



Institut für Thermodynamik

Prof. Dr.-Ing. S. Kabelac



Universität der
Bundeswehr
FB Maschinenbau

Auswertung einer experimentellen Versuchsreihe zur Schwarzkörperstrahlung

im Auftrag von Herrn
Eugen Mihailescu

Hamburg, im Juli 2002

1. Einführung

Die folgende Versuchsauswertung bezieht sich auf experimentelle Untersuchungen, die vom 12. Juni 2002, 9 Uhr bis 14. Juni 2002, 17 Uhr in Glastonbury, England auf dem Berg „The Tor“ durchgeführt wurden.

Anwesend waren bei den Messungen Eugen Mihailescu vom [REDACTED] [REDACTED] in Düsseldorf und Christopher Holzknecht vom Institut für Thermodynamik der Universität der Bundeswehr Hamburg.

Die im Anlage beschriebene Versuchsanlage ist von Herrn Mihailescu entwickelt und gebaut worden. Die Initiative für die Messungen, die Auswahl des Materials, des Messortes und der Messzeiten geht vollständig von Herrn Mihailescu aus. Im Anhang befindet sich zusätzlich zur Beschreibung der aktuellen Versuchsanlage eine Karte, [REDACTED]
[REDACTED]
[REDACTED]

Herr Holzknecht hatte bei den Messungen die Aufgabe, die Durchführung zu beobachten und somit das ordnungsgemäße Zustandekommen der Versuchsergebnisse dokumentieren zu können.

Die Versuchsanlage wurde vor Beginn der Messungen, im Zustand, wie sie Herr Mihailescu an den Versuchsort transportierte, unter Anwesenheit von Herrn Holzknecht versiegelt. Eine Manipulation während der Messungen ist nach Ansicht der Autoren¹ somit auszuschließen.

Im direkten Anschluß an die Messungen wurde Herr Holzknecht von Herrn Mihailescu die Dichtigkeit der Anlage durch Auseinanderbauen und Vorzeigen der Dichtungen zur Verhinderung von Lichteintritt in den Versuchsraum demonstriert. Ein Lichteintritt von außen in den Messraum ist nach Ansicht der Autoren somit ebenfalls auszuschließen.

¹ An diesem Bericht haben mitgewirkt Dipl.-Ing. C. Holzknecht sowie Prof. Dr.-Ing. S. Kabelac, Institut für Thermodynamik der Universität der Bundeswehr Hamburg.

2. Zur Berechnung der zu erwartenden Strahlungsleistung in einem Hohlraum

Der Berechnungsvorgang für die zu erwartende Strahlung eines isothermen Hohlraums, ist gegenüber dem Bericht vom 14.12.2002 unverändert. Der Vollständigkeit halber soll er aber auch diesem Bericht nochmals aufgeführt werden.

Die Spektrale Energiedichte u in einem vollkommen isothermen Hohlraum der thermodynamischen Temperatur T berechnet sich nach Kabelac [1] gemäß der Planckschen Formel:

$$u(\lambda, T) = \frac{8\pi hc}{\lambda^5} \cdot \frac{1}{\exp\left(\frac{hc}{k\lambda T}\right) - 1} \quad (1)$$

als Funktion der Wellenlänge λ und der Temperatur T .

Hierbei haben die Konstanten folgende Werte:

$$h = 6,6260755 \cdot 10^{-34} \text{ Js} \quad (\text{Plancksches Wirkungsquantum})$$

$$c = 299792458 \text{ m/s} \quad (\text{Lichtgeschwindigkeit im Vakuum})$$

$$k = 7,5658 \cdot 10^{-16} \text{ J/K} \quad (\text{Boltzmann-Konstante})$$

Die spektrale Energiedichte u ergibt sich dann in $\frac{\text{J}}{\text{m}^3 \cdot \text{m}}$. Zur Veranschaulichung soll die Energie und die Anzahl an Photonen *aller Wellenlängen* in 1 cm^3 bei 20°C ($=293,15 \text{ K}$) in einem Hohlraum berechnet werden. Es wird hierbei die Energiedichte über alle Wellenlängen integriert und bei der Berechnung der Photonenzahl, die Energiedichte durch die Energie eines Photons der Wellenlänge λ geteilt:

$$n(T) = \int_0^\infty \frac{u(\lambda, T)}{e(\lambda)} d\lambda.$$

Die Energie eines Photons $e(\lambda)$ der Wellenlänge λ berechnet sich aus $e(\lambda) = \frac{hc}{\lambda}$. Für

die Energie in 1 cm^3 bei 20°C ergibt sich ein Wert von

$$U(293,15K) = \int_0^{\infty} u(\lambda, 293,15K) d\lambda \cdot 1\text{cm}^3 = 5,59 \cdot 10^{-12} J$$

Die Anzahl der Photonen bei 20°C berechnet sich zu:

$$N(20^\circ\text{C}) = n(20^\circ\text{C}) \cdot 1\text{ cm}^3 = 511\,082\,892 \text{ Photonen.}$$

Diese Photonen verteilen sich extrem unterschiedlich auf die verschiedenen Wellenlängen. Bei Einschränkung des Wellenlängenbereichs auf 160 – 630 nm (der Bereich, in dem für den gewählten Detektor P30CWAD5-22 der Firma electron tubes die quantum efficiency QE ungleich Null ist) ergibt sich für die Anzahl an Photonen bei 20°C in 1 cm³:

$$N(20^\circ\text{C}) = 0,19 \cdot 10^{-21} \text{ Photonen.}$$

Um im zeitlichen Mittel ein einziges Photon in diesem Wellenlängenbereich in einem Raum zu haben, müsste man also einen Raum in Form eines Würfels der Kantenlänge 171 km zur Verfügung stellen.

Für die Berechnung der Strahlung durch eine gedachte Fläche im Hohlraum, muss Gl. 1 mit dem Faktor $c/4$ multipliziert werden. Die spektrale flächenspezifische Strahlungsenergie M in $\text{W}/\text{m}^2\text{m}$ durch eine Fläche in einem Hohlraum berechnet sich gemäß:

$$M(\lambda, T) = u(\lambda, T) \cdot \frac{c}{4}.$$

Die Orientierung der Fläche ist beliebig, da die Hohlraumstrahlung vollkommen isotrop ist.

In Abb. 1 ist M grafisch dargestellt für die Temperaturen 15, 20, 25 °C für den durch den Detektor vorgegebenen Wellenlängenbereich.

Zu beachten ist hier die extreme Breite der Größenordnungen, welche die spektrale Strahlungsenergie durchläuft.

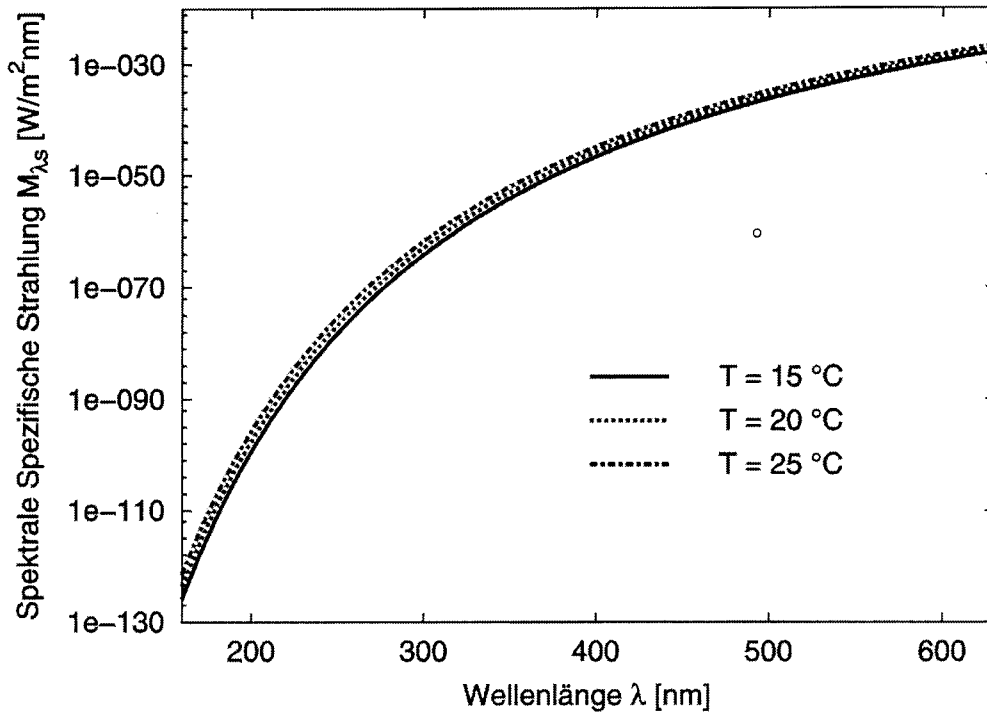


Abb. 1: Spektrale Spezifische Strahlungsenergie durch eine Fläche im Hohlraum bei unterschiedlichen Temperaturen

Mit einer Fläche des Detektorfensters von $A = 2,9 \text{ cm}^2$ und einem betrachteten Wellenlängenbereich von 160 nm bis 630 nm ergibt sich eine aus dem Hohlraum in den Detektor einfallende Strahlungsleistung von

$$P = A \cdot \int_{160 \text{ nm}}^{630 \text{ nm}} M(\lambda, 20^\circ \text{C}) d\lambda = 1,35 \cdot 10^{-32} \text{ W}$$

und ein Photonenstrom durch diese Fläche von

$$\dot{N} = \int_{160 \text{ nm}}^{630 \text{ nm}} \frac{M(\lambda, 20^\circ \text{C})}{e(\lambda)} d\lambda = 0,42 \cdot 10^{-13} \text{ s}^{-1}.$$

D.h. im Mittel wird alle 100 Jahre ein Photon durch das Fenster des Detektors durchtreten.

