13. *Untersuchungen über die Abhängigkeit der Längenänderung von Holzstäben, von Feuchtigkeit und Temperatur; von H. Stadthagen.*

(Hierzu Taf. V, Fig. 10.)

Das Centralbureau der Internationalen Erdmessung hat mir Ende des Jahres 1894 eine Untersuchung übertragen, die in folgenden drei Hauptpunkten gipfelt:

1. nach Mitteln zu suchen, die Einwirkung der Feuchtigkeit auf Holzstäbe direct herabzumindern;

2. die Abhängigkeit und Grösse der Längenänderungen verschieden behandelter Stäbe von der relativen, bez. absoluten Feuchtigkeit zu ermitteln und

3. die Abhängigkeit der Länge der Stäbe von der Temperatur zu bestimmen.

Bezüglich des Punktes 1 sollte zunächst, entsprechend einer Anregung von Werner Siemens, der Versuch gemacht werden, die Holzplatten mit Paraffin zu imprägniren.

Es musste demgemäss vorerst die Construction eines Imprägnirungsapparates neben der Herstellung der geeigneten Holzstäbe und der für deren Untersuchung nothwendigen Apparate ins Auge gefasst werden. Letztere Aufgabe war am leichtesten zu erledigen, dank der Liebenswürdigkeit des Directors der Kaiserlichen Normal-Aichungs-Commission in Berlin, welcher mir die Erlaubniss ertheilte, die Apparate und Einrichtungen der genannten Behörde ausserhalb der Dienststunden für vorliegende Arbeit zu benutzen. Sehr wesentlich war die dadurch geschaffene Möglichkeit, den grossen völlig abgeschlossenen Comparatorsaal der N. A. C.¹⁾, dessen Anlage sowohl Constanz von Temperatur und Feuchtigkeit, als Veränderung eines der beiden Elemente oder beider herbeizuführen gestattet, für vorliegende Zwecke zu benutzen. In

1) Eine nähere Beschreibung desselben befindet sich in Abschnitt IIA der „Wissenschaftlichen Abhandlungen der N. A. C.“ Bd. 1. Berlin, Julius Springer, 1895, sowie auch im Septemberheft des Jahrgangs 1895 der Zeitschrift für Instrumentenkunde, verfasst von meinem Collegen Hrn. Pensky.

Hinsicht auf Räume, in denen die nöthigen Variationen der äusseren Verhältnisse vorgenommen werden können, dürfte sonach die Sachlage eine recht günstige sein, wenn man bedenkt, dass der oben erwähnte Imprägnirungs-Apparat leicht auch nach dieser Richtung hin für extreme Verhältnisse — absolute Trockenheit, hohe Feuchtigkeit und eventuell auch hohe Temperatur — nutzbar gemacht werden kann.

Comparator, Waage, Psychrometer und Thermograph standen auf der N. A. C., ebenso wie die erforderlichen Normale, zweckentsprechend zur Verfügung. Nur zur Wägung der Meterstäbe war es nöthig, die eine Schale der Waage durch ein Gehänge zu ersetzen, das in nebenstehender Figur gezeichnet ist. Der 39 cm lange Messingstab *m* geht erst durch den Boden der Waage, dann durch die Tischplatte *p* hindurch. An ihm hängt das 11 cm lange Messinggestell *g* mit den beiden 24 cm voneinander entfernten Bügeln *b*, in die die Stäbe bequem hineingelegt werden können. Die bisherigen Versuche haben ergeben, dass so ein sehr sicheres und ruhiges Aufliegen und Wägen stattfindet, und dass eine wohl völlig ausreichende Genauigkeit von wenigen Milligrammen erzielt wird.

Fig. 1.

Die Aufgabe der Beschaffung der Holzstäbe erfuhr insofern eine wesentliche Erleichterung, als nach verschiedenen früheren Untersuchungen mit genügender Sicherheit die Ueberlegenheit gut gewachsenen und bearbeiteten Tannenholzes, bez. Fichtenholzes vor allen anderen in Betracht kommenden Holzarten constatirt war. Der Holzplattenfabrikant Ossyra in Berlin wurde demnach beauftragt, einige 20 Holzstäbe aus gut getrocknetem und gerade gewachsenem Tannenholz in Länge von etwas über 1 m, im Durchschnitt von 18 mm², der Länge nach möglichst nach der Faser zu schneiden. Die

Bearbeitung sollte sich zunächst nur auf Glätten der Längsflächen ohne Anwendung von Firnissen oder ähnlichem erstrecken. Um Verfälschungen der Messresultate infolge von Biegungen zu vermeiden, sowie um eventuelle Verschiedenheiten der Längenänderung in verschiedenen Schichten und Theilen ein und desselben Stabes studiren zu können, wurden Strichmarken auf zwei entgegengesetzten Seiten der Stäbe und zwar auf jeder Seite 3 in je 0,5 m Abstand aufgetragen. Es erschien unbedenklich, zu diesem Zwecke kleine Metallstiftchen von 1,5 mm Durchmesser und 2 mm Höhe an diesen Stellen in das Holz nach leichter Anbohrung einzuschlagen.

