

# Prague Magnetic Records Digitization & Use

Pavel Hejda  
Institute of Geophysics of the ASCR, Prague  
ph@ig.cas.cz

# Prague Observatory

## Klementinum

Jesuits College established in 1556  
since 1622 Jesuits administered  
Charles University and transfer-red  
the University library to  
Klementinum

Astronomical Observatory  
(Observatorium Regium Pragense)  
established in 1751

meteorological observations –  
started in 1752, continuous series  
of meteorological observations  
since 1775

meteorology became more impor-  
tant than astronomy in 19<sup>th</sup> century

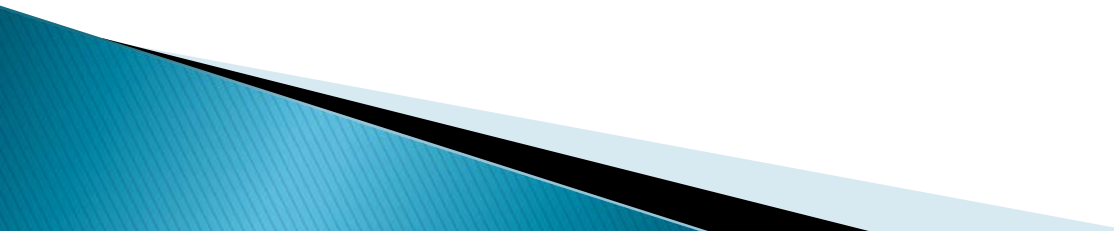


# Karl Kreil (1798 – 1862)

- ▶ study of law, but in 1823 he decided to give it up and to devote exclusively to the mathematical and physical sciences
- ▶ 1827 – assistant at the observatory of the Vienna University
- ▶ 1831 – assistant at the observatory de la Brera of Milan; he introduced there magnetic observations
- ▶ 1836 – member of Goettingen Magnetic Union
- ▶ 1838 – assistant at the Prague Observatory



# Prague magnetic observations

- ▶ Kreil took care of meteorological observations, however his main interest was in magnetism (there were too many unsolved questions)
  - ▶ regular magnetic observations were started in July 1839 (175<sup>th</sup> anniversary)
  - ▶ observations were carried out manually and written in daybooks
- 

# Prague magnetic observations

Tägliche  
Magnetische Beobachtungen  
der Declination und  
horizontalen Intensität  
vom 28. Juli bis 1. October  
1840.

Werthe eines Scalentheiles  
für die Declination =  $27''.2261$   
für die hor. Intensität =  $\frac{1}{17770}$

29 Juli  
(23° 18' 37") (12° 10' 30")  
411.0 407.75 319.0 326.00  
407.5 7.10 308.5 6.60  
403.5 6.85 310.5 6.50  
406.7 6.65 324.5 6.00  
410.2 6.65 335.0 5.90  
406.6 406.90 344.7 326.16  
403.1 342.5  
330.1  
316.4

(0 18 40) (0 20 33)  
411.3 302.2 321.00  
409.3 409.65 306.0 1.50  
408.0 9.50 317.0 1.50  
410.0 9.50 332.0 1.75  
411.0 9.50 339.8 1.80  
409.0 9.60 337.0 321.51  
408.2 409.55 326.0  
311.5 411.06  
Mitt = 431.0 303.8 322.11

(1 18 40) (1 20 33)  
409.2 331.7 340.45  
403.9 409.20 340.0 0.25  
409.2 8.95 348.5 0.25  
414.0 9.10 352.3 0.15  
409.0 9.00 349.2 0.25  
404.0 9.10 340.5 340.27  
409.2 409.07 332.0  
328.0  
331.3