3. Zur Berechnung der zu erwartenden Counts durch den Detektor

Auch die Berechnung der zu erwartenden Counts weicht vom bereits erwähnten Bericht vom 14.12.2001 nur unwesentlich ab. Das Dark count level des Detektors ist jedoch im Laufe des Jahres auf ca. 5 s^{-1} abgesunken. Dies ergaben Messungen, die von Herrn Mihailescu in Düsseldorf am 27. März und 2. Juni 2002 durchgeführt wurden. Auch hier der Vollständigkeit halber die Beschreibung des Berechnungsvorgangs.

Zusätzlich zu den tatsächlich einfallenden Photonen zeigt der Detektor eine Grundzählrate, sog. Dark Counts, an. Diese müssen, um auf die zu erwartende Anzeige des Detektors zu kommen, zu den aufgrund der Strahlung zu erwartenden Counts addiert werden.

Die Anzahl der dark counts ist abhängig von der Betriebszeit des Gerätes (bei der Durchführung der Messungen ca. 100 Betriebsstunden) und von der Temperatur. Im betrachteten Temperaturbereich von $15 - 25 \text{ }^\circ\text{C}$ wurde die Anzahl der dark counts als konstant angenommen. Aus Abb. 2 wird jedoch deutlich, dass ab diesem Bereich ein starker Anstieg der Counts auftritt. Die Anzahl der Dark Counts zur Betriebszeit der durchgeführten Experimente ist wie oben beschrieben mit ca. 5 s^{-1} gegeben.

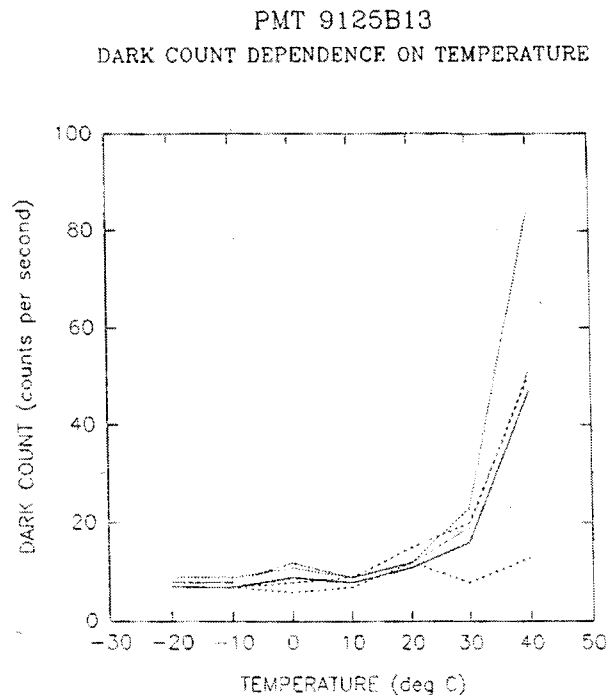


Abb. 2: Abhängigkeit der dark counts von der Temperatur (nach ca. 300 Betriebsstunden)

Unter Berücksichtigung der Tatsache, daß die Umsetzung eines einfallenden Photons in einen Count mit einem Wirkungsgrad < 1 behaftet ist (Quantum efficiency QE) und daß dieser Wirkungsgrad wellenlängenabhängig ist, wird die Anzahl der Counts kleiner. Die von dem Hersteller des Detektors electron tubes bezogene Tabelle, die den Verlauf von QE über der Wellenlänge für den vom Auftraggeber gewählten Detektor P30CWAD5-22 zeigt, ist in Abb. 3 dargestellt.

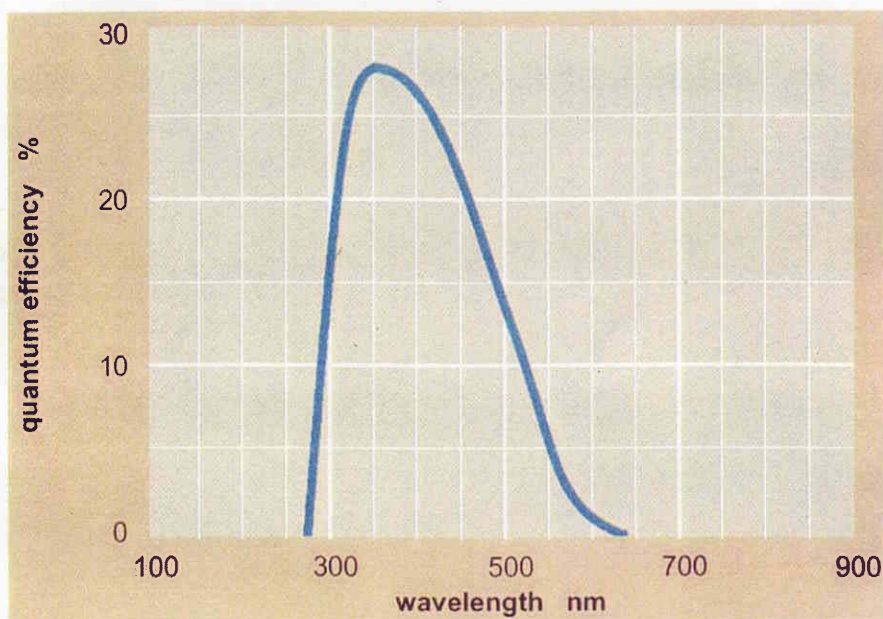


Abb. 3: QE für den Detektor P30CWAD5-22 der Firma electron tubes

Die spektrale spezifische Ausstrahlung verändert sich im betrachteten Bereich um ca. 100 Größenordnungen (s. Abb. 1). D.h. entscheidend ist vor allem der Bereich bei großen Wellenlängen im Bereich 600 nm. Es soll hier der Vollständigkeit halber eine Rechnung im Bereich von 600-630 nm unter Berücksichtigung der richtigen Werte für den QE-Wert durchgeführt werden, das Ergebnis kann durch eine Berücksichtigung von QE jedoch nur kleiner werden. Der in Abb. 3 dargestellte Verlauf soll im betrachteten Bereich durch die angepasste Funktion

$$QE(\lambda) = \left[1 - \frac{1}{30 \cdot 10^{-9}} (\lambda / nm - 600 \cdot 10^{-9}) \right] \%$$

angenähert werden. Für die Anzahl der Counts pro Zeit ergibt sich dann ohne Berücksichtigung der „dark counts“ ein Photonenstrom von:

$$\dot{N} = \int_{600nm}^{630nm} \frac{M(\lambda, 20^\circ C)}{e(\lambda)} \cdot QE(\lambda) \cdot d\lambda = 0,10 \cdot 10^{-15} s^{-1}.$$

Der sehr geringe zu erwartende Photonenstrom bedeutet, daß der Detektor die Hohlraumstrahlung in diesem Bereich praktisch nicht detektieren kann. Es ist also zu erwarten, daß ausschließlich die „dark counts“ auf der Anzeige erscheinen.

Nach den bisherigen Ausführungen sind unter Annahme einer isothermen Hohlraumstrahlung folgende Zählraten zu erwarten:

$$15^\circ C: \quad n_C = 5 s^{-1}$$

$$20^\circ C: \quad n_C = 5 s^{-1}$$

$$25^\circ C: \quad n_C = 5 s^{-1}$$

Weitere denkbare Einflussgrößen wie Erdstrahlung, Radioaktivität, Höhenstrahlung, Strahlung elektrischer Bauelemente wurden geprüft und sind im hier relevanten Wellenlängenbereich aufgrund der Bauart des Zählers und der Versuchsanordnung auszuschließen, ebenso kann der Einfall von Licht in den Hohlraum durch die Bauweise ausgeschlossen werden. Der ausgeprägte Tagesgang spricht ebenfalls gegen derartige systematische Fehler.

Da bei den Messungen aber tatsächlich eine Zählrate detektiert wurde, die deutlich über der zu erwartenden Zählrate lag, soll nun durch Variation von 2 Parametern geprüft werden, was zu einer (gemessenen) Zählrate im Bereich einiger Tausend Counts pro Sekunde führen kann.

1. Im Bereich $\lambda > 630 \text{ nm}$ sei $QE(\lambda)$ nicht Null, sondern z.B. $1 \cdot 10^{-13}$. Für die Anzahl der Counts ergäbe sich dann ein Wert von:

$$n_C = \int_{630nm}^{1\mu m} \frac{M(\lambda, 20^\circ C)}{e(\lambda)} \cdot QE(\lambda) \cdot d\lambda = 11108 s^{-1}$$

Dieser Wert von QE wurde völlig willkürlich gewählt. Es ist weder dem Hersteller noch uns bekannt, daß es einen Grund für diese Annahme gibt.

2. Unter Berücksichtigung von Photonen im Bereich von 600 nm bis 630 nm mit der o.a. Näherung für QE, ergäbe sich für höhere Temperaturen die folgenden Werte für n_C :

200°C: $n_C = 0,15s^{-1}$

250°C: $n_C = 17,4s^{-1}$

300°C: $n_C = 871s^{-1}$

350°C: $n_C = 23273s^{-1}$

Um in den Bereich der tatsächlichen Zählraten zu kommen (s. Abb. 6a), müsste die Temperatur im Hohlraum nach dieser Variante oberhalb von 250°C gewesen sein, was durch die fortlaufende Messung der Temperatur im Messraum jedoch auszuschließen ist.

