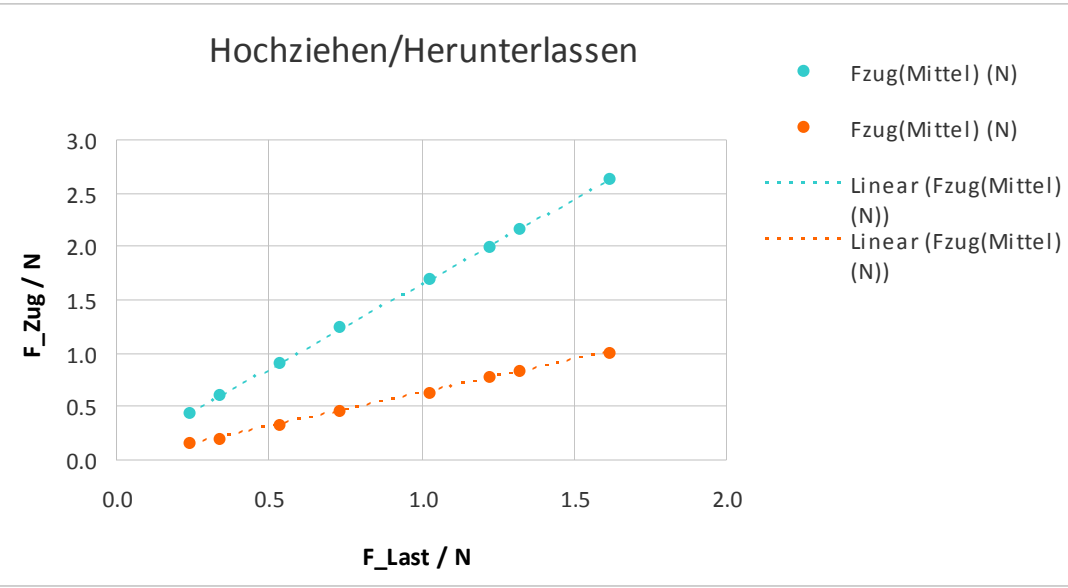


SwissPhO 2017		Experiment		Lösungen							
		Was erwartet wird								Kriterien	Punkte
1	1 (a)	Tabelle								<div><div><div>• Alle Messwerte (vollständig, je 3 Messungen pro Lastmasse)</div><div>• Messwerte vernünftig genau</div><div>• Wassermassen in Kräfte umgerechnet (in N) ???</div><div>• Mittelwert der 3 Messungen gebildet</div><div>• Einheiten korrekt</div><div>• Sinnvolle Wahl der Massen (hängt vom Massensatz ab!)</div><div>• Signifikante Ziffern bei Schlussresultaten</div></div><div><div>2</div><div>½</div><div>1</div><div>1</div><div></div><div></div><div>½</div></div></div>	5
		<div><div><div><div>$M_{\lambda\text{ast}}$</div><div>g</div></div><div><div>$F_{\text{Last}} /$</div><div>N</div></div><div><div>M_1</div><div>g</div></div><div><div>F_1</div><div>N</div></div><div><div>M_2</div><div>g</div></div><div><div>F_2</div><div>N</div></div><div><div>M_3</div><div>g</div></div><div><div>F_3</div><div>N</div></div><div><div>F_{Mittelw}</div><div>N</div></div></div></div>									
		<div><div><div>25</div><div>0.245</div><div>46</div><div></div><div>44</div><div></div><div>45</div><div></div><div>.441</div></div></div>									
		<div><div><div>35</div><div>0.343</div><div>61</div><div></div><div>60</div><div></div><div>59</div><div></div><div>.589</div></div></div>									
		<div><div><div>55</div><div>.54</div><div>95</div><div></div><div>93</div><div></div><div>95</div><div></div><div>.925</div></div></div>									
		<div><div><div>75</div><div>.736</div><div>126</div><div></div><div>126</div><div></div><div>126</div><div></div><div>1.236</div></div></div>									
		<div><div><div>105</div><div>1.03</div><div>175</div><div></div><div>173</div><div></div><div>172</div><div></div><div>1.7</div></div></div>									
		<div><div><div>125</div><div>1.226</div><div>206</div><div></div><div>207</div><div></div><div>207</div><div></div><div>2.077</div></div></div>									
		<div><div><div>135</div><div>1.324</div><div>227</div><div></div><div>224</div><div></div><div>222</div><div></div><div>2.201</div></div></div>									
		<div><div><div>165</div><div>1.619</div><div>279</div><div></div><div>278</div><div></div><div>280</div><div></div><div>2.737</div></div></div>									
	1 (b)	Tabelle als Erweiterung von 1 (a)								<div><div><div>• Idee der Bestimmung von μ_{Haft} muss ersichtlich sein, möglichst als algebr. Rechnung</div><div>• Auswertung dokumentiert</div><div><div><div><div>$\mu = \frac{\ln(F_{\uparrow} / F_M)}{\varphi}$</div><div>alternativ</div><div>$\mu = \frac{\ln(M_i / M_{\text{Last}})}{\varphi}$</div></div></div><div>1.5</div></div><div>(Hier kann das Massenverhältnis verwendet werden)</div><div><div><div>• Verwendung ln, nicht log₁₀</div><div>• ln() korrekt berechnet</div><div>• Mittelwert der 8 Auswertungen korrekt gebildet</div><div>• Angabe des Resultats mit sinnvollen SZ (3)</div></div><div><div></div><div>1</div><div>1</div><div>½</div></div></div></div></div>	4