5th

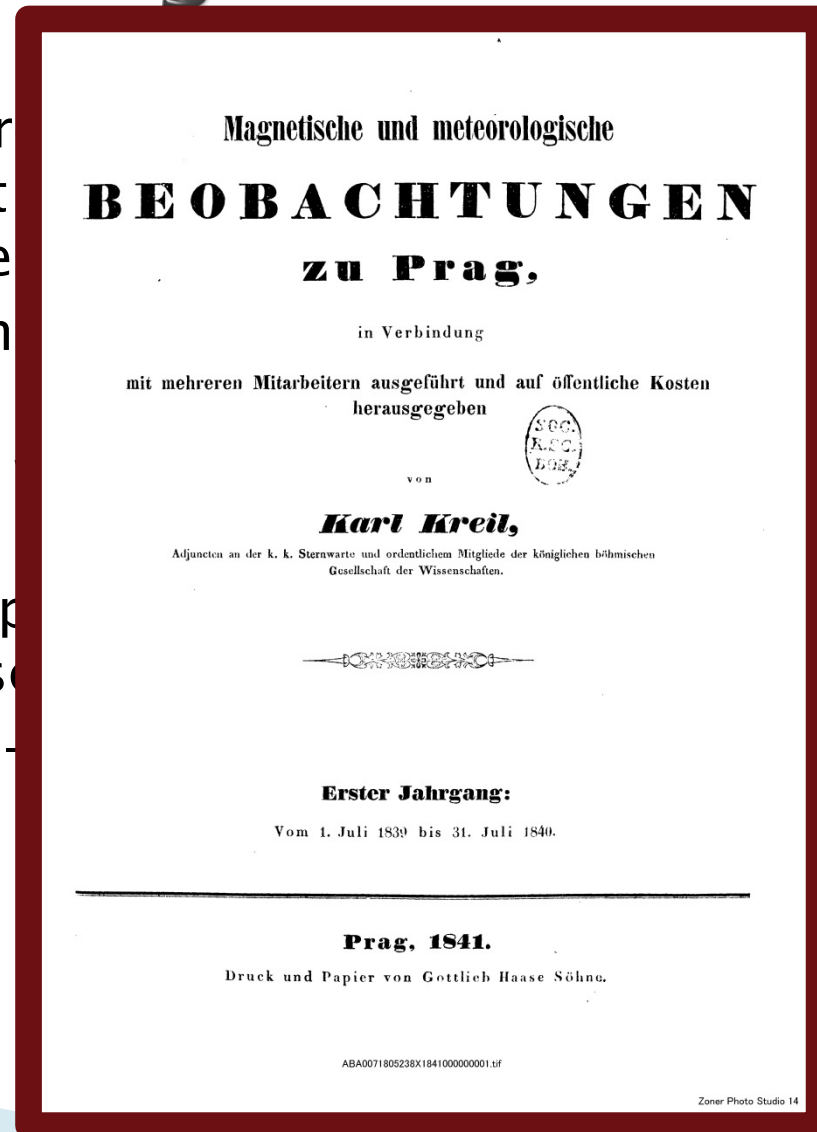
# Prague magnetic observations

- ▶ Kreil took care of meteorological observations, however his main interest was in magnetism (there were too many unsolved questions)
- ▶ regular magnetic observations were started in July 1839 (175<sup>th</sup> anniversary)
- ▶ observations were carried out manually and written in daybooks
- ▶ **results were printed in the yearbooks *Magnetische und meteorologische Beobachtungen zu Prag***
- ▶ Vol. 1 (1839 – 1840), ..., Vol. 78 (1917)



# Prague magnetic observations

- ▶ Kreil took careful observations, however his main interest was in meteorology, too many unsolved questions
- ▶ regular magnetic observations (on the anniversary of the founding of the city of Prague)
- ▶ observations were recorded in daybooks
- ▶ results were published in a series of meteorological papers
- ▶ Vol. 1 (1839 - 1840)



s, however his too many

July 1839 (175<sup>th</sup>

written in

tische und

# Prague magnetic observations

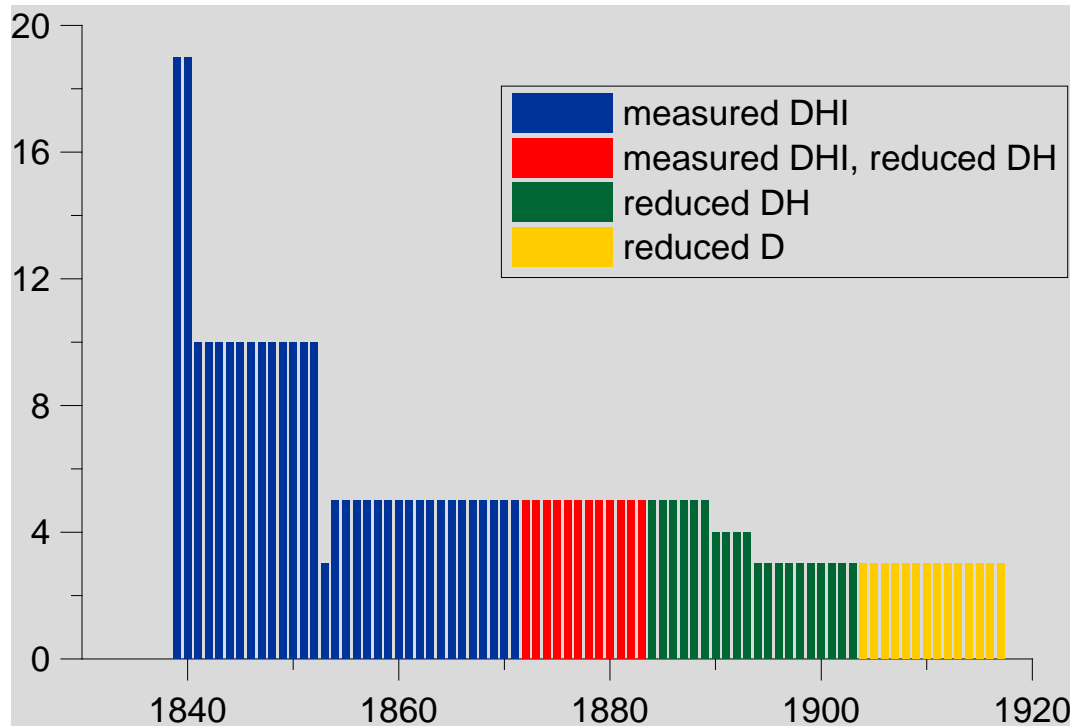
- ▶ Kreil took care of meteorological observations, however his main interest was in magnetism (there were too many unsolved questions)
- ▶ regular magnetic observations were started in July 1839 (175<sup>th</sup> anniversary)
- ▶ observations were carried out manually and written in daybooks
- ▶ results were printed in the yearbooks *Magnetische und meteorologische Beobachtungen zu Prag*
- ▶ Vol. 1 (1839 – 1840), ..., Vol. 78 (1917)
- ▶ **all volumes are available in the Central library of the Academy of Sciences**
- ▶ **Institute of Geophysics arranged for their digital images**



