

Studien zur biologischen Wirksamkeit niederenergetischer Weltraumstrahlung im niedrigen Erdorbit



Rudolf Drescher, Daniel Heidenreich, Frank Gutermuth, Frank Becker und Markus Löbrich

Zeitlich konstanter Sonnenwind

Zusammensetzung: niederenergetische Protonen und Elektronen

Teilchenflüsse: $1\text{E}+08 \text{ cm}^{-2}\text{s}^{-1}$

Energien 1-100 keV

Sonneneruptionen (solar particle events SPE)

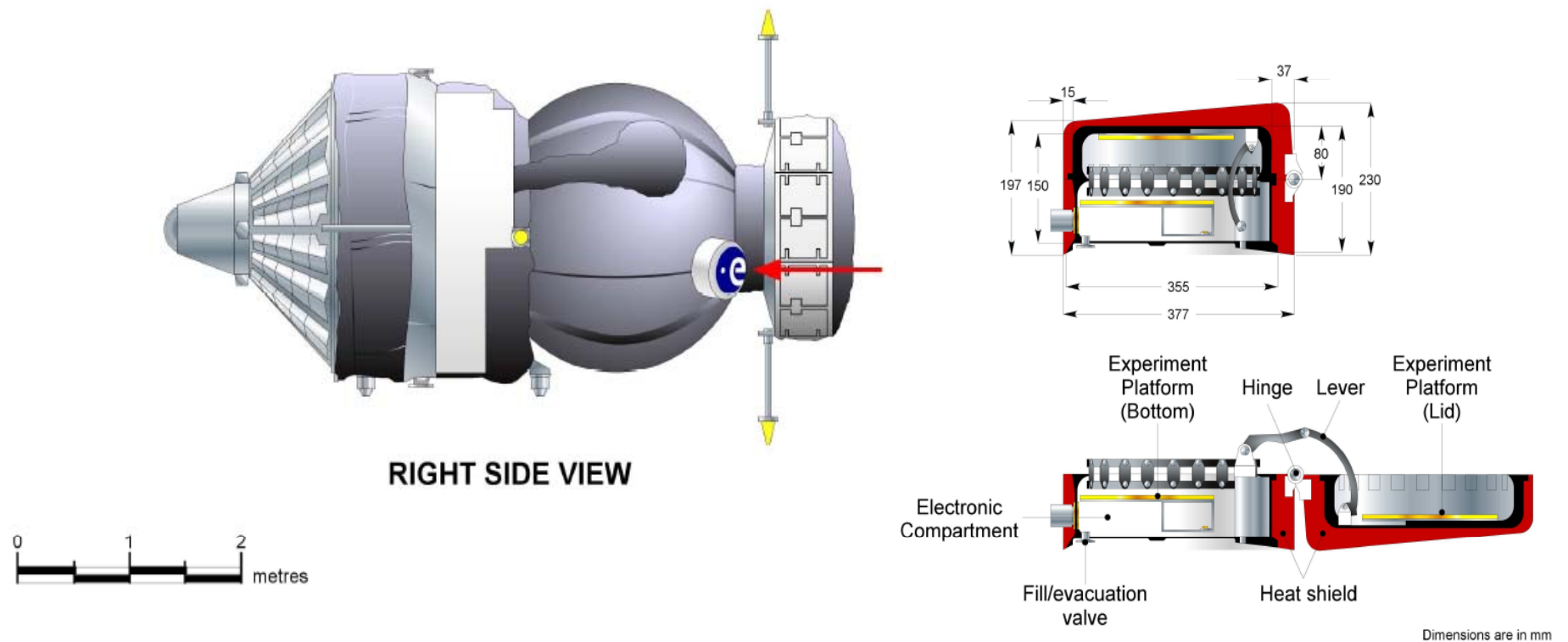
Teilchenflüsse: $1\text{E}+05 \text{ cm}^{-2}\text{s}^{-1}$

Energien im GeV-Bereich möglich

Van Allan Belts, Südamerikanische Anomalie (SAA)