		<div><div><div><div><div>$M_{\lambda\text{ast}}$</div><div>g</div></div><div><div>F_{Last}</div><div>N</div></div><div><div>F_{Mittelw}</div><div>N</div></div><div><div>$F_{\text{Mittelw}} /$</div><div>F_{Last}</div></div><div><div>$\mu_{\text{Haft}} =$</div><div>$[\ln(F_{\text{Mittelw}} / F_{\text{Last}})] / \varphi$</div></div><div></div><div></div><div></div><div></div></div></div></div>									
		<div><div><div></div><div></div><div></div><div></div><div>0.187</div><div></div><div></div><div></div><div></div></div></div>									
		<div><div><div></div><div></div><div></div><div></div><div>0.172</div><div></div><div></div><div></div><div></div></div></div>									
		<div><div><div></div><div></div><div></div><div></div><div>0.172</div><div></div><div></div><div></div><div></div></div></div>									
		<div><div><div></div><div></div><div></div><div></div><div>0.165</div><div></div><div></div><div></div><div></div></div></div>									
		<div><div><div></div><div></div><div></div><div></div><div>0.16</div><div></div><div></div><div></div><div></div></div></div>									
		<div><div><div></div><div></div><div></div><div></div><div>0.16</div><div></div><div></div><div></div><div></div></div></div>									
		<div><div><div></div><div></div><div></div><div></div><div>0.162</div><div></div><div></div><div></div><div></div></div></div>									
		<div><div><div></div><div></div><div></div><div></div><div>0.167</div><div></div><div></div><div></div><div></div></div></div>									
		<div>Idee der Bestimmung von μ_{Haft}:</div> <div><div><div>$F_{\uparrow} = F_M \cdot e^{\mu\varphi},$</div><div>daraus $F_{\uparrow} / F_M = e^{\mu\varphi}, \mu = \frac{\ln(F_{\uparrow} / F_M)}{\varphi}$</div></div></div>									
2	2 (a)	Tabelle						<div><div><div>• Alle Messwerte (vollständig, je 3 Messungen pro Lastmasse)</div><div>• Messwerte vernünftig genau (aus 2 (c) ersichtlich)</div><div>• Mittelwert korrekt, korrekte SZ</div><div>• Einheiten korrekt</div><div>• Alle Grössen als Kräfte, mit korrekten Einheiten (und nicht als Massen)</div></div><div><div>1</div><div>1</div><div>1</div><div>½</div><div>½</div></div></div>	4		
		<div><div><div><div><div>M</div><div>g</div></div><div><div>$F_{\uparrow\text{Last}}$</div><div>N</div></div><div><div>$F_{\uparrow 1}$</div><div>N</div></div><div><div>$F_{\uparrow 2}$</div><div>N</div></div><div><div>$F_{\uparrow 3}$</div><div>N</div></div><div><div>$F_{\uparrow\text{Mittelw}}$</div><div>N</div></div></div></div></div>									
		<div><div><div>25</div><div>.245</div><div>.44</div><div>.44</div><div>.43</div><div>.437</div></div></div>									
		<div><div><div>35</div><div>.334</div><div>.60</div><div>.59</div><div>.59</div><div>.593</div></div></div>									
		<div><div><div>55</div><div>.54</div><div>.90</div><div>.91</div><div>.90</div><div>.903</div></div></div>									
		<div><div><div>75</div><div>.736</div><div>1.23</div><div>1.23</div><div>1.23</div><div>1.230</div></div></div>									
		<div><div><div>105</div><div>1.03</div><div>1.70</div><div>1.70</div><div>1.69</div><div>1.693</div></div></div>									
		<div><div><div>125</div><div>1.226</div><div>1.99</div><div>1.99</div><div>1.99</div><div>1.987</div></div></div>									