# Magnetic records in yearbooks

- ▶ regular daily observations (Goettingen astronomical time)
- ▶ absolute measurements
- ▶ Term-observations – simultaneous observations on all observatories of the Goettingen Magnetic Union
  - once per month
  - 5 minute time resolution
- ▶ more frequent (2 minute resolution) observations during geomagnetic storms

# Regular daily observations



Number of observations per day

measured DHI

- ▶ scale-divisions and temperature
- ▶ from August 1844 to April 1850 also 5 minute change  $\Delta$

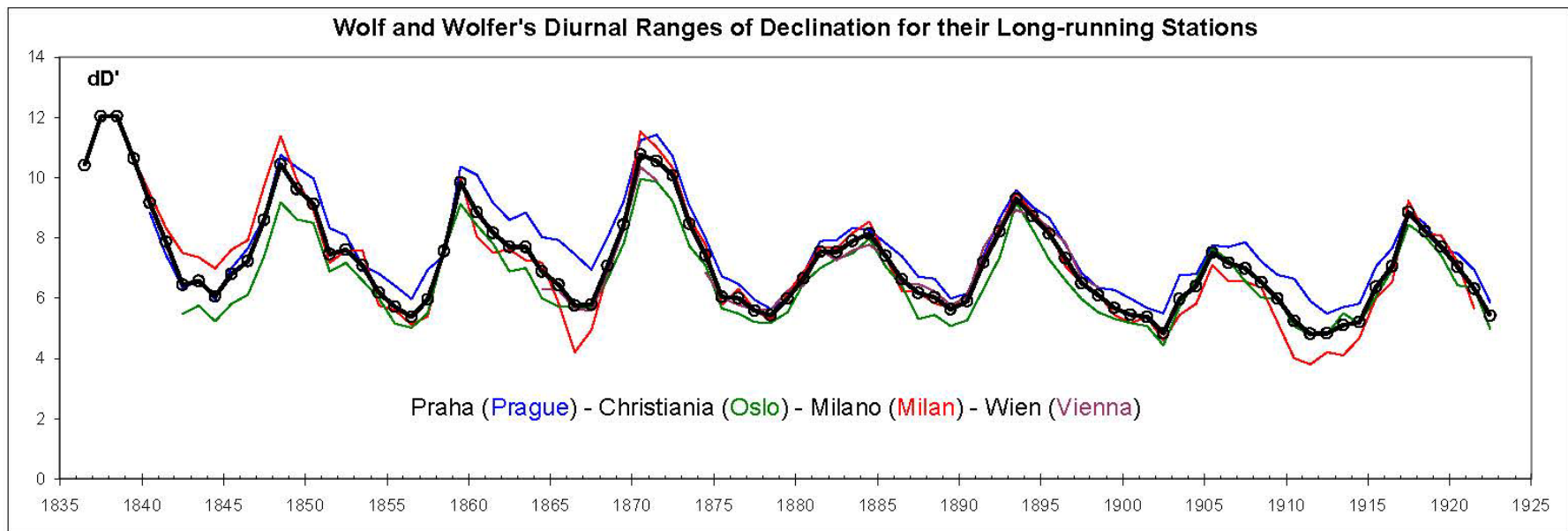
decreasing number of observations around 1900 is related to the increasing urban noise

# Editors of the Beobachtungen

- ▶ 1839 – Karl Kreil
  - ▶ 1847 – Karl Kreil, Karl Jelinek
  - ▶ 1850 – Josef Böhm, Adalbert Kuneš
  - ▶ 1853 – Josef Böhm, Franz Karlinski
  - ▶ 1862 – Josef Böhm, Moritz Allé
  - ▶ 1867 – August Murmann
  - ▶ 1868 – Karl Hornstein, August Murmann
  - ▶ 1869 – Carl Hornstein
  - ▶ 1882 – Gustav Gruss
  - ▶ 1883 – L. Weinek
  - ▶ 1913 – Artur Scheller
  - ▶ 1917 – Adalbert Prey
- 

# Used in the past ...

- ▶ Thanks to the printed form the data were available in all relevant institutions and various compilations were created.
- ▶ e.g. Wolf's data on diurnal ranges of declination (from presentation of Leif Svalgaard at SSN3)



# Used in the past ...

- ▶ thanks to the printed form the data were available in all relevant institutions and various compilations were created.
- ▶ e.g. Wolf's data on diurnal variation of declination (from presentation of Leif Svalgaard at SSN3)
- ▶ **our computer age allow for systematic digitization that can be used for any purpose**
  - also for data analysis
  - finding of errors

# Digitization

- ▶ Although OCR was a part of the scanning, the resulting \*.txt files could not be used for too many errors.



Februar 1860.

Horizontále Intensitát.

Werth eines Scalentheiles = 0,00036654.

Temperatur-Coëfficiënt =\* 3,483 Scalentheile.

X= 1,9674 - 0,00036654 (H - 3,483i°).