4. Versuchsauswertung

In Abb. 5 ist der Verlauf der Außen- und der Messraumtemperatur an den einzelnen Versuchstagen dargestellt. Die Außentemperatur weist deutlich größere Schwankungen auf, als die Temperatur in der Versuchsvorrichtung. Alle Verläufe haben einen Tagesgang, die Temperatur im Messraum „hinkt“ der Außentemperatur nach. Das Maximum der Temperatur im Messraum liegt bei ca. 17 bis 18 Uhr.

In den Abb. 6a und 6b sind die Anzahl der gemessenen Counts pro Sekunde während der Versuchszeit dargestellt. Das Messgerät nimmt alle 10 s einen Wert auf. In Abb. 6a sind die Mittelwerte über jeweils eine Stunde und die Standardabweichung als Schwankungsbreite über der Zeit aufgetragen. Es ist ein deutlicher Zusammenhang zwischen der Messraumtemperatur in Abb.6 und den gemessenen Mittelwerten der Counts zu beobachten. Die Standardabweichung erhöht sich erwartungsgemäß bei großen Steigungen im Count-Verlauf. Deutlich wird die Diskrepanz zwischen erwarteter Strahlung (=Null + dark counts) und der gemessenen Strahlung.

Abb. 6b zeigt die gespeicherten Extremwerte während einer Stunde. Die Abstände zwischen den gemessenen Minima und Maxima sind nur unwesentlich größer als die Standardabweichung im betrachteten Zeitintervall. Dies bedeutet, dass in etwa eine kontinuierliche Schwankung zwischen gemessenen Minima und Maxima aufgetreten sein muss.

Die Abb. 7a und 7b zeigen den Einstrahlwinkel der Sonne am Versuchsort und die gemessene Einstrahlung über der Versuchszeit. Der Sonnenwinkelverlauf (von Horizont bis zur Sonne) zeigt einen flacheren Anstieg und Abschwung als der Verlauf der gemessenen solaren Einstrahlung. Die Einbrüche bei der solaren Einstrahlung sind durch die Bewölkung erklärbar. Der merkliche zeitliche Anstieg bei ca. 7 Uhr und der Abschwung auf Null bei ca. 21 Uhr ist bei beiden Verläufen identisch.

Um einen Vergleich der möglichen Einflussgrößen auf die gemessene Strahlung zu ermöglichen, wurde in den Abb. 8, 9 und 10, jeweils für die 3 Versuchstage, die Temperatur, die gemessenen Counts und der Sonnenwinkelverlauf in einem Diagramm aufgetragen. Alle Größen wurden zum Zweck der Darstellbarkeit mit dem jeweils größten Tageswert reduziert, so dass alle ein Maximum bei 1 durchlaufen. Das Maximum des Sonnenstands ist an allen 3 Versuchstagen ca. 3 bis 4 Stunden vor den Maxima von Temperaturverlauf im Messraum und Countverlauf erreicht. Der

qualitative Verlauf der Counts und der Temperatur, insbesondere die Maxima stimmen zeitlich überein.

Hamburg, im Juli 2002

A handwritten signature in black ink, appearing to read 'C. Holzkecht', written in a cursive style.

Dipl.-Ing. C. Holzkecht

(i. A. auch von Herrn Prof. Dr.-Ing. S. Kabelac)

Im folgenden sind 8 von den Autoren erstellte Abbildungen, sowie 5 Seiten von Herrn Mihailescu als Anhang angefügt.