		<div><div><div>135</div><div>1.324</div><div>2.15</div><div>2.15</div><div>2.15</div><div>2.160</div></div></div>									
		<div><div><div>165</div><div>1.619</div><div>2.62</div><div>2.62</div><div>2.62</div><div>2.617</div></div></div>									

	<div>2 (b)</div> <table><tr><th>M g</th><th>$F_{\downarrow \text{Last}}$ N</th><th>$F_{\downarrow 1}$ N</th><th>$F_{\downarrow 2}$ N</th><th>$F_{\downarrow 3}$ N</th><th>$F_{\downarrow \text{Mittelw}}$ N</th></tr><tr><td>25</td><td>.245</td><td>.15</td><td>.16</td><td>.14</td><td>0.150</td></tr><tr><td>35</td><td>.334</td><td>.20</td><td>.20</td><td>.19</td><td>0.197</td></tr><tr><td>55</td><td>.54</td><td>.33</td><td>.32</td><td>.31</td><td>0.320</td></tr><tr><td>75</td><td>.736</td><td>.45</td><td>.46</td><td>.46</td><td>0.457</td></tr><tr><td>105</td><td>1.03</td><td>.63</td><td>.62</td><td>.63</td><td>0.627</td></tr><tr><td>125</td><td>1.226</td><td>.76</td><td>.77</td><td>.77</td><td>0.767</td></tr><tr><td>135</td><td>1.324</td><td>.82</td><td>.81</td><td>.83</td><td>0.820</td></tr><tr><td>165</td><td>1.619</td><td>1.01</td><td>.99</td><td>1.00</td><td>1.000</td></tr></table>	M g	$F_{\downarrow \text{Last}}$ N	$F_{\downarrow 1}$ N	$F_{\downarrow 2}$ N	$F_{\downarrow 3}$ N	$F_{\downarrow \text{Mittelw}}$ 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	<div><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 SZ1• Einheiten korrekt½• Alle Grössen als Kräfte, mit korrekten Einheiten (und nicht als Massen)½</div>	4
M g	$F_{\downarrow \text{Last}}$ N	$F_{\downarrow 1}$ N	$F_{\downarrow 2}$ N	$F_{\downarrow 3}$ N	$F_{\downarrow \text{Mittelw}}$ 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																																																				
	<div>2 (c)</div> <div><div>Hochziehen/Herunterlassen</div></div>	<div><ul style="list-style-type: none">• Grafik korrekt erstellt, Abszisse: Lastkraft, Ordinate: Zugkraft Achsen beschriftet Einheiten korrekt angegeben (F_{Last}/N, F_{Zug}/N) Geraden der beiden Messreihen beschriftet/zugeordnet1• Qualität der Messung: Punkte müssen vernünftig auf einer Geraden liegen, vgl. mit Musterlösung Dieser Punkt fliesst bei 2 (a) und (b) ein, ist aber hier ersichtlich1</div>	3																																																						
	<div>2 (d)</div> <div><div>Tabelle Erweiterung von 2 (a) und (b)</div><table><tr><th>M g</th><th>$F_{\downarrow \text{Last}}$ N</th><th>$[F_{\downarrow \text{Mittelw}} / F_{\downarrow \text{Last}}]$</th><th>$[F_{\uparrow \text{Mittelw}} / F_{\uparrow \text{Last}}]$</th><th>$[F_{\downarrow \text{Mittelw}} / F_{\downarrow \text{Last}}] / [F_{\uparrow \text{Mittelw}} / F_{\uparrow \text{Last}}]$</th><th>$\ln[\]$</th></tr><tr><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr><tr><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr><tr><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr><tr><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr><tr><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr><tr><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr><tr><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr><tr><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr></table></div>	