25

í !	18i		1		20h		22'		9h	...._.. i
JU	1	Intens.	Temp.	0 1	Intens.	Temp.	Intens.	Temp.	Intens.	leuin. o
Temp. j	0									
				0		0				
1	159,5	+ 1,8	160,5	+ 1,9	102,S	+ 1.9	162,6	+ 1.T	159.1	+ 1.5
2	158,8	1,5	159.3	1,5	161,2	U	161.1	1.7	15 9.5	í.5
3	158,8	1,3	158,9	1,3	161,3	M	16 Li	1.4	15S.7	1,0
4	156,6	0,8	157,5	1,0	159,3	1.0	159.6	0,9	157J	0.7 1
5	157,6	0,5	155,9	0,6	155,5	0,7	158,5	0,8	157,2	0,7
6	157,2	0.6	158,5	1,0	159,9	U	159,6	1,0	15 7,4	1.0
7	157,7	0,8	157,9	1,0	159,7	U	159,4	1,1	157,6	1,0
8	156,7	0.9	158,3	1,0	160,1	1,2	160.6	1,2	158,5	1,1 1
9	156,4	1>	156,6	1,4	160,1	1,5	160,2	1,5	159.0	1,4
10	155,6	1,2	156,5	1,4	160,1	1,5	161,8	1,5	162,6	1,1 í i i

## Februar 1860.

### Horizontale Intensitát.

Werth eines Scalentheiles = 0,00036654. Temperatur-Coëfficiënt = 3,483 Scalentheile. Constante = 1,9674.

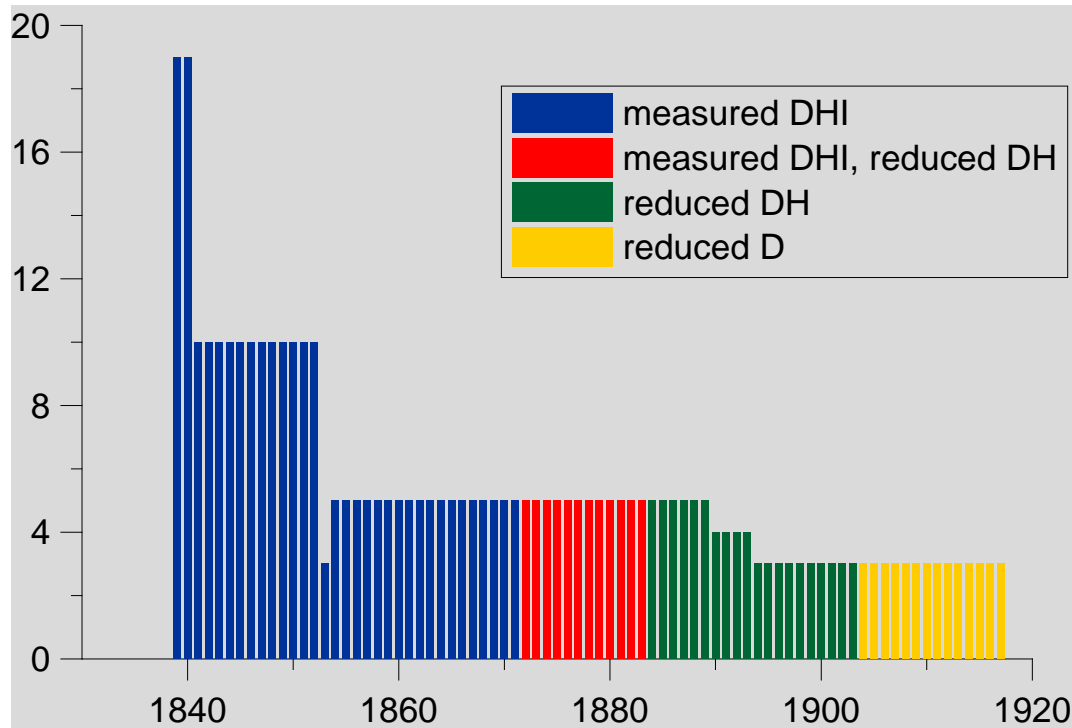
X = 1,9674 - 0,00036654 (H - 3,483i°).

Tag	18h		20h		22h		2h		10h	
	Intens.	Temp.	Intens.	Temp.	Intens.	Temp.	Intens.	Temp.	Intens.	Temp.
1	159,5	+ <sup>0</sup> 1,8	160,5	+ <sup>0</sup> 1,9	162,8	+ <sup>0</sup> 1,9	162,6	+ <sup>0</sup> 1,7	159,4	+ <sup>0</sup> 1,5
2	158,8	1,5	159,3	1,5	161,2	1,7	161,1	1,7	159,5	1,5
3	158,8	1,3	158,9	1,3	161,3	1,4	161,4	1,4	158,7	1,0
4	156,6	0,8	157,5	1,0	159,3	1,0	159,6	0,9	157,1	0,7
5	157,6	0,5	155,9	0,6	155,5	0,7	158,5	0,8	157,2	0,7
6	157,2	0,6	158,5	1,0	159,9	1,1	159,6	1,0	157,4	1,0
7	157,7	0,8	157,9	1,0	159,7	1,1	159,4	1,1	157,6	1,0
8	156,7	0,9	158,3	1,0	160,1	1,2	160,6	1,2	158,5	1,1
9	156,4	1,2	156,6	1,4	160,1	1,5	160,2	1,5	159,0	1,4
10	155,6	1,2	156,5	1,4	160,1	1,5	161,8	1,5	162,6	1,1
11	159,6	0,9	158,6	1,0	159,5	1,0	160,2	0,9	156,0	0,5