Fig. 2.

Um eventuelle Verschiebungen derselben im Holz constatiren zu können, liess ich die Theilstriche über die Metallstiftchen fort auch noch etwas über das Holz ziehen. Doch ist dieser Fall während der Beobachtungsperiode nicht eingetreten. Ein Längsstrich auf beiden Seiten jedes Theilstrichs nahe an diesen herangeführt soll die Messstelle fixiren. Die Glättung der Stäbe erfolgte nur durch Sauberhobeln und Nachschleifen mit feinem Sandpapier.

Besondere Aufmerksamkeit wurde der Frage der Aufbewahrung der Stäbe geschenkt. Sie müssen in den oft wochenlangen Pausen zwischen den Beobachtungen allseitig frei dem umgebenden Temperatur- und Feuchtigkeitszustand ausgesetzt sein, ohne Durchbiegungen erleiden zu dürfen. Horizontale Lagerung ist aber nöthig, um für alle Theile der Stäbe nahezu

gleiche Verhältnisse zu haben. An den Berührungsstellen darf aber auch keine Verunreinigung oder Veränderung der Stäbe möglich sein. Aus diesen Erwägungen heraus gelangte ich zur Construction eines in obiger Figur im Aufriss und Grundriss skizzirten beinahe 2 m langen Tisches aus Holz, dessen mittlerer Theil (1,1 m) durch 56 schmale, oben leicht abgerundete Stäbchen *s* gebildet wird. Ihre Stabilität ist durch 6 stärkere Längsleisten *l* gesichert. Die Seitenversteifungen des Tisches, die Zargen, sind in diesem mittleren Theil nach Möglichkeit ausgeschnitten, um auch von unten völlig freie Luftumspülung der Latten zu erreichen. Die Seitentheile des Tisches dienen zur Aufstellung des Thermographen und des Psychrometers. Bisher hat sich der Tisch gut bewährt.

Beobachtet wurden auch die Längenänderungen von zwei dünnen Lamellen, die — 2 mm dick — von der oberen und unteren Seite eines Stabes abgeschnitten waren, woraus interessante Ergebnisse in Bezug auf die Geschwindigkeit der Wirkung von Feuchtigkeitsänderungen auf die Länge verschiedenen dicker Stäbe zu erwarten waren.

Im September des Jahres 1895 begannen, von vereinzelt früheren Messungen abgesehen, systematisch die Messungen und Wägungen von 18 Stäben zunächst in rohem Zustande. Während der ganzen Beobachtungsperiode wurde die Temperatur des Aufbewahrungsortes dauernd registrirt und der relative Feuchtigkeitsgehalt der Luft von Tag zu Tag abgelesen.

Es sei erwähnt, dass als Imprägnirungs-Flüssigkeit zunächst Leinölfirnis¹⁾ genommen ist, da ich gegen das oben erwähnte Paraffin das Bedenken hatte, dass es für praktische Zwecke infolge leichten Ausschwitzens bei directer Sonnenbestrahlung untauglich sein würde. Guter Leinölfirnis ist dagegen eines der besttrocknenden Oele.

Es erschien des Versuches werth, einen Theil der mit Leinöl imprägnirten Stäbe nachher noch mit einem Schellackfirnis zu überziehen, da letzterer eine sehr feine Vertheilung gestattet

1) Mit Leinöl hat auch der verstorbene französische Oberst Goulier bereits Versuche angestellt. Indessen hat sich nicht ermitteln lassen, ob er auch eine vollkommene Durchtränkung des Holzes erstrebt und erreicht hat. Die Resultate seiner langjährigen Versuche sollen ausführlich in nächster Zeit veröffentlicht werden.

und dementsprechend einen sehr guten Abschluss nach aussen gewähren müsste. Vielleicht wird auch eine Imprägnirung mit Schellackfirniss oder auch mit einem sehr festen Wachs, z. B. Karnaubawachs, sowie andere Methoden, z. B. eine Vernickelung des Holzes oder Ersatz des Holzes durch einen andern Stoff, dem die guten Eigenschaften des Holzes nicht fehlen (vielleicht Ambroin), später näher in Betracht gezogen werden.