M g	$F_{\downarrow \text{Last}}$ N	$[F_{\downarrow \text{Mittelw}} / F_{\downarrow \text{Last}}]$	$[F_{\uparrow \text{Mittelw}} / F_{\uparrow \text{Last}}]$	$[F_{\downarrow \text{Mittelw}} / F_{\downarrow \text{Last}}] / [F_{\uparrow \text{Mittelw}} / F_{\uparrow \text{Last}}]$	$\ln[\]$																																																	<div>SuS müssen die EEG verstehen und korrekt anwenden können. Speziell: bei Hochziehen/Herunterlassen ändert das Vorzeichen der Exponentialfunktion. Muss von SuS erkannt werden.</div> <div><ul style="list-style-type: none">• SuS Müssen erkennen, dass $F_{\uparrow} = F_{\text{M}} \cdot \text{e}^{\mu\varphi}$, $F_{\downarrow} = F_{\text{M}} \cdot \text{e}^{-\mu\varphi}$, $F_{\uparrow} / F_{\text{M}} = \text{e}^{\mu\varphi}$, $F_{\downarrow} / F_{\text{M}} = \text{e}^{-\mu\varphi}$, $F_{\uparrow} / F_{\text{M}}$ und $F_{\downarrow} / F_{\text{M}}$ sind zueinander reziprok daraus $(F_{\uparrow} / F_{\text{M}}) / (F_{\downarrow} / F_{\text{M}}) = \text{e}^{2\mu\varphi}$, (auch $F_{\uparrow} / F_{\downarrow} = \text{e}^{2\mu\varphi}$)• Tabellenerweiterung um $[F_{\downarrow \text{Mittelw}} / F_{\downarrow \text{Last}}]$ und $[F_{\uparrow \text{Mittelw}} / F_{\uparrow \text{Last}}]$ aus MW2• Quotienten sind reziprok zueinander1• Korrekte Verhältnisbildung• Damit kann μ_{Gleit} berechnet werden $\ln[((F_{\uparrow} / F_{\text{M}}) / (F_{\downarrow} / F_{\text{M}}))] = 2\mu\varphi$, $\mu = \frac{\ln\left[\left(F_{\uparrow} / F_{\text{M}}\right) / \left(F_{\downarrow} / F_{\text{M}}\right)\right]}{2\varphi} = \frac{\ln(F_{\uparrow} / F_{\downarrow})}{2\varphi}$2• Es muss 2φ verwendet werden (und nicht φ), sonst Abzug 1 Pt1</div> <div>Mittelwert der μ bilden1</div>	6
M g	$F_{\downarrow \text{Last}}$ N	$[F_{\downarrow \text{Mittelw}} / F_{\downarrow \text{Last}}]$	$[F_{\uparrow \text{Mittelw}} / F_{\uparrow \text{Last}}]$	$[F_{\downarrow \text{Mittelw}} / F_{\downarrow \text{Last}}] / [F_{\uparrow \text{Mittelw}} / F_{\uparrow \text{Last}}]$	$\ln[\]$																																																				

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><tr><td>φ rad</td><td>F_{Last} N</td><td>F_1 N</td><td>F_2 N</td><td>F_3 N</td><td>F_4 N</td><td>F_5 N</td></tr><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></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 3Qualität 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><tr><td>φ rad</td><td>F_{Mittelw} N</td><td>...</td><td>...</td><td>SA</td></tr><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></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 (c)	<p>Legend:</p> <ul style="list-style-type: none">Reihe1 (blue diamond)Reihe2 (magenta square)Reihe3 (yellow triangle)Linear (Reihe2) (dashed line)Linear (Reihe3) (dotted line)Linear (Reihe1) (solid line)	<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 werdenDiagramm 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>Nebstehende 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