# Digitization

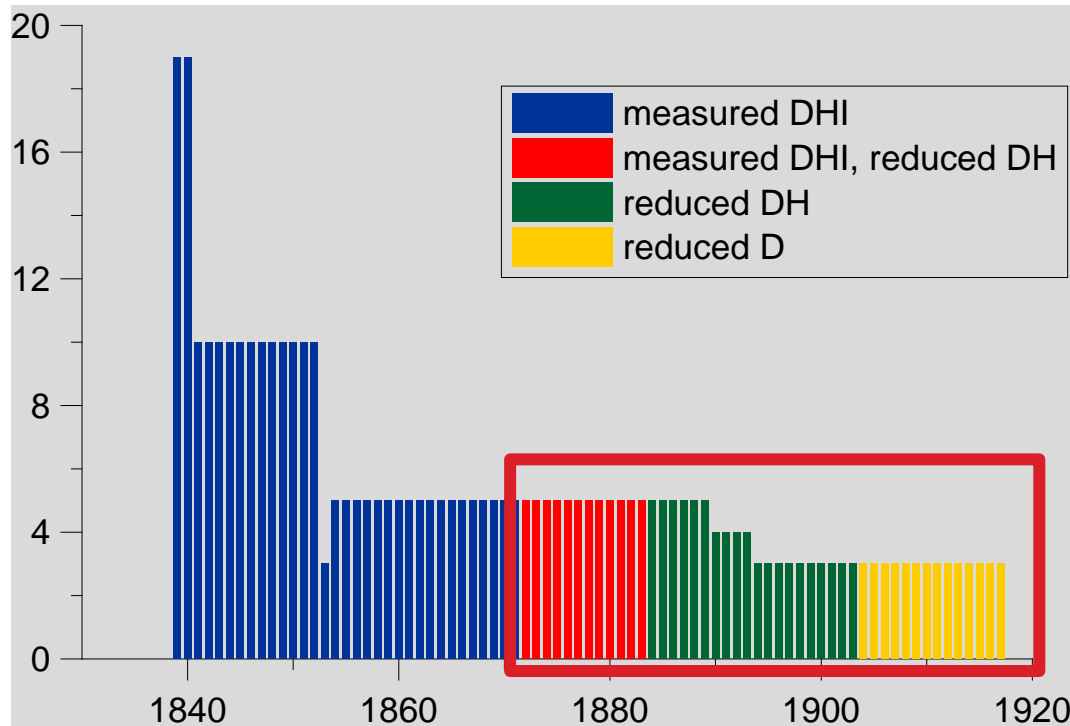
- ▶ Although OCR was a part of the scanning, the resulting \*.txt files could not be used for too many errors.
- ▶ The data are typed by hand to Excel files
  - primary data check: monthly means can be simply computed and compared with monthly means in yearbooks
- ▶ Already digitized

# Already digitized



Number of observations per day

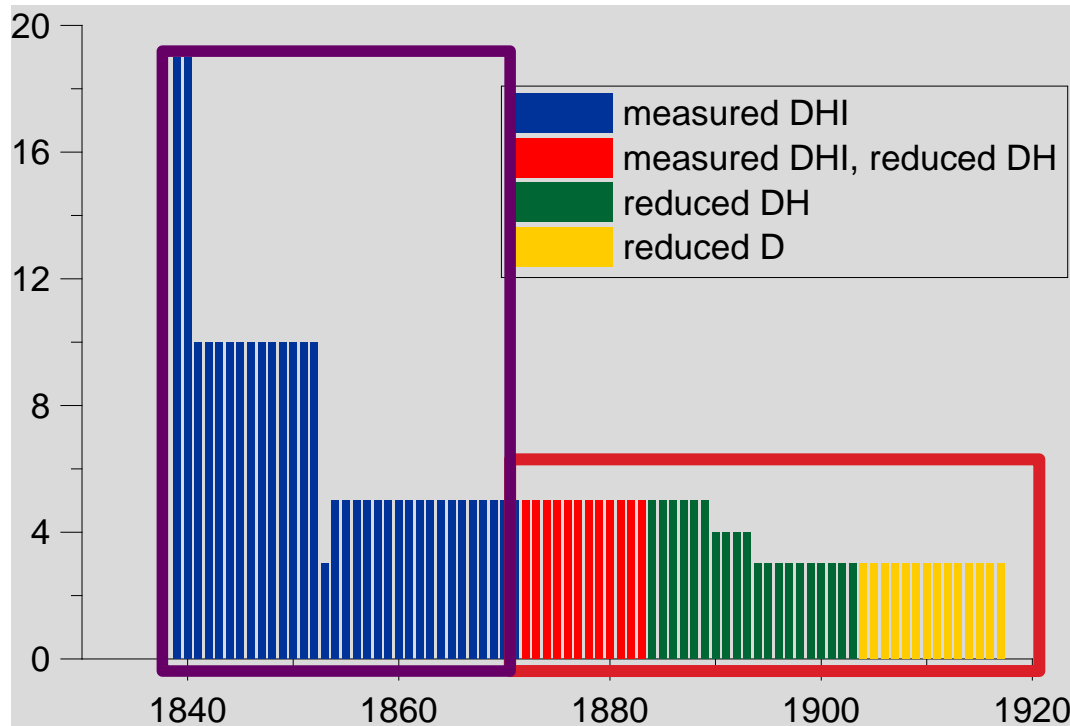
# Already digitized



All reduced data

Number of observations per day

# Already digitized



Horizontal  
component from  
1844 to 1871

All reduced data

Number of observations per day

# Data reduction (calibration)

$$X = c \pm a (M \pm bt)$$

X horizontal intensity [Gauss emu ( $=10^4$  nT)]