Galaktische kosmische Strahlung (GCR)

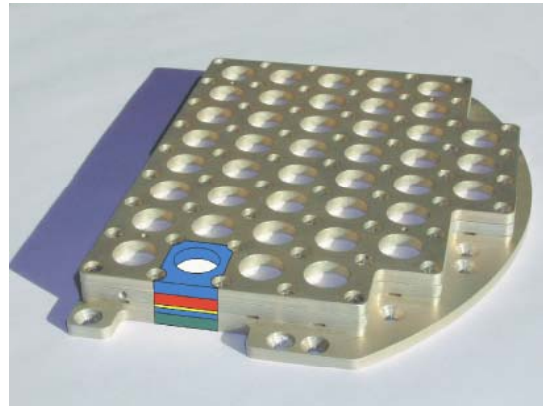
Hefeprojekt– Foton Kapsel und Biopan



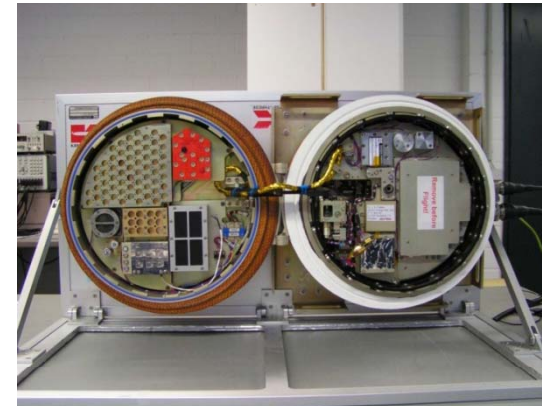
Hefeprojekt – Experimentalaufbau 1 und 2