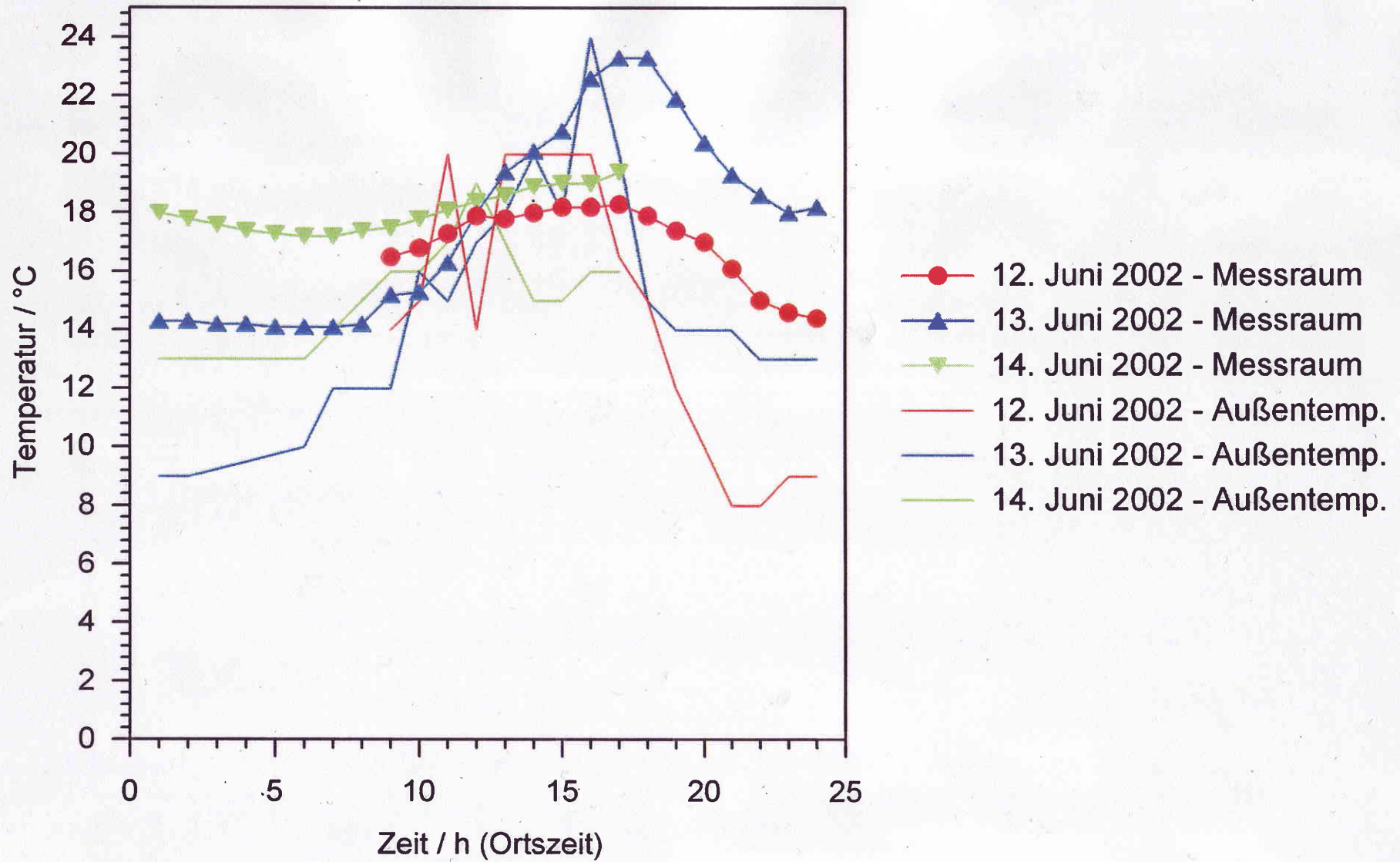


Abb. 5: Temperaturverlauf an den einzelnen Versuchstagen

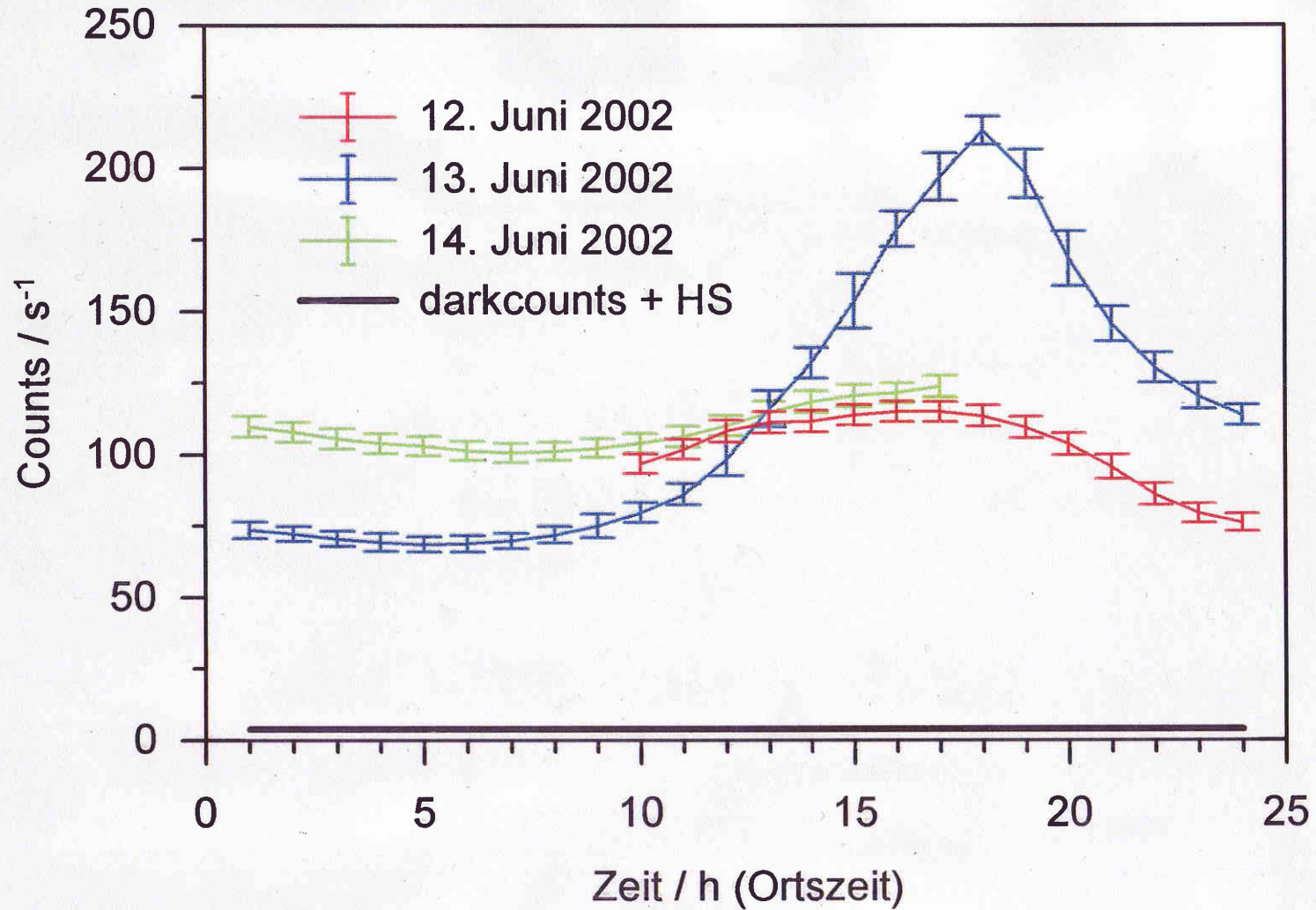


Abb. 6a: gemessener Count-Tagesgang / erwartete Counts (darkcounts und Hohlraumstrahlung)
(Mittelwert für eine Stunde aus Messungen alle 10 s mit Standardabweichung als Schwankungsgröße)

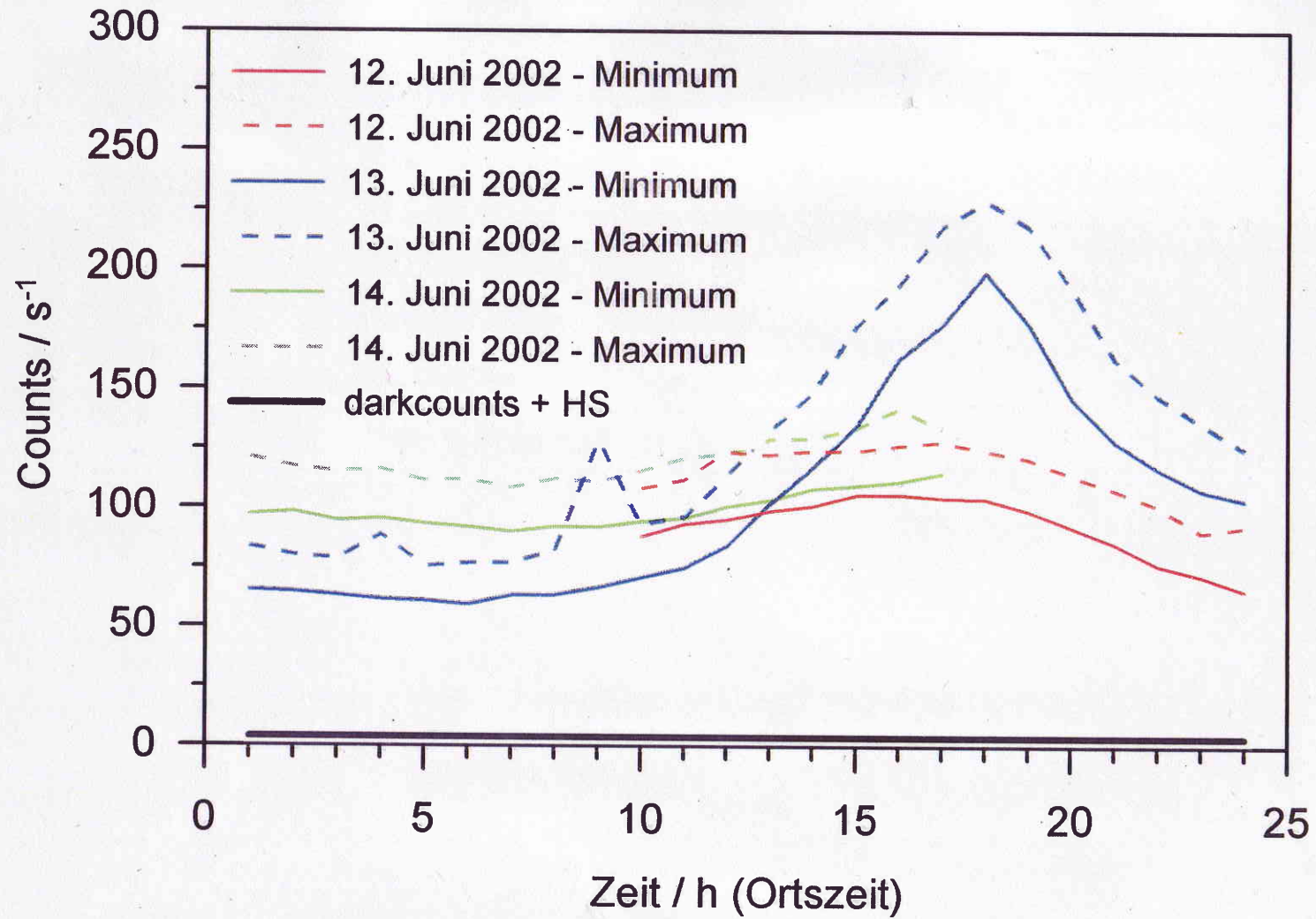


Abb. 6b: gemessener Count-Tagesgang / erwartete Counts (darkcounts und Hohlraumstrahlung) (Minima und Maxima im Zeitintervall von einer Stunde)

Die Berechnung des Zenitwinkels erfolgte nach folgender Formel: $\cos\Theta = \sin(\delta) \cdot \sin(\phi) + \cos(\delta) \cdot \cos(\phi) \cdot \cos(\omega)$

mit δ : Deklination (an den 3 Versuchstagen: 23,44°/23,47°/23,48°)

ϕ : Breitengrad (am Versuchsort: 51,14°)

ω : Stundenwinkel (13 Uhr= 0°, vormittags positiv)

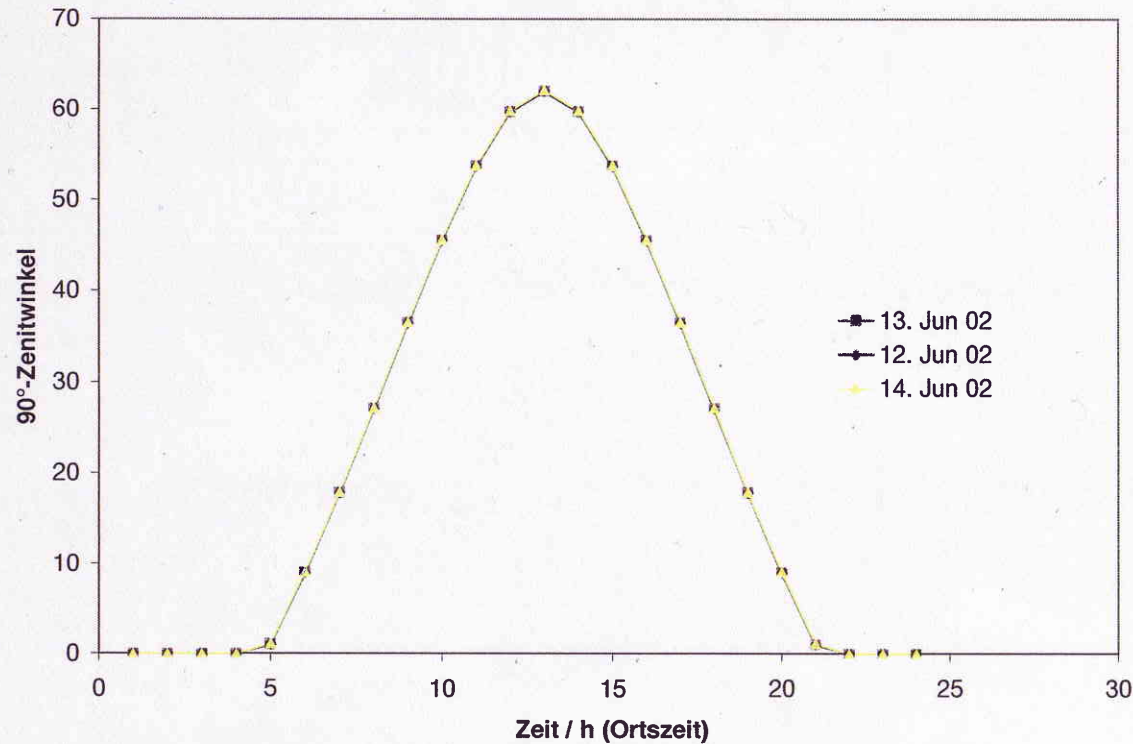


Abb. 7a: 90° - Zenitwinkel (von Horizont zur Sonne) an den einzelnen Versuchstagen

