ_{Gleit} berechnet werden $\ln(((F_{\uparrow} / F_M) / (F_{\downarrow} / F_M))) = 2\mu\varphi$, $\mu = \frac{\ln\left[\frac{(F_{\uparrow} / F_M)}{(F_{\downarrow} / F_M)}\right]}{2\varphi} = \frac{\ln(F_{\uparrow} / F_{\downarrow})}{2\varphi}$ 2 • Es muss 2φ verwendet werden (und nicht φ), sonst Abzug 1 Pt 1 <p>Mittelwert der μ bilden 1</p>	6
	M	$F_{\downarrow Last}$	$[F_{\downarrow Mittelw} / F_{\downarrow Last}]$	$[F_{\uparrow Mittelw} / F_{\uparrow Last}]$	$[F_{\downarrow Mittelw} / F_{\downarrow Last}] / [F_{\uparrow Mittelw} / F_{\uparrow Last}]$	$\ln[]$		
	g	N						

3	3 (a)	<p>Messung bei den Winkeln $\varphi = \pi, 2\pi, 3\pi, 4\pi, 5\pi, 6\pi, 7\pi, 8\pi$ ($\varphi = 3.14, \dots 25.1$ rad)</p> <p>Tabelle</p> <table border="1" data-bbox="350 352 1012 730"> <thead> <tr> <th>φ rad</th> <th>F_{Last} N</th> <th>F_1 N</th> <th>F_2 N</th> <th>F_3 N</th> <th>F_4 N</th> <th>F_5 N</th> </tr> </thead> <tbody> <tr><td>π</td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td>2π</td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td>3π</td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td>4π</td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td>5π</td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td>6π</td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td>7π</td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td>8π</td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> </tbody> </table>	φ rad	F_{Last} N	F_1 N	F_2 N	F_3 N	F_4 N	F_5 N	π							2π							3π							4π							5π							6π							7π							8π							<ul style="list-style-type: none"> Tabelle vollst. und korrekt, mind. 6 Winkel, max. Winkel bei 8π (mit korrekten Einheiten) ACHTUNG: es kann sein, dass für ca. $\varphi = 7\pi$ oder $\varphi = 8\pi$ die Zugkraft 10 N überschreitet und damit nicht mehr gemessen werden kann. SoS muss dies angeben/bemerken, dann kein Abzug 3 Qualität der Messung (aus 3 (c) beurteilen) 1 	4
φ rad	F_{Last} N	F_1 N	F_2 N	F_3 N	F_4 N	F_5 N																																																													
π																																																																			
2π																																																																			
3π																																																																			
4π																																																																			
5π																																																																			
6π																																																																			
7π																																																																			
8π																																																																			
	3 (b)	<p>Tabelle (evtl. als Fortsetzung von 3 (a))</p> <table border="1" data-bbox="350 800 902 1178"> <thead> <tr> <th>φ rad</th> <th>F_{Mittelw} N</th> <th>...</th> <th>...</th> <th>SA</th> </tr> </thead> <tbody> <tr><td>π</td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td>2π</td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td>3π</td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td>4π</td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td>5π</td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td>6π</td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td>7π</td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td>8π</td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> </tbody> </table>	φ rad	F_{Mittelw} N	SA	π					2π					3π					4π					5π					6π					7π					8π					<p>Korrekte Mittelwertbildung</p> <ul style="list-style-type: none"> Korrekte Berechnung der SA (ACHTUNG: mit dem TI30 kann man MW und SA berechnen SA ist der mittlere Fehler der Einzelmessung 3 	3																		
φ rad	F_{Mittelw} N	SA																																																															
π																																																																			
2π																																																																			
3π																																																																			
4π																																																																			
5π																																																																			
6π																																																																			
7π																																																																			
8π																																																																			
3	3 (c)		<p>Geeignete Methode zum Nachweis EEG</p> <ul style="list-style-type: none"> Stelle $\ln[F_{\text{Zug}}(\varphi)]$ oder $\ln[F_{\text{Zug}}(\varphi)F_{\text{Last}}(\varphi)]$ als Funktion von (φ) dar Alternativ: es kann der \log_{10} oder ein anderer log verwendet werden Diagramm ist korrekt zu zeichnen (Vollständigkeit, korrekte Beschriftung) 3 <p>Gültigkeit der EEG: Messpunkte müssen im Diagramm gut auf einer Geraden liegen. Dies muss klar erläutert/erwähnt werden 1</p> <p>Nebenstehende Grafik enthält auch Auswertung für 3 (d) und 3 (e)</p>	4																																																															

3 (d)	Grafik 3 (c)	<p>Fehlerbalken in Grafik 3 (c) eintragen (oder neue Grafik zeichnen). Fehlerbalken müssen wie folgt bestimmt werden: $\ln[F_{\text{Zug}}(\varphi) + \text{Fehler}]$ und $\ln[F_{\text{Zug}}(\varphi) - \text{Fehler}]$ berechnen und einzeichnen, damit hat man die Fehlerbalken</p> <p>Achtung: die SA ist nicht der richtige Fehler (SA ist der mittlere Fehler der Einzelmessung. Hier ist aber der mittlere Fehler des Mittelwertes zutreffend, dieser ist etwa um den Faktor $(\text{Anzahl Messungen})^{1/2}$ kleiner.</p> <p>Folgende Fehler sollen in Betracht gezogen werden</p> <p>i) Fehler der Kraftwerte 2 falls SA verwendet, Abzug 1</p> <p>ii) Fehler der Winkel (typ. max 5 Grad oder ~ 0.08 rad) 2 Fehler muss 1. erwähnt werden, 2. vernünftig geschätzt werden Falls $\Delta\varphi$ grösser als 0.08 rad oder 5 Grad sind unsorgfältig Abzug 1</p>	4
3 (e)	Grafik 3 (c) und (d)	<p>Gleitreibungskoeffizient</p> <ul style="list-style-type: none"> Gerade soll vernünftig gelegt werden, ‚unvernünftig‘ = Abzug 1 Die Steigung ist gleich dem Gleitreibungskoeffizienten μ_{Gleit} Die Steigung muss korrekt bestimmt werden $\mu = \frac{\Delta(\ln(F))}{\Delta\varphi}$ 2 Die Berechnung muss korrekt und nachvollziehbar sein (dokumentiert) Falls Diagramm mit falschem log berechnet wurde Abzug 2 Pt (es sei denn, es erfolgt eine Korrektur für den ‚falschen‘ log) <p>Fehlerschätzung</p> <ul style="list-style-type: none"> Mit Hilfe der Fehlerbalken (s. 3 (d)) sollen die Geraden mit maximaler und minimaler Steigung gezeichnet werden. 1 Aus den Steigungen folgen die maximalen und minimalen Werte μ_- und μ_+, damit kann man den Fehler zu $\Delta\mu = (\mu_+ - \mu_-)/2$ und den relativen Fehler zu $(\mu_+ - \mu_-)/(2 \cdot \mu)$ bestimmen. 1 falls $\frac{1}{2}$ vergessen wird Abzug $\frac{1}{2}$ 	5
3 (f)		<p>Berechnung prozentuale Abweichung</p> <p>$\frac{\mu_{(3)} - \mu_{(2)}}{\mu_{(2)}} \cdot 100\%$ oder $\frac{\mu_{(3)} - \mu_{(2)}}{\mu_{(3)}} \cdot 100\%$ (beide Möglichkeiten korrekt)</p>	2