Der Imprägnirungs-Apparat ist nach meinen Angaben und Skizzen vom Mechaniker R. Fuess in Steglitz bei Berlin in möglichst einfacher, aber fester und sicher functionirender Form ausgeführt und hat sich recht gut bewährt. Seine Einrichtung ist die folgende:

Eine gusseiserne Röhre, welche zur Aufnahme von 4 Stäben bestimmt ist, ist an den Enden luftdicht verschlossen. Die Stäbe ruhen an je zwei schmalen Stellen auf drei Messingrahmen. Diese sind auf einer Eisenschiene befestigt, die mit einem der Verschlussdeckel an den Enden der Röhre verbunden ist. Die Röhre ruht auf einem Gestell aus Eisenblech und Eisenstäben; unterhalb derselben befindet sich der Länge nach eine Gasröhre mit 40 Flämmchen. In das Innere der Hauptröhre ragen zwei in ganze Grade bis über 100° getheilte Thermometer, sowie, um den Stand des Oeles anzuzeigen, ein Schwimmer aus Glas. Ein Hahn vermittelt die Verbindung mit einer Luftpumpe; den Druck im Innern zeigt ein Manometer an. Ein anderer Hahn verbindet das Hauptrohr mit einem Gefäss, in dem das Oel vorgewärmt wird. Der Raum zwischen dem unteren Theil der Hauptröhre und dem umgebenden Eisenblech des Gestells kann mit Sand gefüllt werden, wenn die Erwärmung nicht gleichmässig genug vor sich geht. Die Dichtungen sind sämmtlich mit Leder ausgeführt.

Es gelang beim zweiten Versuch, das Oel ganz in die Holzstäbe hineinzupressen.

Die Anordnung desselben war folgende:

Nachdem der Stab in die leere Röhre hineingethan und der Deckel fest aufgeschraubt war, wurde die Luft in der Röhre auf etwa 90° erwärmt unter gleichzeitigem Auspumpen bis zu 150 mm Druck. Nach einiger Ruhe, während die Thermometer auf 80° herabgegangen waren, wurde noch einmal erwärmt bis auf 105°. In dieser Zeit stieg das Mano-

meter wieder etwas, wohl infolge des jetzt aus dem Stabe getriebenen Wasserdampfes und der mit demselben fortgerissenen Luft. Es wurde nun, während die Temperatur auf über 100° gehalten wurde, noch einmal bis unter 100 mm ausgepumpt. Darauf liess ich das Ganze sich allmählich abkühlen unter Beibehaltung des Unterdrucks. Etwa $1\frac{1}{2}$ Stunden nach Beginn des Versuchs wurde das inzwischen auf 35° vorgewärmte Leinöl hineingelassen. Jetzt wurde bis auf 65° erwärmt und Ueberdruck von $1\frac{1}{2}$ Atmosphären erzeugt. Unter diesen Verhältnissen liess ich den Apparat $\frac{3}{4}$ Stunden lang, worauf das Oel wieder abgelassen wurde. Der Stab wurde nach einiger Abkühlung der Röhre aus dieser herausgenommen und dann an Luft und Sonne getrocknet.

Im Herbst 1895 begannen die Messungen und Wägungen, über deren Ergebnisse ich zunächst nur kurz berichten will.

Es wurden im Ganzen 17 Meterstäbe aus Tannenholz und die zwei früher beschriebenen dünnen Lamellen untersucht, bei deren Discussion zwischen vier Gruppen zu unterscheiden ist, je nach der Behandlung des Holzes:

1. rohe Stäbe, nur sauber gehobelt und mit feinem Sandpapier nachgeschliffen;
2. dieselben (vgl. 1) mit Leinölfirnis in dem Apparat mehr oder weniger imprägnirt;
3. dieselben (vgl. 1) viermal mit Leinölfirnis gestrichen;
4. dieselben (vgl. 1) erst mit Leinölfirnis im Apparat imprägnirt, dann viermal mit Schellacklösung in Spiritus gestrichen.

Die Stäbe lagen vom September 1895 bis Mai 1896, abgesehen von der Zeit, während der ein Theil von ihnen imprägnirt bez. gestrichen wurde, im grossen Zinksaal (Comparatorsaal) der Kaiserl. Normal-Aichungs-Commission auf dem früher beschriebenen Holzrost. Wenn auch so eine gewisse Abhängigkeit von den Dispositionen dieser Behörde bestand, so konnten doch einige Perioden nahezu gleichbleibender Temperatur und relativer Feuchtigkeit in wünschenswerther Weise benutzt werden. Am Anfang (nach eingetretener Ruhe) und Ende dieser Perioden, theilweise auch dazwischen, wurde die Länge sämmtlicher Stäbe auf einem Comparator durch Vergleichung mit dem Hauptnormalmeter Nr. 1605 der Normal-