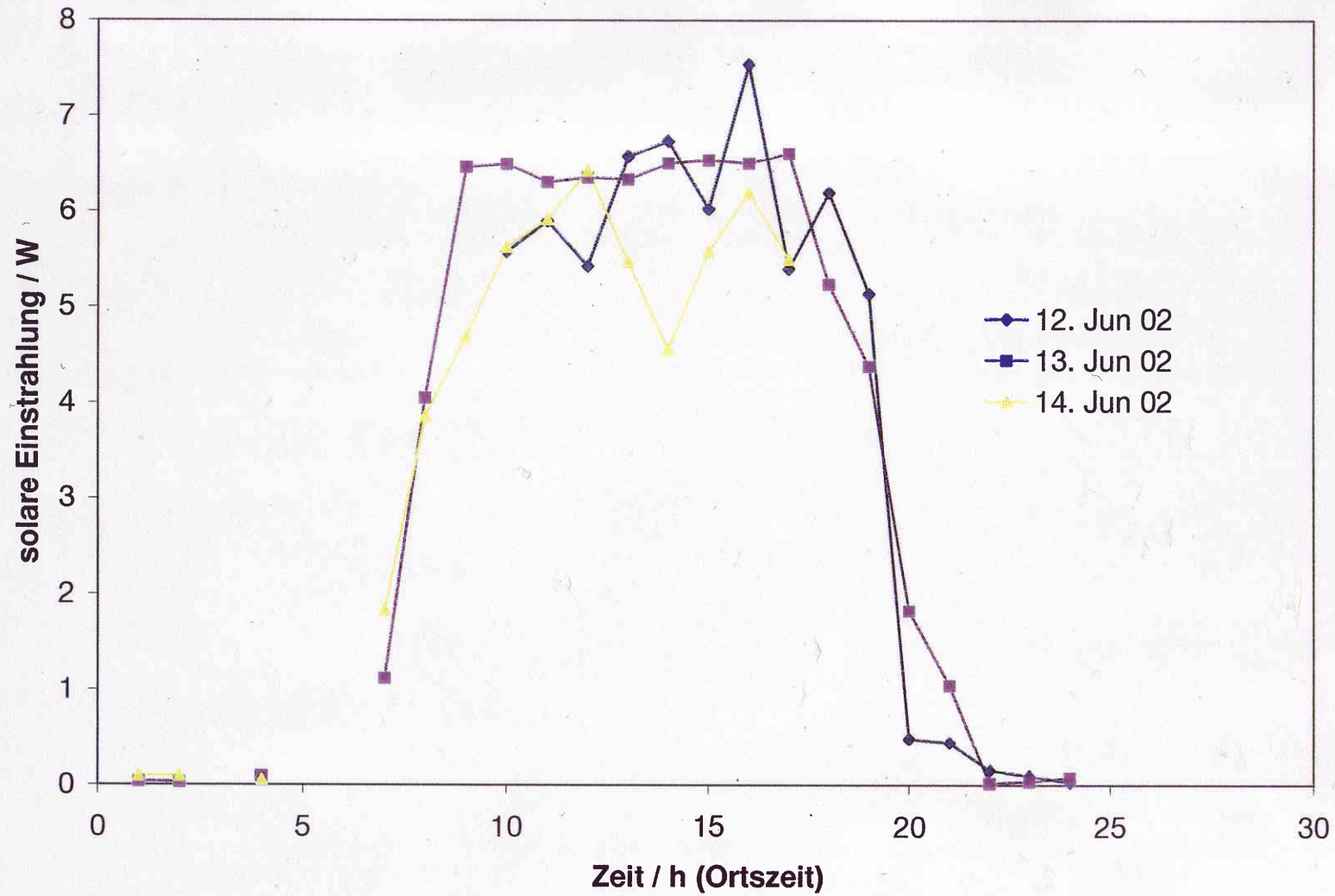


Abb. 7b: gemessene solare Einstrahlung an den einzelnen Versuchstagen

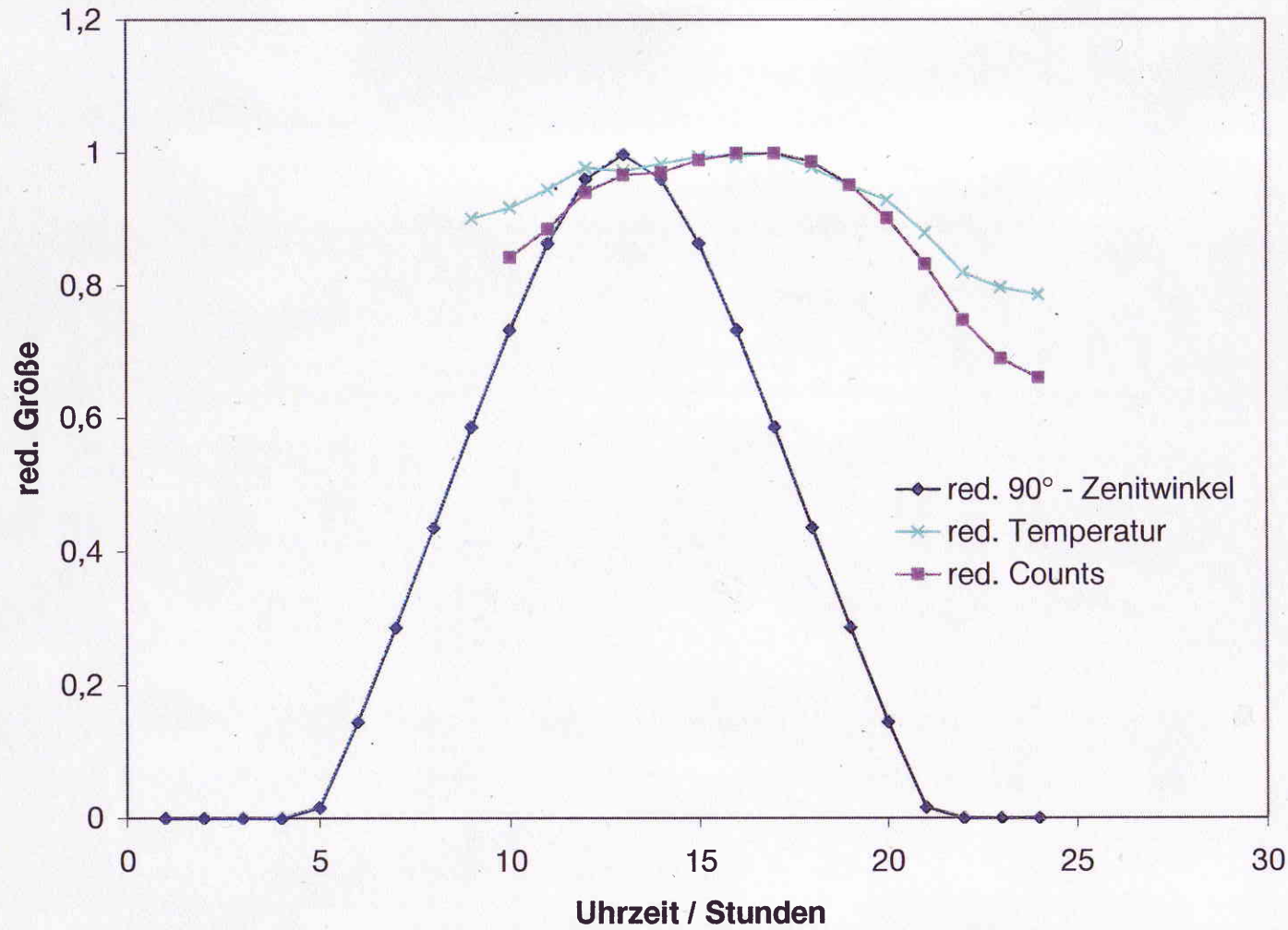


Abb. 8: Tagesgang reduzierter Größen – 12. Juni 2002
(Die Reduzierung erfolgte mit dem größten Tageswert der Reihe)