M measured h.i. [scale\_divisions]

t temperature

a scaling factor

b temperature coefficient

c offset

**Februar 1860.**

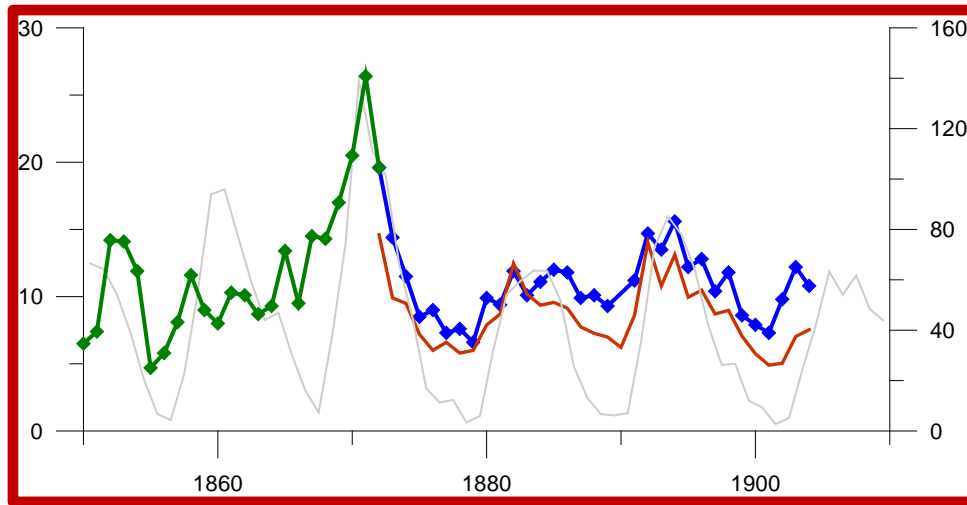
**H o r i z o n t a l e I n t e n s i t ä t.**

Werth eines Scalentheiles  $= 0,00036654$ . Temperatur-Coëfficient  $= 3,483$  Scalentheile. Constante  $= 1,9674$ .  
 $X = 1,9674 - 0,00036654 (M - 3,483t^0)$ .

Tag	18h		20h		22h		2h		10h	
	Intens.	Temp.	Intens.	Temp.	Intens.	Temp.	Intens.	Temp.	Intens.	Temp.
1	159,5	+1,8 <sup>0</sup>	160,5	+1,9 <sup>0</sup>	162,8	+1,9 <sup>0</sup>	162,6	+1,7 <sup>0</sup>	159,4	+1,5 <sup>0</sup>
2	158,8	1,5	159,3	1,5	161,2	1,7	161,1	1,7	159,5	1,5



# Example: IDV index (preliminary!)



based on reduced data  
published in Beobachtungen

**IDV09 model**

(provided by L. Svalgaard)

based on reduction of  
published measured (=non-  
scaled) data

Too low values around 1860 (cf. Beer, Cliver: Reconstructing solar wind B: A parallel exercise).

As IDV is nearly non-sensitive to offset and temperature coefficient, the scaling factor should be checked

Die Ermittlung des Temperatur- $\text{Coëfficienten}$  zur Reduction der Angaben des Biflars geschah auf dem im Jahrg. XVI und den folgenden eingeschlagenen Wege. Bezeichnen wir mit  $X$  die horizontale Intensität, mit  $\delta X$  deren Variation, mit  $M$  wie in den früheren Bänden die Angaben des Biflars, mit  $k$  und  $C$  constante Zahlen, so haben wir unter Berücksichtigung des oben erhaltenen Werthes eines Scalentheiles — und dass bei der stattgehabten Lage des Magnetstabes bei wachsender Intensität die Zahlen der Scala abnehmen —

$$\begin{cases} \frac{\delta X}{X} = -0,0003663 M + k(t - t_0) \\ X = C + \delta X. \end{cases}$$

Für die vorliegenden Beobachtungen nun wird es genügend genau sein, den Nenner von  $\frac{\delta X}{X}$  in der ersten Gleichung durch den constanten und genäherten Werth 1,937 zu ersetzen, wodurch durch Substitution von  $\delta X$  aus der ersten Gleichung in die zweite sich ergibt:

$$X = c - 0,0007059 M + bt^*)$$

als Form für die zwischen den absoluten Bestimmungen und den Angaben des Variationsapparates anzusetzenden Bedingungsgleichungen, in welchen  $c$  und  $b$  nach der Methode der kleinsten Quadrate zu bestimmende Constante bedeuten.