Missionen

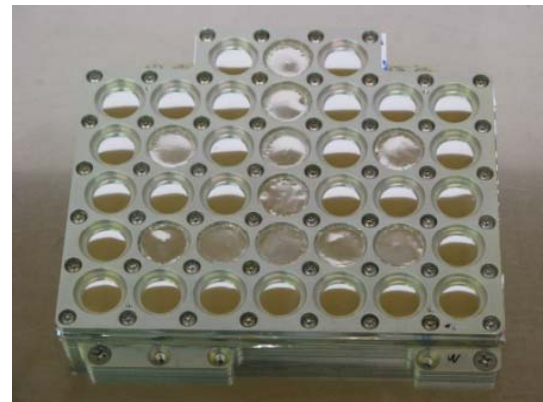
Biopan 3/5



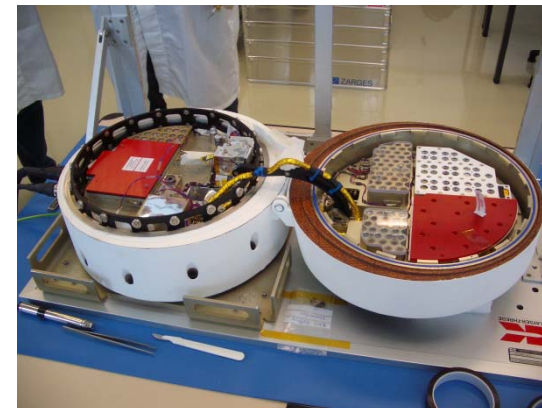
Experimentalaufbau 1



Biopan 6

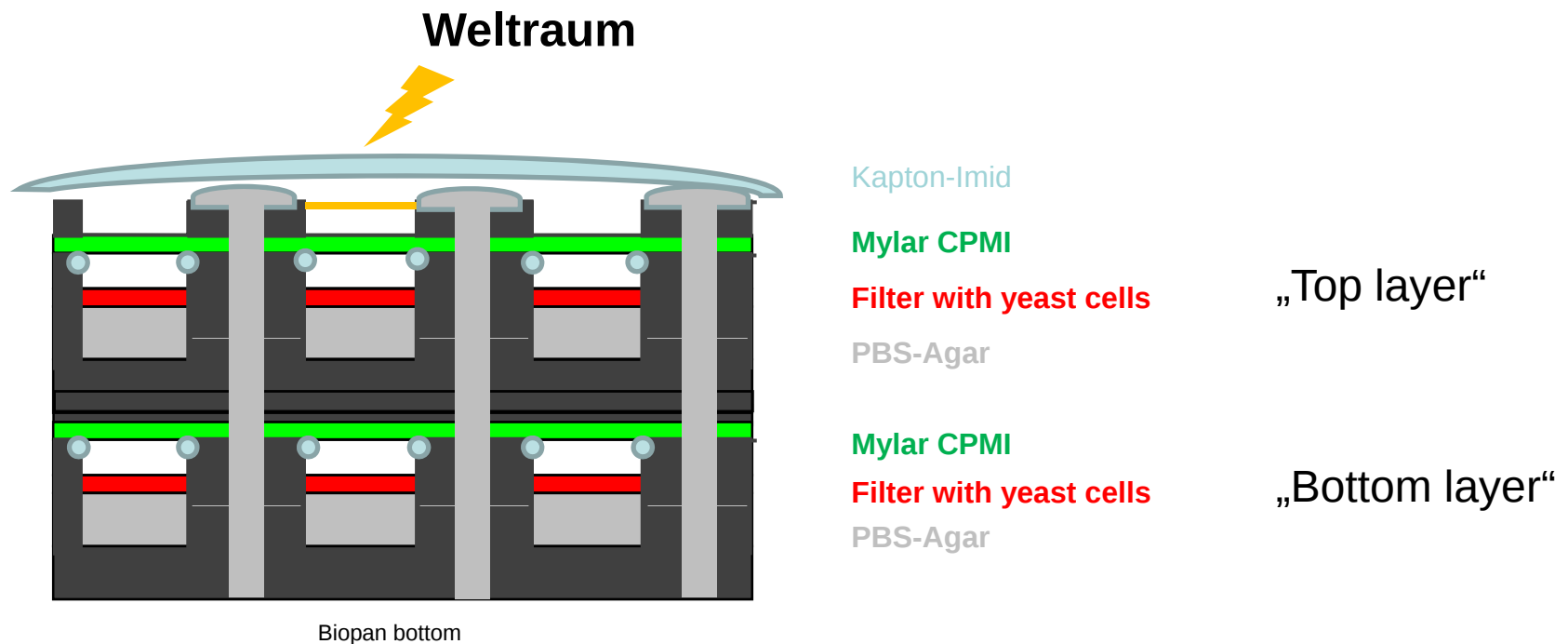


Experimentalaufbau 2



Hefeprojekt – Der Experimentalaufbau

Schematischer Querschnitt durch den Experimentalaufbau



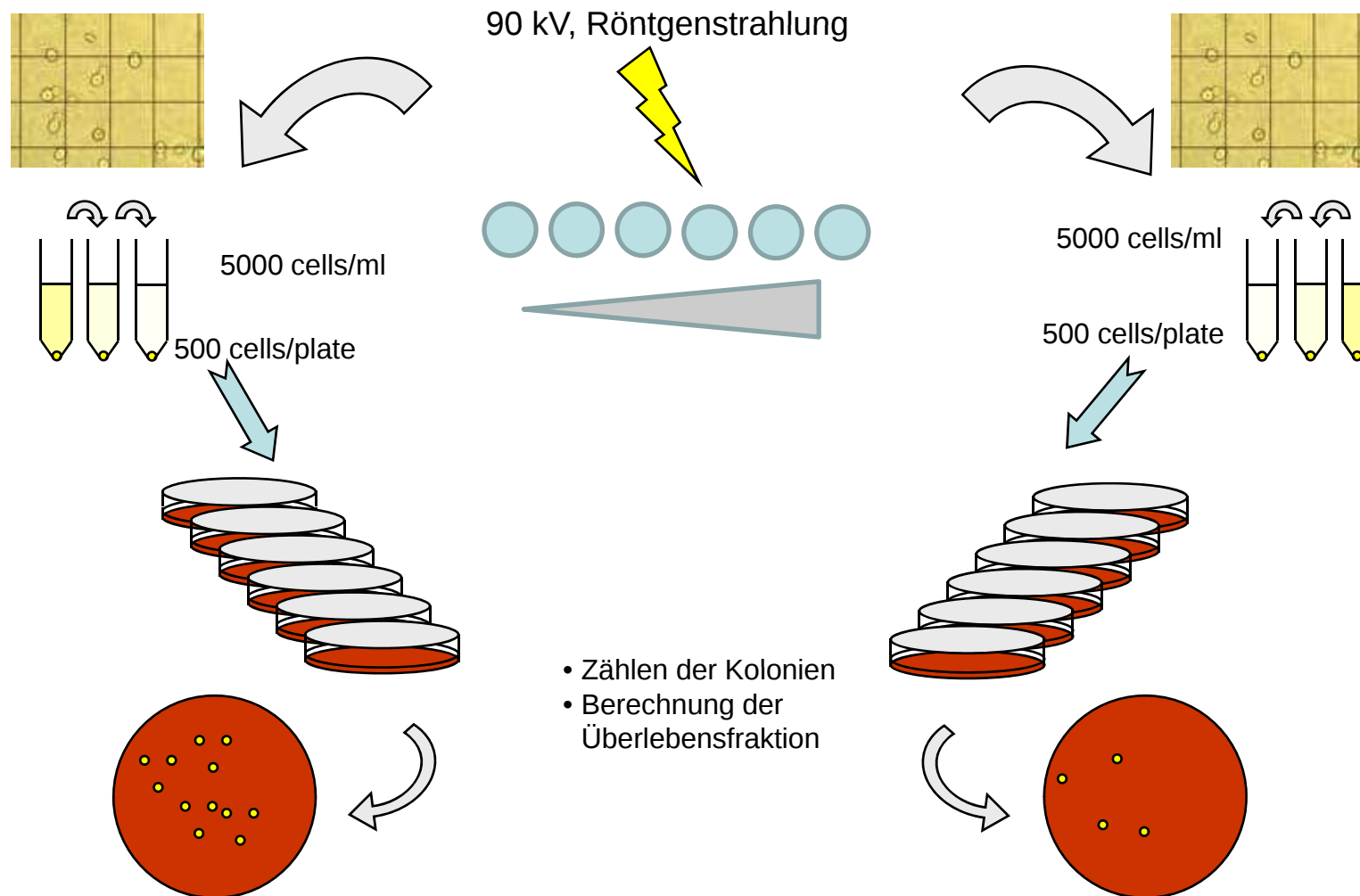
Experimentelle Unterschiede – zusätzliche Informationen

	Biopan 3 und 5	Biopan 6
1	Experimentalaufbau 1	Experimentalaufbau 2
2	150 µl Salzagar Feuchtereservoir	300 µl PBS Agar Feuchtereservoir
3	Dichtringe VitonII nicht gefettet	Dichtringe VitonII gefettet
4	Durchsichtige Mylarfolie	Aluminisierte Mylarfolie, mit erhöhter Gasdichtigkeit