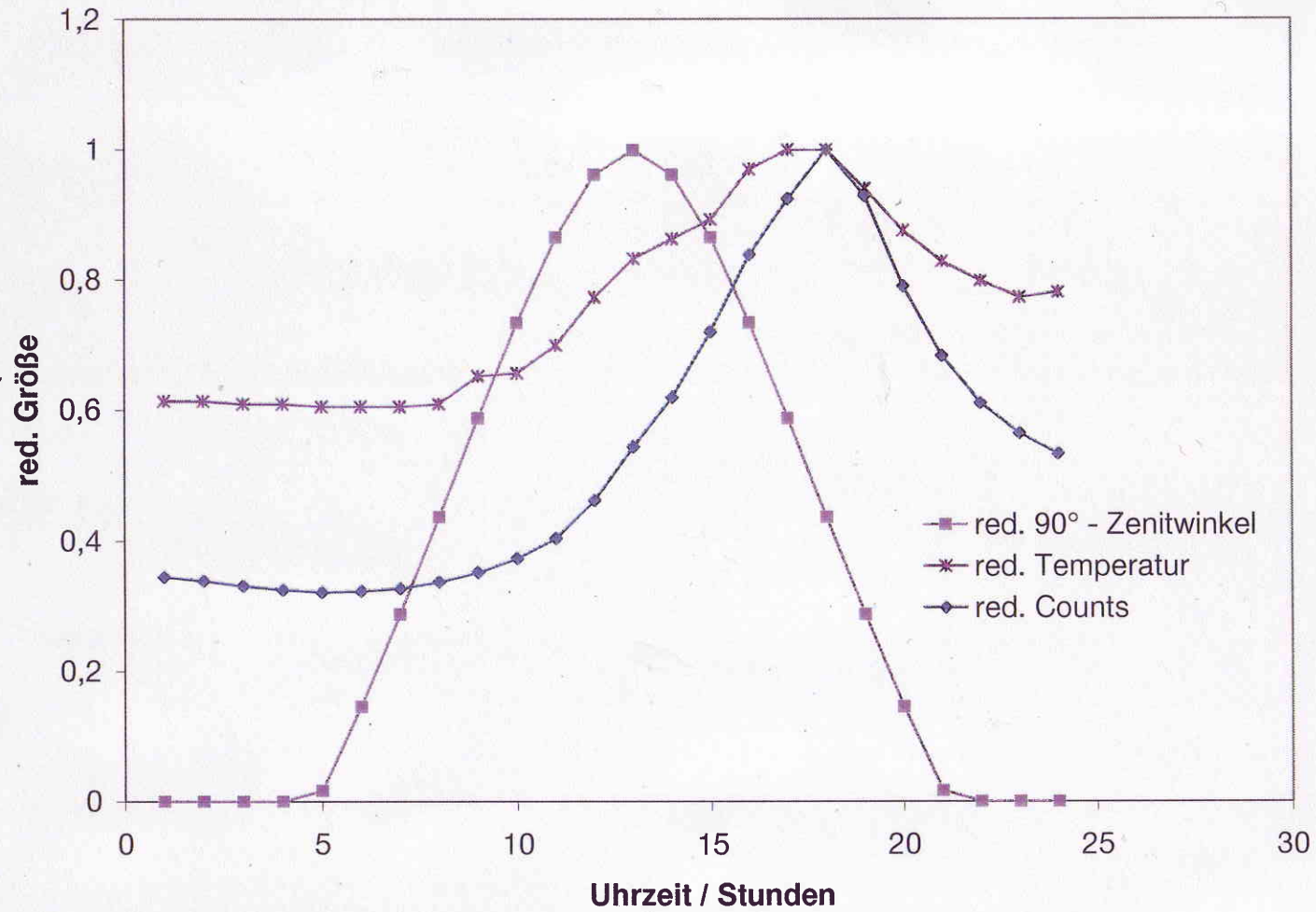


Abb. 9: Tagesgang reduzierter Größen – 13. Juni 2002
(Die Reduzierung erfolgte mit dem größten Tageswert der Reihe)

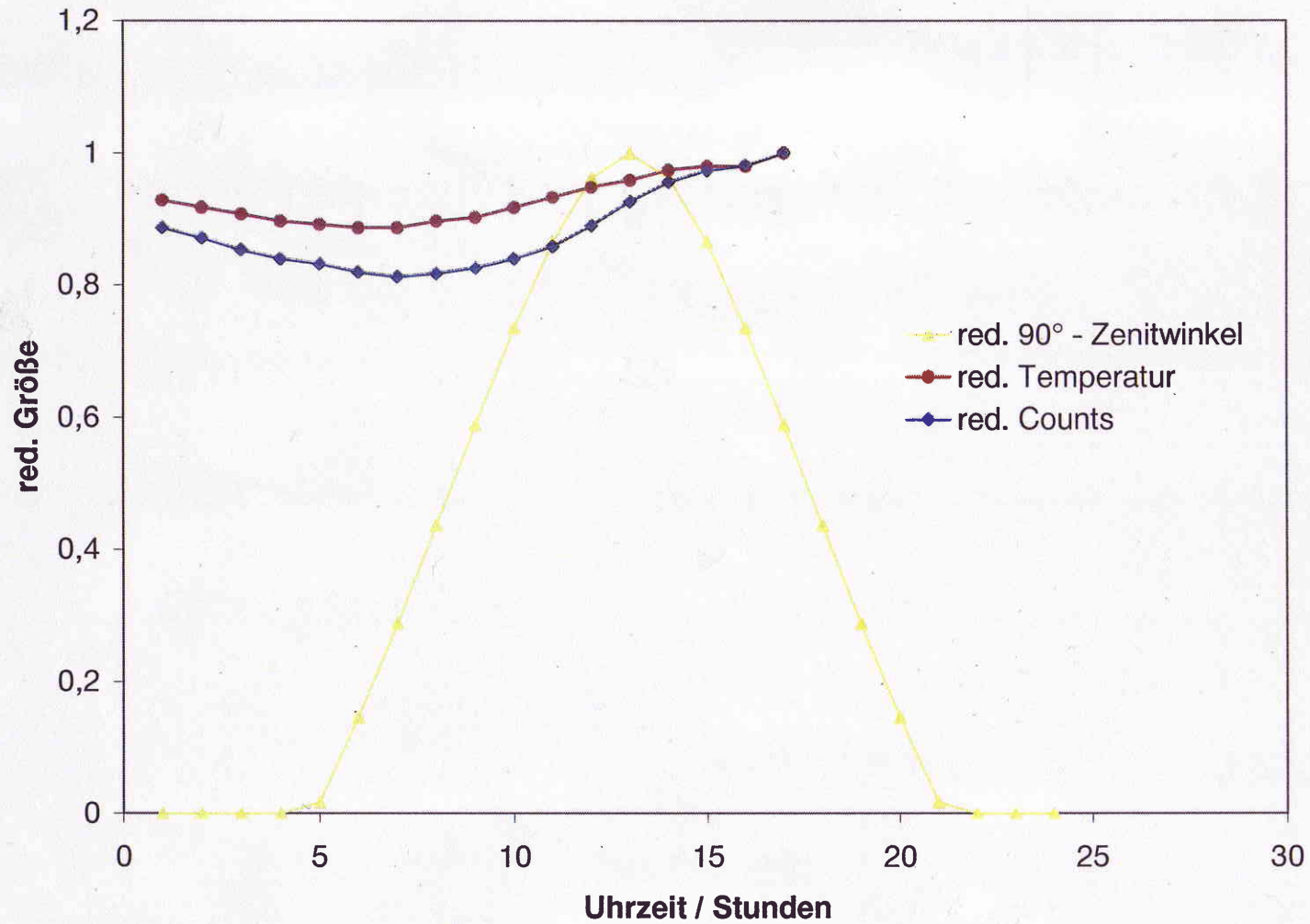


Abb. 10: Tagesgang reduzierter Größen – 14. Juni 2002
(Die Reduzierung erfolgte mit dem größten Tageswert der Reihe)

ANLAGEN

1. Prüfung des dark count Verhalten des Detektors
2. Detektorspezifikationen des Herstellers (3 Seiten)
3. Versuchsanlage – Schnittdarstellung

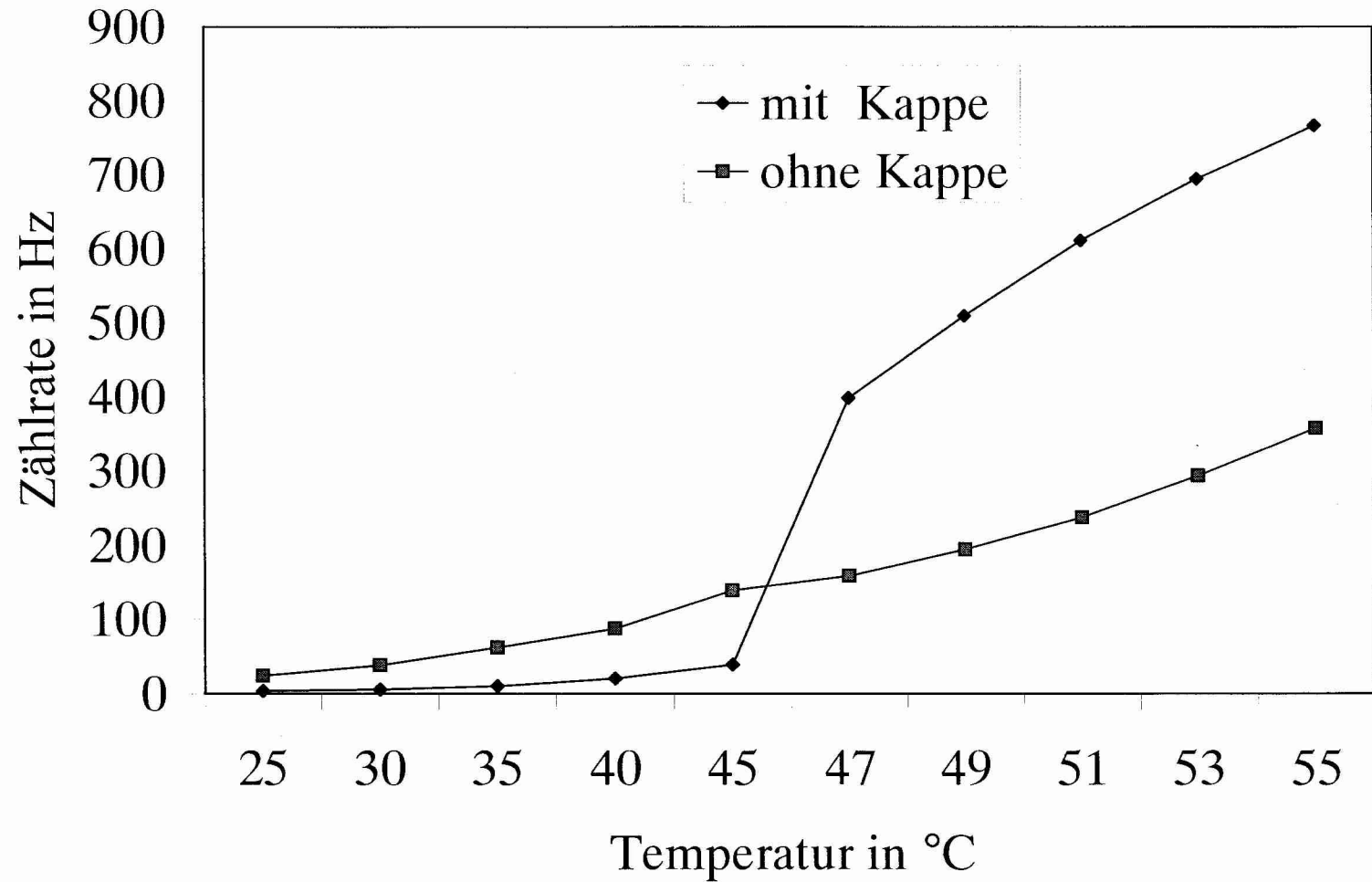
Auf der folgenden Seite ist die Prüfung der Dunkelzählrate bzw. des dark count - Verhaltens des eingesetzten Detektors dargestellt, die am Institut für Thermodynamik an der Universität der Bundeswehr Hamburg im Februar 2003 erfolgte. Am eingesetzten Detektor wurde eine dark count – Zählrate von 5 cps bei 25,0° C und von 100 cps bei 40,0° C in der aktiven, detektionsfähigen Konfiguration ohne Kappe (Schutzkappe des Herstellers) festgestellt.