Auf diese Weise ergeben sich aus den oben angeführten 14 Intensitätsmessungen:

$$c = 1,9170$$

$$b = 0,002702$$

und hiemit die Verwandlungsformel:

$$\text{Horizontale Intensität} = 1,9170 - 0,0007095 [M - 3,808 \cdot t]$$

deren Vergleichung mit den beobachteten Horizontalintensitäten in der 8<sup>ten</sup> Columnne des obigen Tableau enthalten ist. Diese Formel gilt für die Zeit von Juni 1867 bis zu Ende des Jahres, während welcher Zeit das Biflar unberührt blieb. Für die ersten Monate des Jahres, Januar bis April, behalten wir den eben ermittelten Temperatur- $\text{Coëfficienten}$  bei, desgleichen den neuen Werth eines Scalentheiles, und erhalten hiemit aus den absoluten Bestimmungen des Vorjahres (Jahrg. XXVII pag. IV) für  $c$  den Werth

$$1,9829.$$

Die im Register der Variationsbeobachtungen enthaltenen Monatmittel der horizontalen Intensität in Scalentheilen — von denen das für April eigentlich nur auf Beobachtungen von April 1—12 beruht — liefern hiedurch die folgenden

**Monatmittel der horizontalen Intensität in absolutem Maasse.**

1867	18h	20h	22h	2h	10h
Januar .....	1,9354	1,9346	1,9341	1,9349	1,9350
Februar .....	1,9376	1,9369	1,9360	1,9367	1,9362
März .....	1,9373	1,9363	1,9353	1,9365	1,9374
April .....	1,9396	1,9385	1,9376	1,9400	1,9400
Mai .....					
Juni .....	1,9356	1,9337	1,9338	1,9366	1,9373
Juli .....	1,9301	1,9290	1,9283	1,9275	1,9320
August .....	1,9281	1,9268	1,9262	1,9297	1,9297
September .....	1,9268	1,9246	1,9242	1,9268	1,9272
October .....	1,9300	1,9287	1,9274	1,9294	1,9301
November .....	1,9328	1,9324	1,9311	1,9318	1,9325
December .....	1,9359	1,9360	1,9356	1,9358	1,9353

\*) In den Jahrgängen XVII—XXVII findet bezüglich der Verwandlung der Angaben des Biflars in hor. Intens. durchwegs eine Verwechslung statt zwischen dem Werthe eines Theilstriches in Theilen der horizontalen Intensität und dem Werthe eines Theilstriches im absoluten Maasse, indem die für den ersteren gefundene Zahl an die Stelle des letzteren gesetzt wurde.

Die Ermittlung des Temperatur-Coefficienten zur Reduction der Angaben des Biflars geschah auf dem im Jahrg. XVI und den folgenden eingeschlagenen Wege. Bezeichnen wir mit  $X$  die horizontale Intensität, mit  $\delta X$  deren Variation, mit  $M$  wie in den früheren Bänden die Angaben des Biflars, mit  $k$  und  $C$  constante Zahlen, so haben wir unter Berücksichtigung des oben erhaltenen Werthes eines Scalentheiles — und dass bei der stattgehabten Lage des Magnetstabes bei wachsender Intensität die Zahlen der Scala abnehmen —

$$\begin{cases} \frac{\delta X}{X} = -0,0003663 M + k(t - t_0) \\ X = C + \delta X. \end{cases}$$

Für die vorliegenden Beobachtungen nun wird es genügend genau sein, den Nenner von  $\frac{\delta X}{X}$  in der ersten Gleichung durch den constanten und genäherten Werth 1,937 zu ersetzen, wodurch durch Substitution von  $\delta X$  aus der ersten Gleichung in die zweite sich ergibt:

$$X = c - 0,0007059 M + bt^*$$

als Form für die zwischen den absoluten Bestimmungen und den Angaben des Variationsapparates anzusetzenden Bedingungsgleichungen, in welchen  $c$  und  $b$  nach der Methode der kleinsten Quadrate zu bestimmende Constante bedeuten.

Auf diese Weise ergeben sich aus den oben angeführten 14 Intensitätsmessungen:

$$c = 1,9170$$

$$b = 0,002702$$

und hiemit die Verwandlungsformel:

$$\text{Horizontale Intensität} = 1,9170 - 0,0007095 [M - 3,808 \cdot t]$$

deren Vergleichung mit den beobachteten Horizontalintensitäten in der 8<sup>ten</sup> Columnne des obigen Tableau enthalten ist. Diese Formel gilt für die Zeit von Juni 1867 bis zu Ende des Jahres, während welcher Zeit das Biflar unberührt blieb. Für die ersten Monate des Jahres, Januar bis April, behalten wir den eben ermittelten Temperatur-Coefficienten bei, desgleichen den neuen Werth eines Scalentheiles, und erhalten hiemit aus den absoluten Bestimmungen des Vorjahres (Jahrg. XXVII pag. IV) für  $c$  den Werth

$$1,9829.$$

Die im Register der Variationsbeobachtungen enthaltenen Monatmittel der horizontalen Intensität in Scalentheilen — von denen das für April eigentlich nur auf Beobachtungen von April 1—12 beruht — liefern hiedurch die folgenden

#### Monatmittel der horizontalen Intensität in absolutem Maasse.

1867	18h	20h	22h	2h	10h
Januar .....	1,9354	1,9346	1,9341	1,9349	1,9350
Februar .....	1,9376	1,9369	1,9360	1,9367	1,9362
März .....	1,9373	1,9363	1,9353	1,9365	1,9374
April .....	1,9396	1,9385	1,9376	1,9400	1,9400
Mai .....					
Juni .....	1,9356	1,9337	1,9338	1,9366	1,9373
Juli .....	1,9301	1,9290	1,9283	1,9275	1,9320
August .....	1,9281	1,9268	1,9262	1,9297	1,9297
September .....	1,9268	1,9246	1,9242	1,9268	1,9272
October .....	1,9300	1,9287	1,9274	1,9294	1,9301
November .....	1,9328	1,9324	1,9311	1,9318	1,9325
December .....	1,9359	1,9360	1,9356	1,9358	1,9353

\*) In den Jahrgängen XVII—XXVII findet bezüglich der Verwandlung der Angaben des Biflars in hor. Intens. durchwegs eine Verwechslung statt zwischen dem Werthe eines Theilstriches in Theilen der horizontalen Intensität und dem Werthe eines Theilstriches im absoluten Maasse, indem die für den ersteren gefundene Zahl an die Stelle des letzteren gesetzt wurde.