Hefeprojekt- Eingesetzte *S. cerevisiae* Stämme

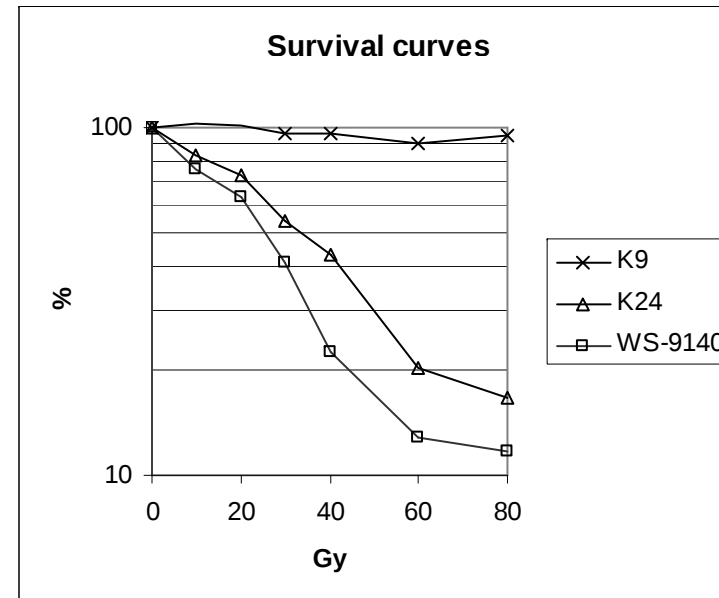
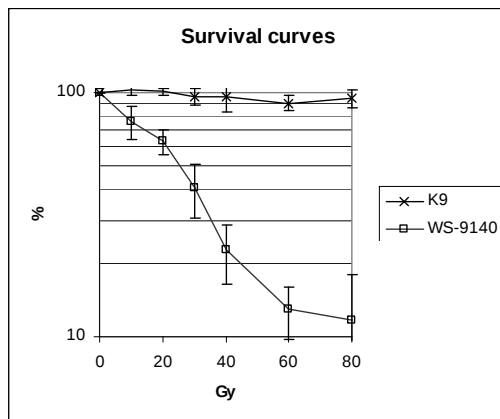
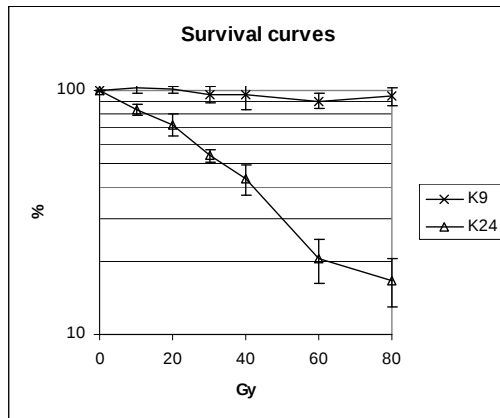
	Strain	Genotyp	Mission	Reparaturdefekt
A	K9 WS 9131	MATa/MATa rad52/rad52 HDF/HDF ade2/ade2 ARG/arg4-17 his3-532/HIS ura3-52/ura3-52 trp1-289/trp1-289	Biopan 6	Wt
B	K24 WS 9138	MATa/MATa rad52::TRP1/rad52::TRP1 HDF1/HDF1 ade2/ade2 ARG/arg4-17 his3-532/HIS ura3-52/ura3-52 trp1-289/trp1-289	Biopan 3/5/6	HR
C	WS 9140	MATa/MATa rad52::TRP1/rad52::TRP1 HDF1::ura3/HDF1::ura3 ade2/ade2 ARG/arg4-17 his3-532/HIS ura3-52/ura3-52 trp1-289/trp1-289	Biopan 6	HR/NHEJ