Roh geliebene, nur mit Sandpapier

Datum und Temperatur		Stab 4		Stab 5	
1895 10. September $T = + 19,8^{\circ}$	Länge oben = 1 m	- 2 μ		- 87 μ	
	Länge unten = 1 m	- 75		- 67	
	Gewicht in g =	157,670		168,932	
1895 17. September $T = + 17,7^{\circ}$	Länge oben = 1 m			- 47	+ 40
	Länge unten = 1 m			- 36	+ 31
	Gewicht in g =			169,254	+ 0,322
1895 15. October 17. Oct. (St. 23 u. 26) $T = + 15,1^{\circ}$ (am 17. Oct. = + 13,9°)	Länge oben = 1 m	+ 53	+ 55	- 21	+ 28
	Länge unten = 1 m	- 19	+ 56	+ 10	+ 46
	Gewicht in g =	158,591	+ 0,921	169,885	+ 0,631
1895 26. October $T = + 11,0^{\circ}$	Länge oben = 1 m			- 45	- 24
	Länge unten = 1 m			- 22	- 32
	Gewicht in g =				
1895 3. December 6. Dec. (St. 23 u. 26) $T = + 6,3^{\circ}$ (am 6. Dec. = + 8,2°)	Länge oben = 1 m	+ 6	- 47	- 54	- 9
	Länge unten = 1 m	- 50	- 31	- 33	- 11
	Gewicht in g =	158,695	+ 0,104	169,995	+ 0,110
1895 17. December $T = + 7,3^{\circ}$	Länge oben = 1 m	+ 5	- 1	- 72	- 18
	Länge unten = 1 m	- 70	- 20	- 59	- 26
	Gewicht in g =	158,583	- 0,112	169,901	- 0,094
1895 20. December $T = + 26,6^{\circ}$	Länge oben = 1 m	- 237	- 242	- 282	- 210
	Länge unten = 1 m	- 255	- 185	- 251	- 192
	Gewicht in g =	154,347	- 4,236	165,429	- 4,472
1896 21. Februar $T = + 30,8^{\circ}$	Länge oben = 1 m	- 604	- 367	- 643	- 361
	Länge unten = 1 m	- 629	- 374	- 591	- 340
	Gewicht in g =	147,696	- 5,651	157,947	- 7,482
1896 6. März $T = + 30,6^{\circ}$	Länge oben = 1 m	- 632	- 28	- 670	- 27
	Länge unten = 1 m				
	Gewicht in g =	147,634	- 0,062	157,863	- 0,084
1896 31. März $T = + 19,2^{\circ}$	Länge oben = 1 m	- 221	+ 411	- 257	+ 413
	Länge unten = 1 m	- 258	+ 371	- 241	+ 350
	Gewicht in g =	151,770	+ 4,136	162,290	+ 4,427
1896 16. April $T = + 11,3^{\circ}$	Länge oben = 1 m	- 86	+ 135	- 154	+ 103
	Länge unten = 1 m	- 131	+ 127	- 130	+ 111
	Gewicht in g =	154,411	+ 2,641	165,067	+ 2,777
1896 9. Mai $T = + 12,3^{\circ}$	Länge oben = 1 m	- 102	- 16	- 145	+ 9
	Länge unten = 1 m	- 143	- 12	- 131	- 1
	Gewicht in g =	154,775	+ 0,364	165,545	+ 0,478

abgeriebene Tannenholzstäbe.

Stab 6	Stab 23	Stab 26	Lamelle 3 oben	Lamelle 3 unten
-150 μ - 81 162,277			-169 μ	-58 μ
-111 +39 - 56 +25 162,599 +0,922	+218 μ +118 122,188	+ 55 μ -141 152,951		
-91 +20 -26 +30 163,196 +0,597	+236 +18 +139 +21 122,464 +0,276	- 21 -76 -127 +14 153,372 +0,421	-94 +75	+7 +65
{ -95 -4 -101 -10 - 32 -6				
-126 -31 - 44 -12 163,333 +0,137	+280 +44 +192 +53 123,256 +0,792	+23 +44 -76 +51 154,431 +1,059	-114 -20 16,754	{ -126 -133 -131 -138 17,440
-142 -16 - 67 -23 163,178 -0,155	+200 -80 +116 -76 122,648 -0,608	- 57 -80 -156 -80 153,652 -0,779	-153 -39 16,714 -0,040	-58 +68 +73 17,402 -0,038
{ -374 -232 -394 -252 -243 -176 158,672 -4,306	-114 -314 -151 -267 119,019 -3,629	-315 -258 -363 -207 149,366 4,286	-479 -326 16,109 -0,605 -814 -335 15,501 -0,608	-269 -211 16,853 -0,549 {-551 -282 -564 -295 16,192 -0,661
{ -755 -381 -777 -383	-525 -411	-721 -406	-808 +6	
151,858 -6,814	114,098 -4,921	142,963 -6,408	15,511 +0,010	16,188 -0,004
{ -324 +431 -350 +427 -224 -194 156,378 +4,520	- 60 +465 -126 117,492 +3,394	-292 +429 -360 147,119 +4,156	-386 +422 15,964 +0,453	{ -186 -201 16,669 +0,481
{ -199 +125 -222 +128 - 91 { +133 +103 159,099 +2,721	+100 +160 + 12 +138 119,559 +2,067	-158 +134 -244 +116 149,677 +2,558	-227 +159 16,301 +0,337	{ -71 +115 -79 +122 16,986 +0,317
{ -212 -13 -237 -15 -127 -36 159,294 +0,195	+64 -36 - 5 -17 119,637 +0,078	-182 -24 -246 -2 149,926 +0,249	-256 -29 16,281 -0,020	{ - 95 -24 -106 -27 16,957 -0,029

Tannenholzstäbe, nur mit Leinölfirnis im November 1895 imprägnirt.