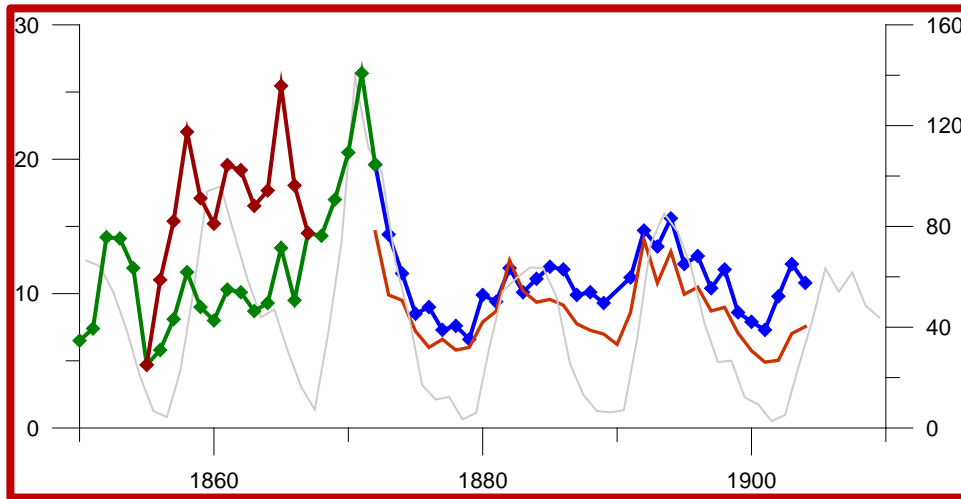
# Problem of scaling

\*) In den Jahrgängen XVII—XXVII findet bezüglich der Verwandlung der Angaben des Bifilare in hor. Intens.' durchwegs eine Verwechslung statt zwischen dem Werthe eines Theilstriches in Theilen der horizontalen Intensität und dem Werthe eines Theilstriches im absoluten Maasse, indem die für den ersteren gefundene Zahl an die Stelle des letzteren gesetzt wurde.

by mistake, the scaling factors presented in Volumes XVII (1856) to XXVII (1866) were not related to physical units (Gauss) but to the horizontal intensity (about 1.9 Gauss)

⇒ scaling factor and IDV must be multiplied by 1.9

# Example: IDV index (preliminary!)



based on reduced data  
published in Beobachtungen

**IDV09 model**

(provided by L. Svalgaard)

based on reduction of  
published measured (=non-  
scaled) data

corrected data between 1856  
and 1866

The word “preliminary!” in the title is still relevant.

Magnetische und meteorologische  
**B E O B A C H T U N G E N**  
zu Prag.

Auf öffentliche Kosten herausgegeben

von

**Dr. Jos. G. Böhm,**

Ritter des öster. k. k. Franz Jos., des dän. k. Dannebrog- u. d. sächs. k. Albrecht-Ordens, Inhaber der ö. k. k. gr. g. C. Verd. Med. mit der Kette, der dän. k. g. Verd. Med. am Bande, der öster. k. k. Tiroler Erinnerungs-Med. etc. etc., Mitglied mehrerer gelehrten Akademien und Vereine, k. k. o. ö. Prof. der Astronomie, Director der k. k. Sternwarte, k. k. Schulrath etc. etc.

und

**Dr. Moritz Allé,**

Adjunct der kaiserl. königl. Sternwarte.



**Siebenundzwanzigster Jahrgang:**

Vom 1. Januar bis 31. December 1866.

---

**Prag, 1867.**

Druck der k. k. Hofbuchdruckerei von Gottlieb Haase Söhne.

ABA0071805238X1867000000001.tif

Zoner Photo Studio 14

Magnetische und meteorologische  
**B E O B A C H T U N G E N**  
zu Prag.

Auf öffentliche Kosten herausgegeben

von

**Dr. August Murmann,**

Adjunct der kaiserl. königl. Sternwarte.



**Achtundzwanzigster Jahrgang:**

Vom 1. Januar bis 31. December 1867.

---

**Prag, 1868.**

Druck der k. k. Hofbuchdruckerei von Gottlieb Haase Söhne.

ABA0071805238X18680000000001.tif

Zoner Photo Studio 14



# Concluding remarks

- ▶ Processing of historical data is nothing for impatient (key information is scattered among many pages of details)
  - ▶ Horizontal intensity is prone to crucial errors
  - ▶ Products (indices) based on declination are more reliable
  - ▶ Comments, suggestions, information about other historical magnetic data are welcome
  - ▶ [ph@ig.cas.cz](mailto:ph@ig.cas.cz)
- 