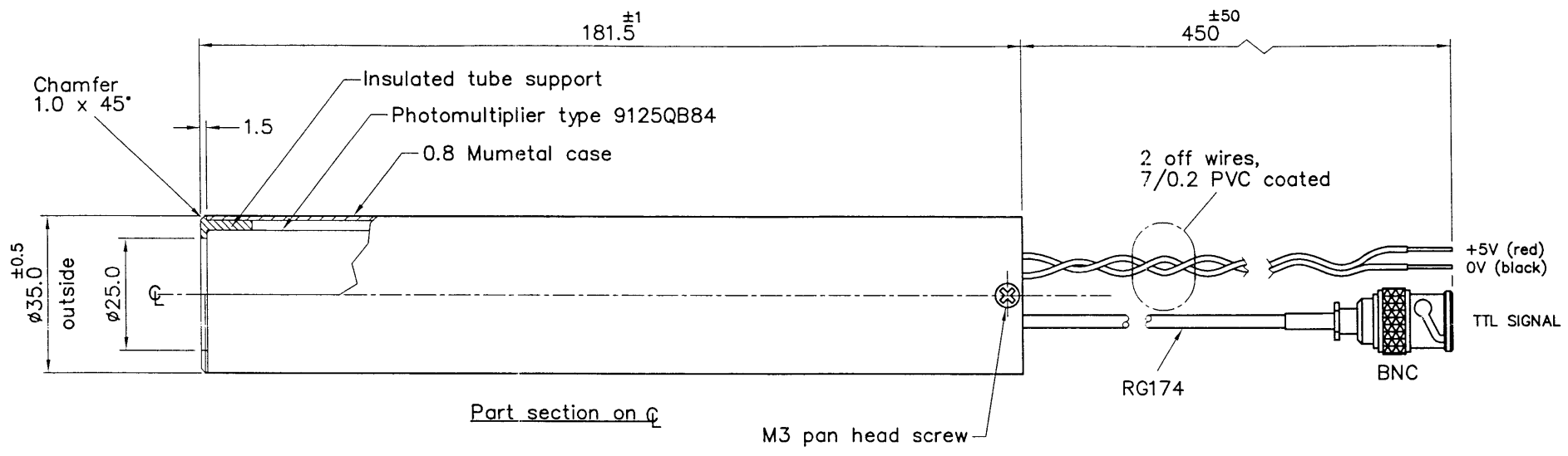
Die Spezifikationen des eingesetzten Detektors Typ Electron Tubes 9125QB sind auf weitere 3 Seiten ausführlich dargestellt. Die herstellerseitig gemessene Detektorempfindlichkeit im IR-Bereich, ab 700 nm, ist aufgrund der eingebauten Bialkali-Photokathode gleich "0" / " Infra Red : "0". Der Detektor besitzt die höchste Empfindlichkeit im blauen Spektralbereich " Corning Blue : 11.5 ".

Ferner sind 2 Seiten mit der Soll – Photonenzahl pro m^3 baryonischer Materie im Spektralbereich von 200 – 800 nm bei 0,0° - 25,0° C gemäß des Planckschen Strahlungsgesetzes dargestellt. Die Photonenzahl N pro m^3 baryonischer Materie ist gemäß der Bose-Einstein Statistik definiert.

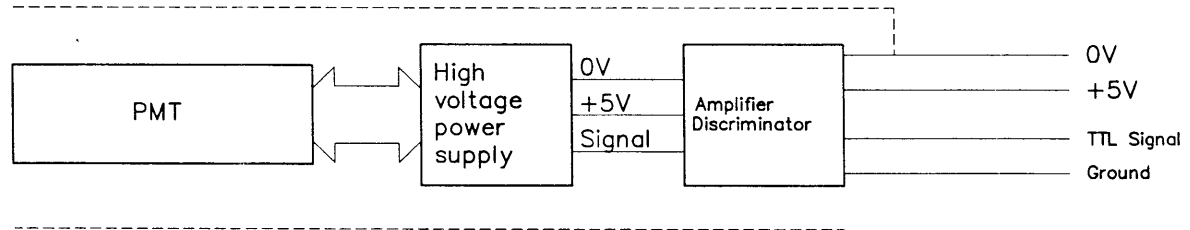
Die Schnittdarstellung der Versuchsanlage zeigt die Ausgestaltung der Versuchsanlage im Versuch vom 12. – 14. Juni 2002, der Gegenstand dieses Gutachtens ist.

Zählraten in einer thermostatisiertem Dunkelkammer





Block schematic



Notes

1. Case is internally connected to 0V.
2. Case finish, Black powder coat paint.
3. TTL output pulse width typically 100ns

Sales Drawing

All dimensions in millimetres

Limits:-				Material		Drawn by M. Stoodley		Project P30CWAD5A-55	
DECIMAL DIMENSIONS ±0.005"				Finish		Date 5 March 2001		Title	
FRACTIONAL DIMENSIONS (UP TO 24") ±1/64"				Code No.		Scale 1:1		Photodetector Package	
METRIC DIMENSIONS ±0.1mm				Issue Date C/Note No. Sign.		Checked <i>M. Stoodley</i>		Drawing Number	
SPECIAL LIMITS AS STATED				1 05.03.01		Approved <i>[Signature]</i>		25894 Csk 779	
<small>CONFIDENTIALITY NOTICE. THIS DOCUMENT (INCLUDING ALL INFORMATION CONTAINED THEREIN) IS OWNED BY ELECTRON TUBES LTD. AND MUST BE KEPT IN CONFIDENCE AND USED SOLELY FOR THE OWNER'S SPECIFIED PURPOSES. THIS DOCUMENT MUST NOT BE COPIED OR REPRODUCED, NOR DIVULGED, IN WHOLE OR PART, WITHOUT THE OWNER'S PRIOR WRITTEN CONSENT.</small>				THIRD ANGLE PROJECTION				F/00007 issue 1	

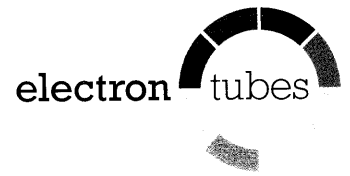
Electron Tubes Limited

Bury Street, Ruislip Middx HA4 7TA, UK.

Tel: +44 (0)1895 630771 Fax: +44 (0)1895 635953

Email: info@electron-tubes.co.uk

Web: www.electrontubes.com



PACKAGE TEST RESULTS

Package Type : P30CWAD5A-55

Serial Number : 10199

Photomultiplier Type Number : 9125QB84

Corning Blue : 11.5

Corning Red : 1.0

Infra Red : 0

Plateau Measurement

Volts	Counts
1.020	39082
1.040	61849
1.060	86805
1.080	110759
1.100	132172
1.120	148906
1.140	160747
1.160	170888
1.180	177233
1.200	183809
1.220	187424

Operating Volts : 1220

Dark Counts @ Knee 32.7

Tested on 05-21-2001

30 mm (1 1/8") photomultiplier 9125B series data sheet



1 description

The 9125B is a 30 mm (1 1/8") diameter, end window photomultiplier with blue-green sensitive bi-alkali photocathode and 11 high gain, high stability, SbCs dynodes of linear focused design. The 9125WB and 9125QB are variants for applications requiring uv sensitivity.

2 applications

- wide range of applications
- spectroscopy
- x-ray & gamma-ray spectroscopy
- photon counting of bio- and chemi-luminescent samples

3 features

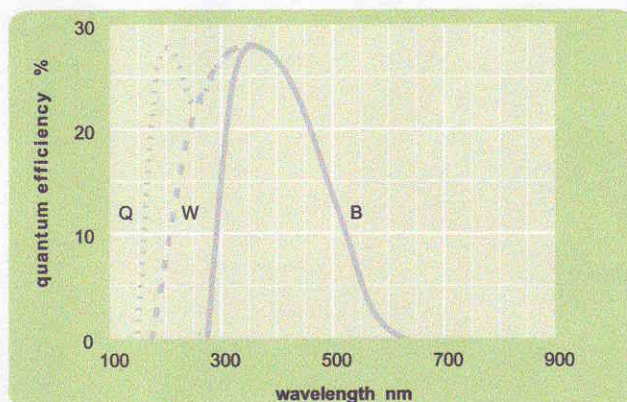
- high gain
- low operating voltage
- good SER
- good pulse height resolution

4 window characteristics

	9125B borosilicate	9125WB UV glass	9125QB* fused silica
spectral range**(nm)	280 - 630	170 - 630	160 - 630
refractive index (n _e)	1.49	1.48	1.46
K (ppm)	300	8500	<10
Th (ppb)	250	30	<10
U (ppb)	100	30	<10

* note that the sidewall of the envelope contains graded seals of high K content
** wavelength range over which quantum efficiency exceeds 1 % of peak