Hefeprojekt: Erstellung von Referenzüberlebenskurven



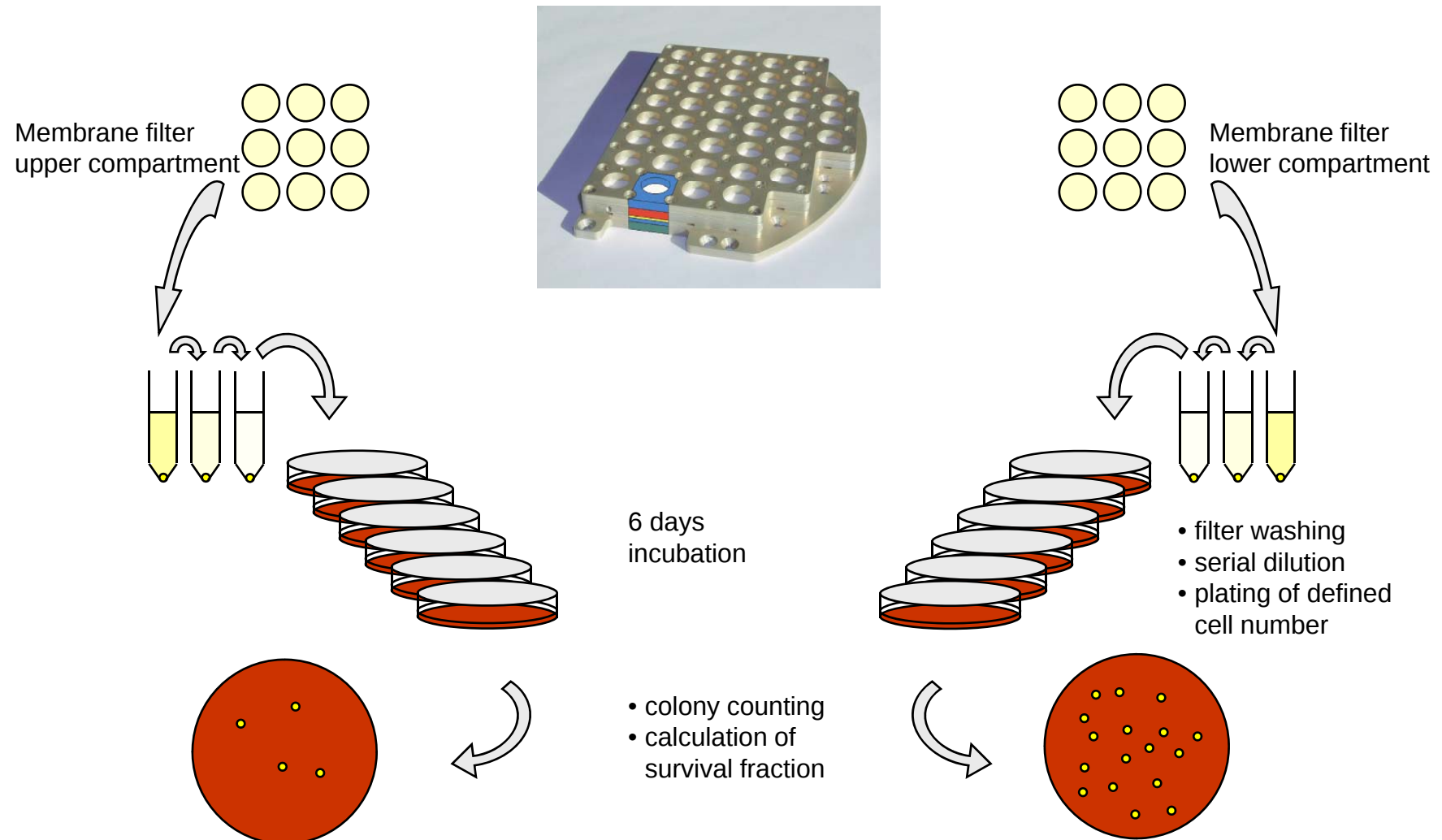
Hefeprojekt: Erstellung von Referenzüberlebenskurven

Biopan 6



Hefeprojekt: Auswertung nach den Flügen

Ermittlung der Überlebensrate



Detektor Typen

GAFchromics HD810

The structure of GAFCHROMIC® HD-810 radiochromic dosimetry film is shown in Figure HD-1.