Datum und Temperatur	Stab 11	Stab 12	Stab 22	Stab 25
1895 13. September u. 17. Sept. (St. 22 u. 25) $T = + 18,9^{\circ}$ am 17. Sept. $+ 17,7^{\circ}$	Länge oben = 1 m Länge unten = 1 m Gewicht in g = - 293 μ - 38 176,166	- 316 μ - 47 157,878	+ 11 μ - 2 150,978	+ 37 μ + 7 151,972
1895 17. October $T = + 13,9^{\circ}$	Länge oben = 1 m Länge unten = 1 m Gewicht in g = + 46 + 339 + 89 + 127 176,870 + 0,104	+ 5 + 321 - 26 + 21 158,509 + 0,631	+ 25 + 14 + 12 + 14 151,398 + 0,420	+ 59 + 22 + 30 + 23 152,349 + 0,377
1895 26. October $T = + 11,0^{\circ}$	Länge oben = 1 m Länge unten = 1 m - 412 - 458 - 430 - 519	- 357 - 362 - 492 - 466		
1895 3. December u. 6. Dec. (St. 11 u. 22) $T = + 6,30$ am 6. Dec. $+ 8,2^{\circ}$	Länge oben = 1 m Länge unten = 1 m Gewicht in g = - 108 + 304 - 53 + 377 186,006 + 0,136	+ 1 + 353 - 59 + 433 250,982 + 8,473	+ 28 + 3 - 49 - 61 171,234 + 19,436	- 161 - 220 - 248 - 278 207,644 + 55,295
1895 17. December $T = + 7,3^{\circ}$	Länge oben = 1 m Länge unten = 1 m Gewicht in g = - 174 - 66 - 142 - 39 185,332 - 0,674	+ 18 + 17 - 29 + 30 - 59 0 251,415 + 0,433	- 11 - 39 - 59 - 10 171,357 + 0,133	- 76 + 35 - 150 + 88 209,562 + 1,518
1895 20. December $T = + 26,6^{\circ}$	Länge oben = 1 m Länge unten = 1 m Gewicht in g = - 471 - 297 - 393 - 251 180,927 - 4,405	- 74 - 92 - 116 - 87 - 175 - 116 248,576 - 2,839	- 133 - 122 - 175 - 116 168,448 - 2,909	- 240 - 164 - 293 - 143 206,826 - 2,736

Datum und Temperatur		Stab 11	Stab 12	Stab 22	Stab 25
1896 21. Februar $T = + 30,8^{\circ}$	Länge oben = 1 m	- 909	- 443		
	Länge unten = 1 m		- 485		
	Gewicht in g =	- 992	- 528		
1896 6. März $T = + 30,6^{\circ}$	Länge oben = 1 m	174,034	241,956		
	Länge unten = 1 m	- 1086	- 432	- 469	- 722
	Gewicht in g =	- 1004	- 540	- 516	- 771
1896 31. März $T = + 19,2^{\circ}$	Länge oben = 1 m	174,028	241,908	163,037	201,238
	Länge unten = 1 m	- 496	- 170	- 136	- 304
	Gewicht in g =	- 528	- 218	- 216	- 384
1896 16. April $T = + 11,3^{\circ}$	Länge oben = 1 m	178,343	245,308	166,373	204,769
	Länge unten = 1 m	- 382	- 76	- 51	- 163
	Gewicht in g =	- 346	- 138	- 127	- 259
1896 9. Mai $T = 12,3^{\circ}$	Länge oben = 1 m	180,554	247,119	168,194	206,592
	Länge unten = 1 m	- 351	- 42	- 37	- 181
	Gewicht in g =	- 320	- 100	- 108	- 235
		181,116	248,038	168,808	207,256

Tannenholzstäbe, im November 1895 viermal in Intervallen von je 3 Tagen, während welcher sie hingen,
mit *Leinölfirnis*s (nach Aussage des Fabrikanten reines gekochtes Leinöl) *gestrichen*.