5 typical spectral response curves

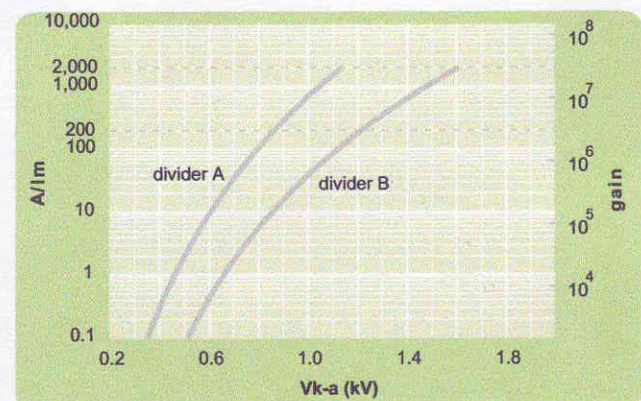


6 characteristics

	unit	min	typ	max
photocathode: bi-alkali				
active diameter	mm		25	
quantum efficiency at peak	%		28	
luminous sensitivity	μA/lm		65	
with CB filter		7	11	
with CR filter			1	
dynodes: 11LFSbCs				
anode sensitivity in divider A:				
nominal anode sensitivity	A/lm		200	
max. rated anode sensitivity	A/lm		2000	
overall V for nominal A/lm	V		850	1100
overall V for max. rated A/lm	V		1100	
gain at nominal A/lm	x 10 ⁶		3	
dark current at 20 °C:				
dc at nominal A/lm	nA		0.2	5
dc at max. rated A/lm	nA		2	
dark count rate	s ⁻¹		100	
afterpulse rate:				
afterpulse time window	μs	0.1		6.4
pulsed linearity (-5% deviation):				
divider A	mA		25	
divider B	mA		100	
pulse height resolution:				
single electron peak to valley	ratio		2	
¹³⁷ Cs with 1" x 1" NaI(Tl)			7.5	
rate effect (I_a for Δg/g=1%):				
	μA		20	
magnetic field sensitivity:				
the field for which the output decreases by 50 %				
most sensitive direction	T x 10 ⁻⁴		2	
temperature coefficient:				
	% °C ⁻¹		± 0.5	
timing:				
single electron rise time	ns		4.5	
single electron (fwhm)	ns		7.5	
single electron jitter (fwhm)	ns		4	
transit time	ns		33	
weight:				
	g		50	
maximum ratings:				
anode current	μA			100
cathode current	nA			50
gain	x 10 ⁶		30	
sensitivity	A/lm		2000	
temperature	°C	-30		60
V (k-a) ⁽¹⁾	V		2000	
V (k-d1)	V		300	
V (d-d) ⁽²⁾	V		300	
ambient pressure (absolute)	kPa			202

⁽¹⁾ subject to not exceeding max. rated sensitivity ⁽²⁾ subject to not exceeding max rated V(k-a)

7 typical voltage gain characteristics



Temperatur 0°C		
Wellenlänge(nm)	Photonenzahl N [m⁻³]	Ln N
200	1.2 10 ⁻⁹³	-213.9
300	5.0 10 ⁻⁵⁶	-127.3
400	2.5 10 ⁻³⁷	-84.3
500	3.5 10 ⁻²⁶	-58.6
600	8.5 10 ⁻¹⁹	-41.6
700	1.5 10 ⁻¹³	-29.5
800	1.2 10 ⁻⁹	-20.5

Temperatur 5°C		
Wellenlänge(nm)	Photonenzahl N [m⁻³]	Ln N
200	1.4 10 ⁻⁹¹	-209.2
300	1.2 10 ⁻⁵⁴	-124.2
400	2.6 10 ⁻³⁶	-81.9
500	2.3 10 ⁻²⁵	-56.7
600	4.1 10 ⁻¹⁸	-40.0
700	5.8 10 ⁻¹³	-28.2
800	4.0 10 ⁻⁹	-19.3

Temperatur 10°C		
Wellenlänge(nm)	Photonenzahl N [m⁻³]	Ln N
200	1.4 10 ⁻⁸⁹	-204.6
300	2.5 10 ⁻⁵³	-121.1
400	2.6 10 ⁻³⁵	-79.6
500	1.4 10 ⁻²⁴	-54.9
600	1.9 10 ⁻¹⁷	-38.5
700	2.1 10 ⁻¹²	-26.9
800	1.3 10 ⁻⁸	-18.2

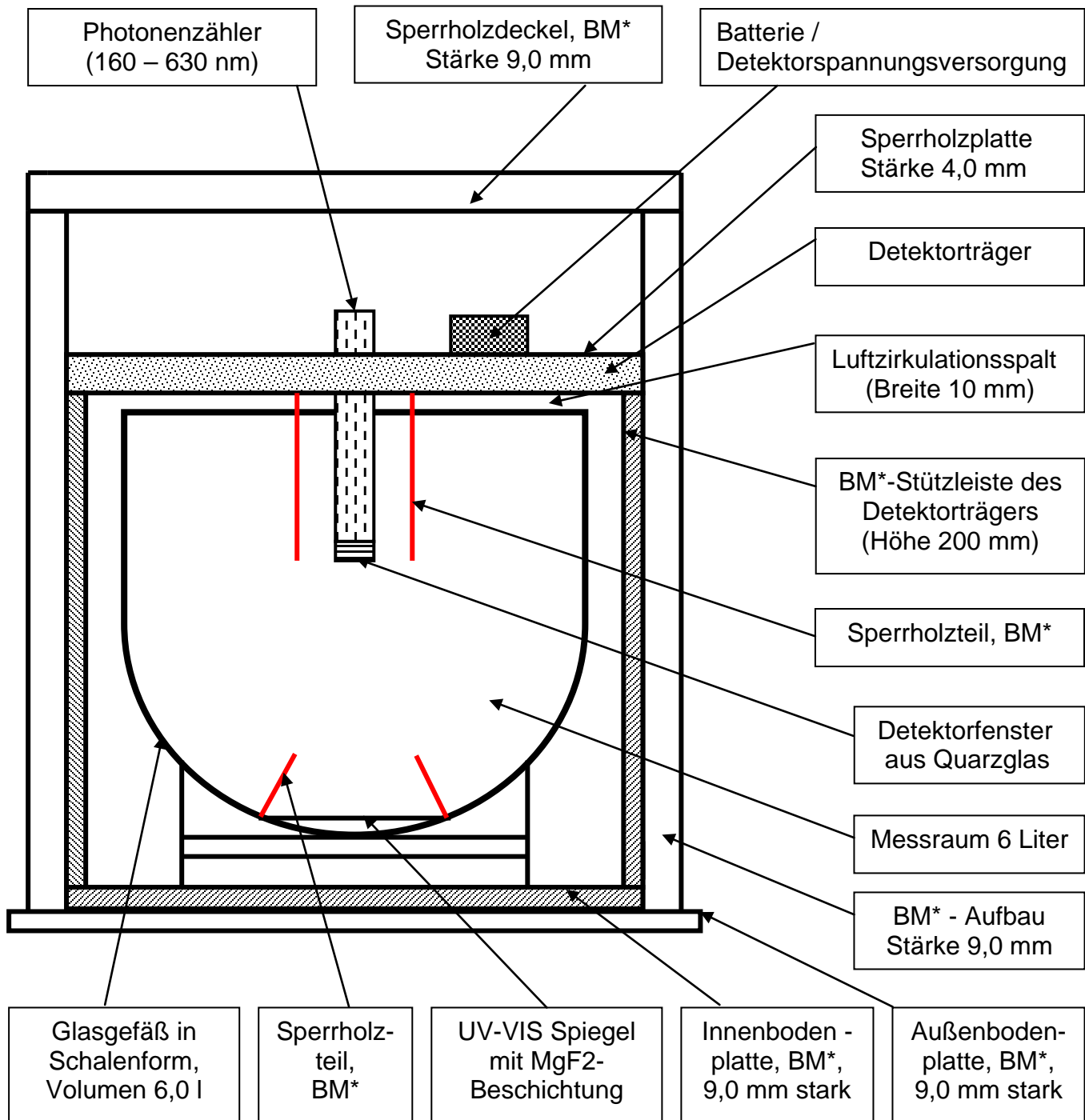
Temperatur 15°C		
Wellenlänge(nm)	Photonenzahl N [m⁻³]	Ln N
200	1.1 10 ⁻⁸⁷	-200.2
300	4.7 10 ⁻⁵²	-118.2
400	2.3 10 ⁻³⁴	-77.4
500	8.4 10 ⁻²⁴	-53.1
600	8.2 10 ⁻¹⁷	-37.0
700	7.6 10 ⁻¹²	-25.6
800	3.8 10 ⁻⁸	-17.1

Temperatur 20°C		
Wellenlänge(nm)	Photonenzahl N [m⁻³]	Ln N
200	7.9 10 ⁻⁸⁶	-196.0
300	8.0 10 ⁻⁵¹	-115.4
400	2.0 10 ⁻³³	-75.3
500	4.6 10 ⁻²³	-51.4
600	3.4 10 ⁻¹⁶	-35.6
700	2.6 10 ⁻¹¹	-24.4
800	1.1 10 ⁻⁷	-16.0

Temperatur 25°C		
Wellenlänge(nm)	Photonenzahl N [m⁻³]	Ln N
200	4.8 10 ⁻⁸⁴	-191.8
300	1.2 10 ⁻⁴⁹	-112.6
400	1.5 10 ⁻³²	-73.3
500	2.4 10 ⁻²²	-49.8
600	1.3 10 ⁻¹⁵	-34.2
700	8.3 10 ⁻¹¹	-23.2
800	3.1 10 ⁻⁷	-15.0

Der experimentelle Aufbau aus dem Jahr 2002

emissionsrelevante Ausgestaltungsmerkmale



*BM = Birkenmultiplex – Sperrholz

Spezifikationen des Photonenzählers Typ Electron Tubes 9125 QB
dark counts bei 25,0°C : 5 cps (counts per second)