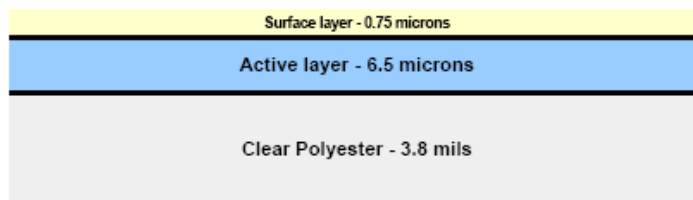


Figure HD-1: Configuration of GAFCHROMIC® HD-810 dosimetry film

5 -400 Gy

Sensitivity: Electrons > 5keV

Surface layer: 0.75 μm

Active layer: 6.5 μm

TLD – (thin-layer, 30 μm)



Material: LiF:Mg,Cu,P sintered

TLD – Institute of Physics-Krakau/FZK

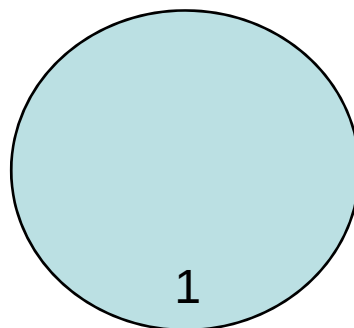
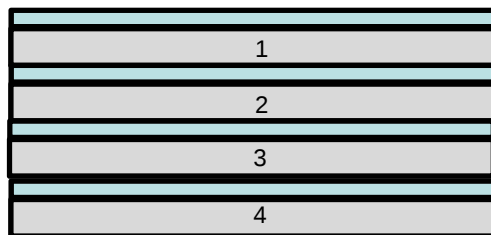
Size: 4,5 mm $\varnothing$ · 0,89 mm

Active layer 30 μm , 7.8 mg/cm²

Photons, electrons

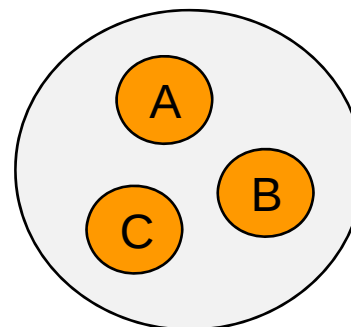
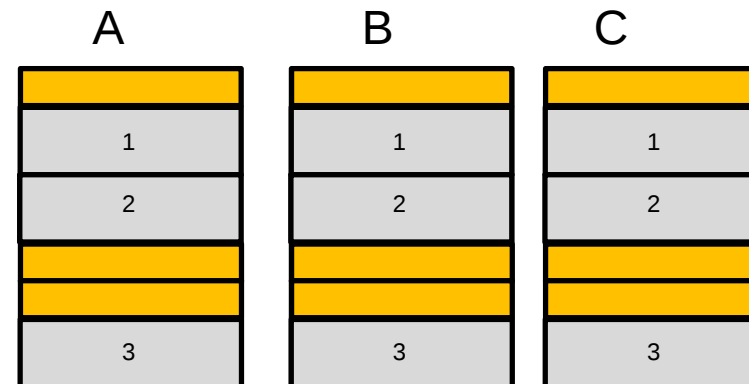
Dosimetrie – Detektor Stapel