Datum und Temperatur		Stab 7	Stab 8	Stab 9	Stab 10
1895 11. September $T = + 19,4^{\circ}$	Länge oben = 1 m	- 98 μ	- 12 μ	- 79 μ	- 139 μ
	Länge unten = 1 m	- 129	+ 5	- 71	- 116
	Gewicht in g =	158,345	159,656	152,218	147,348
1895 17. September $T = + 17,7^{\circ}$	Länge oben = 1 m	- 53 + 45			
	Länge unten = 1 m	- 89 + 40			
	Gewicht in g =	158,765 + 0,420			
1895 15. October $T = + 15,1^{\circ}$	Länge oben = 1 m	- 25 + 38	+ 94 + 106	- 20 + 59	- 73 + 66
	Länge unten = 1 m	- 57 + 32	+ 79 + 74	+ 14 + 85	- 36 + 80
	Gewicht in g =	159,349 0,334	160,612 + 0,955	153,156 + 0,938	148,230 + 0,902
1895 3. December u. 6. Dec. (St. 9 u. 10) $T = + 6,3^{\circ}$ a. 6. Dec. = + 8,2 ^o	Länge oben = 1 m	- 80 - 55	+ 12 - 32	+ 20 + 40	- 62 + 11
	Länge unten = 1 m	- 112 - 55	+ 20 - 59	+ 23 + 9	- 27 + 9
	Gewicht in g =	161,188 + 1,839	163,688 + 3,076	156,504 + 3,348	151,183 + 2,933
1895 17. December $T = + 7,3^{\circ}$	Länge oben = 1 m	- 68 + 12	+ 8 - 4	- 36 - 56	- 118 - 56
	Länge unten = 1 m	- 85 + 27	+ 23 + 3	- 38 - 61	- 94 - 67
	Gewicht in g =	161,496 + 0,308	163,824 + 0,136	156,080 - 0,424	150,792 - 0,891

Datum und Temperatur		Stab 7	Stab 8	Stab 9	Stab 10
1895 20. December $T = + 26,6^{\circ}$	Länge oben = 1 m	-223	-314	-313	-368
	Länge unten = 1 m	-202	-147	-240	-264
	Gewicht in g =	158,788	160,631	153,078	147,867
1896 21. Februar $T = + 30,8^{\circ}$	Länge oben = 1 m	-837		-899	
	Länge unten = 1 m	-809		-816	
	Gewicht in g =	150,881		145,987	
1896 6. März $T = + 30,6^{\circ}$	Länge oben = 1 m	-662	-1090	-1020	-874
	Länge unten = 1 m	-695	-529	-841	-795
	Gewicht in g =	150,758	153,148	145,884	140,836
1896 31. März $T = + 19,2^{\circ}$	Länge oben = 1 m	-286	-472	-436	-431
	Länge unten = 1 m	-304	-193	-391	-391
	Gewicht in g =	154,340	157,277	149,786	144,492
1896 16. April $T = + 11,3^{\circ}$	Länge oben = 1 m	-190	-254	-274	-278
	Länge unten = 1 m	-185	-86	-240	-249
	Gewicht in g =	156,299	159,460	151,860	146,450
1896 9. Mai $T = + 12,3^{\circ}$	Länge oben = 1 m	-120	-184	-236	-240
	Länge unten = 1 m	-135	-62	-198	-216
	Gewicht in g =	157,688	160,299	152,741	147,393

Tannenholzstäbe, imprägnirt mit Leinölfirniß im November 1895, danach in der Sonne stehend getrocknet, sodann mit Schellacklösung in Spiritus viertel in Zwischenräumen von je 1 Tag gestrichen. Vor jedem Anstrich mit feinem Sandpapier fein abgeschliffen. Alle etwas gespannt, besonders 15 und 24, da sie sich beim Imprägniren verzogen hatten.

Datum und Temperatur	Stab 13	Stab 14	Stab 15	Stab 24
1895 13. September u. 17. Sept. (St. 24) $T = + 18,9^{\circ}$ am 17. Sept. = + 17,7°	$\begin{cases} - 6 \mu \\ - 26 \\ - 29 \end{cases}$ Länge oben = 1 m Länge unten = 1 m Gewicht in g = 156,291	- 99 μ - 118 158,073	+ 27 μ - 48 139,481	- 88 μ - 18 158,991
1895 17. October $T = + 13,9^{\circ}$	$\begin{cases} + 24 \\ 0 \\ + 14 \end{cases}$ + 30 + 26 + 43 Länge oben = 1 m Länge unten = 1 m Gewicht in g = 156,897	- 64 + 35 - 78 + 40 158,776 + 0,703	+ 81 + 54 + 18 + 66 140,012 + 0,531	- 62 + 26 - 8 + 5 159,431 + 0,440
1895 26. October $T = + 11,0^{\circ}$	- 348 - 372 - 375 - 389 Länge oben = 1 m Länge unten = 1 m	- 176 - 98		
1896 21. Februar $T = + 30,8^{\circ}$	$\begin{cases} - 853 \\ - 870 \\ - 948 \end{cases}$ Länge oben = 1 m Länge unten = 1 m Gewicht in g = 156,306			- 692 220,157 220,175 (35 Min. später)

Datum und Temperatur	Stab 13	Stab 14	Stab 15	Stab 24
1896 6. März $T = + 30,6^{\circ}$	Länge oben = 1 m	- 720	- 674	- 673 - 41
	Länge unten = 1 m	- 728	- 1122	- 544
	Gewicht in g =	153,149	205,255	220,039 - 0,118
1896 31. März $T = + 19,2^{\circ}$	Länge oben = 1 m	- 382 + 338	- 349 + 325	- 365 + 308
	Länge unten = 1 m	- 308 + 420	- 628 + 434	- 265 + 279
	Gewicht in g =	156,889 + 3,740	207,884 + 2,529	222,904 + 2,865
1896 16. April $T = + 11,3^{\circ}$	Länge oben = 1 m	- 270 + 112	- 259 + 90	- 259 + 106
	Länge unten = 1 m	- 201 + 107	- 493 + 135	- 171 + 94
	Gewicht in g =	158,908 + 2,019	209,231 + 1,347	224,513 + 1,609
1896 9. Mai $T = + 12,3^{\circ}$	Länge oben = 1 m	- 247 + 23	- 220 + 39	- 217 + 42
	Länge unten = 1 m	- 186 + 15	- 409 + 84	- 127 + 44
	Gewicht in g =	159,606 + 0,668	210,089 + 0,858	225,593 + 1,030

Aichungs-Commission gemessen, ihr Gewicht durch einfache Wägungen bestimmt.

Es wurde an allen Beobachtungstagen sowohl die obere wie die untere Seite der Stäbe gemessen, wodurch sich Verziehungen meistens leicht constatiren liessen; zwischen diesen beiden Messungsreihen wurden die Wägungen ausgeführt.

Da nur die Abendstunden zur Verfügung standen, musste, um möglichst alle Stäbe an einem Abend zu messen und zu wägen, was im Jahre 1896 immer geschah, mit grosser Schnelligkeit gearbeitet werden. Trotzdem wäre die Ausführung in der beabsichtigten Weise, namentlich bei den höchsten Temperaturen, als im Comparatorsaal in Kopfhöhe eine Temperatur von beinahe 35° C. herrschte, kaum möglich gewesen, wenn mir nicht meine Frau, welche mir auch bei den Rechnungen viel geholfen hat, beim Justiren der Stäbe, wie durch Protocollführung in dankenswerthester Weise assistirt hätte. So war es möglich, meist in 3—4 Stunden eine volle Beobachtungsreihe durchzuführen.

Der Gang der Temperatur im Comparatorsaal wurde mit einem Richard'schen Thermographen registrirt. In Taf. 1 ist er durch Punkte, zwischen denen linear interpolirt werden kann, wiedergegeben. Darunter ist auf demselben Blatt in gleicher Weise die relative Feuchtigkeit, die durch ein gewöhnliches Psychrometer ermittelt wurde, aufgezeichnet. Es sei bemerkt, dass Controllmessungen mit einem Assmann'schen Aspirationspsychrometer bis auf 1 Proc. übereinstimmende Resultate ergaben.

Die Temperaturänderung des Raumes wurde ausser am 31. März 1896 stets ohne Zutritt neuer Luft bewirkt, — die Erwärmung durch Anstecken von mehr oder weniger Gasflammen, die sich zwischen den umhüllenden doppelten Zinkwänden befinden, — die Abkühlung durch Abstellen von Flammen, durch die natürliche Wirkung der Abnahme der Aussentemperatur oder durch Zuführung kalter Luft zwischen die Zinkwände mittels Ventilators.

Die *reducirten Beobachtungsergebnisse* sind für die vier Gruppen von Stäben auf p. 8—15 zusammengestellt. Die grossen Zahlen geben in $0,001\text{ mm} = 1\text{ }\mu$ die Längen auf der oberen und unteren Seite der Stäbe an und in g die Gewichte

der Stäbe; die kleinen Zahlen daneben sind die Veränderungen in Länge und Gewicht, die die Stäbe an dem betreffenden Beobachtungstage gegen die Werthe am vorigen zeigen, ebenfalls in μ und g. Für die Längen stehen öfter mehrere Werthe da; dies hat seinen Grund darin, dass einige Striche so schlecht gezogen waren, dass man besonders nach der Imprägnirung bei der Einstellung zweifelhaft sein konnte. Es wurden in diesen Fällen mehrere Stellen des Striches — im Protocoll genau definirt — nacheinander eingestellt.

Die Unsicherheit der Messungen dürfte $10 \mu = 0,01 \text{ mm}$, die der Wägungen 10 mg kaum übersteigen. Dies ist bei der Grösse der Aenderungen von Länge und Gewicht (auf p. 214 bis 221) in kleiner Schrift) mehr als ausreichend. Die Aenderungen gehen in längeren Perioden, z. B. vom 17. December (negativ) bis 6. März, und 6. März (positiv) bis 9. Mai im Gewicht bis zu 10 g , in der Länge bis zu $0,7 \text{ mm}$. Eine wesentliche Wirkung des Streichens oder Imprägnirens zeigt sich nicht; nur die am stärksten imprägnirten, fast doppelt so schwer gewordenen Stäbe scheinen etwas geringere Aenderungen zu erleiden. Das Oel scheint, wenigstens bei der angewandten Art der Imprägnirung, nur in die weiten Poren des Holzes einzudringen, während die feinsten Poren für die Luftfeuchtigkeit frei bleiben.

Ob bei längerer Dauer des Processes und bei Anwendung höheren Druckes, oder ob nur durch Anwendung anderer Imprägnirflüssigkeit das gewünschte Resultat zu erreichen ist, erscheint zweifelhaft. Vielleicht wird ein neuerdings in Amerika eingeschlagenes Verfahren, das auf der Idee beruht, die Holzfeuchtigkeit nicht zu entfernen und durch andere Stoffe zu ersetzen, sondern durch 8—12 stündiges Zusammenpressen unter 10—14 Atmosphären Druck bei $150\text{--}250^\circ \text{ C}$. in geschlossenen Stahlcylindern unschädlich zu machen, auch für vorliegenden Zweck von Vortheil sein.

Für die Hauptaufgabe — *Abhängigkeit des Holzes von Temperatur und Feuchtigkeit* — dürften aus der für die nächste Zeit in Aussicht genommenen strengen Bearbeitung der Resultate auf p. 214 und 215 und durch weitere Versuche positive Ergebnisse wohl erzielt werden.

Die starke Abhängigkeit der Längenänderung des Holzes

von der relativen Feuchtigkeit dürfte aber schon aus einer Vergleichung der Längenwerthe einiger Stäbe, z. B. der beiden Stäbe 4 und 5, mit dem Gange der relativen Feuchtigkeit (vgl. Taf. 1) deutlich erkennbar sein. *Die Längenänderung scheint bei Stäben dieser Art und Dicke nahezu proportional der relativen Feuchtigkeit zu erfolgen* und zwar bei mittleren Verhältnissen:

Längenänderung eines Meters 0,01 mm für 1 Proc. Aenderung der relativen Feuchtigkeit.

Ein Ersatz für die Holzplatten bei Präcisionsnivelements wird übrigens vielleicht in der kürzlich erfundenen neuen Legirung von Nickel und Eisen von Ed. Guillaume gefunden werden. Den Vortheil der geringen Ausdehnung des Holzes mit der Temperatur bietet ja das neue Metall in noch höherem Maasse, ohne den Nachtheil der Ausdehnung mit der Feuchtigkeit zu besitzen. Der Vorzug des Holzes vor Metall wegen seiner Leichtigkeit bei gleichzeitiger Festigkeit dürfte sich vielleicht annähernd durch eine geeignete Form, etwa hohle H- oder Doppel-T-Form erreichen lassen.

Berichtigung

zur Arbeit von H. Rubens und H. Trowbridge: Beitrag zur Kenntniss der Dispersion und Absorption ultrarother Strahlen in Steinsalz und Sylvin.¹⁾ In der zweiten mit n überschriebenen Columnne der Tab. I auf p. 733 sind durch ein Versehen fünf Zahlen angegeben, welche einer anderen Tabelle angehören. Die Tab. I lautet richtig:

Steinsalz. $\varphi = 10^\circ 53' 0''$.

$\alpha_D - \alpha_\lambda$	n	λ uncorrigirt	λ corrigirt	λ berechnet
—	1,5441*	0,589 μ	—	0,589
—	1,5030*	8,67	—	8,67
32' 19''	1,4951	9,88	9,95 μ	10,00
41 55	1,4805	11,85	11,88	12,00
53 39	1,4627	13,94	13,96	14,00
1° 7' 55''	1,4410	15,81	15,89	16,00
1 25 9	1,4148	17,37	17,93	18,00
	1,3785**	20,57	—	20,57
	1,3403**	22,3	—	22,3

$$b^2 = 5,1790, \quad M_1 = 0,018\,496, \quad M_2 = 8977,0,$$

$$\lambda_1^2 = 0,01621, \quad \lambda_2^2 = 3149,3.$$

Ferner ist in Tab. II Columnne 2 Zeile 5 statt 1,4162 1,4102 zu lesen.

1) H. Rubens u. A. Trowbridge, Wied. Ann. 60. p. 724. 1897.

Druck von Metzger & Wittig in Leipzig.