**GAFchromics HD810
stack**

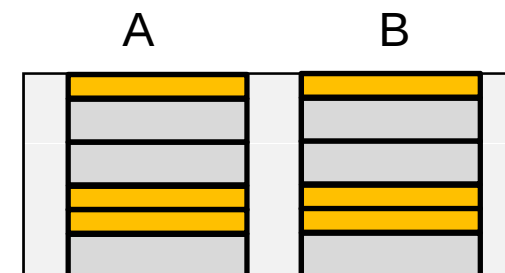


GAF chromic film 1
top view

TLD – (thin-layer, 30 μ m) - Stacks

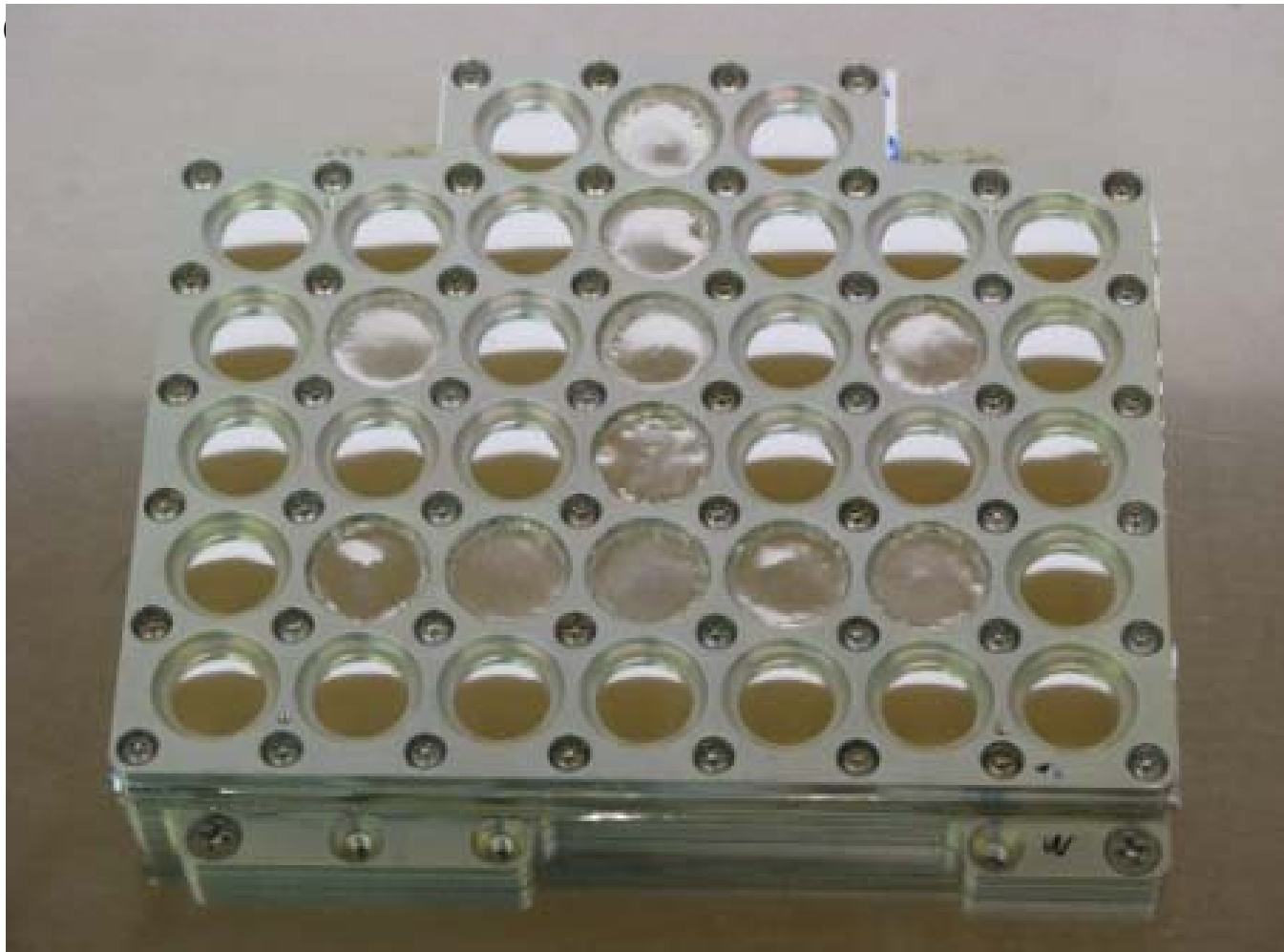


plastic carrier with TLD stacks
top view



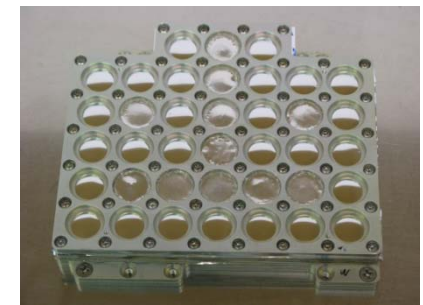
plastic carrier with TLD stacks
lateral view

Hefeprojekt – Biopan 6 – Der Experimentalaufbau



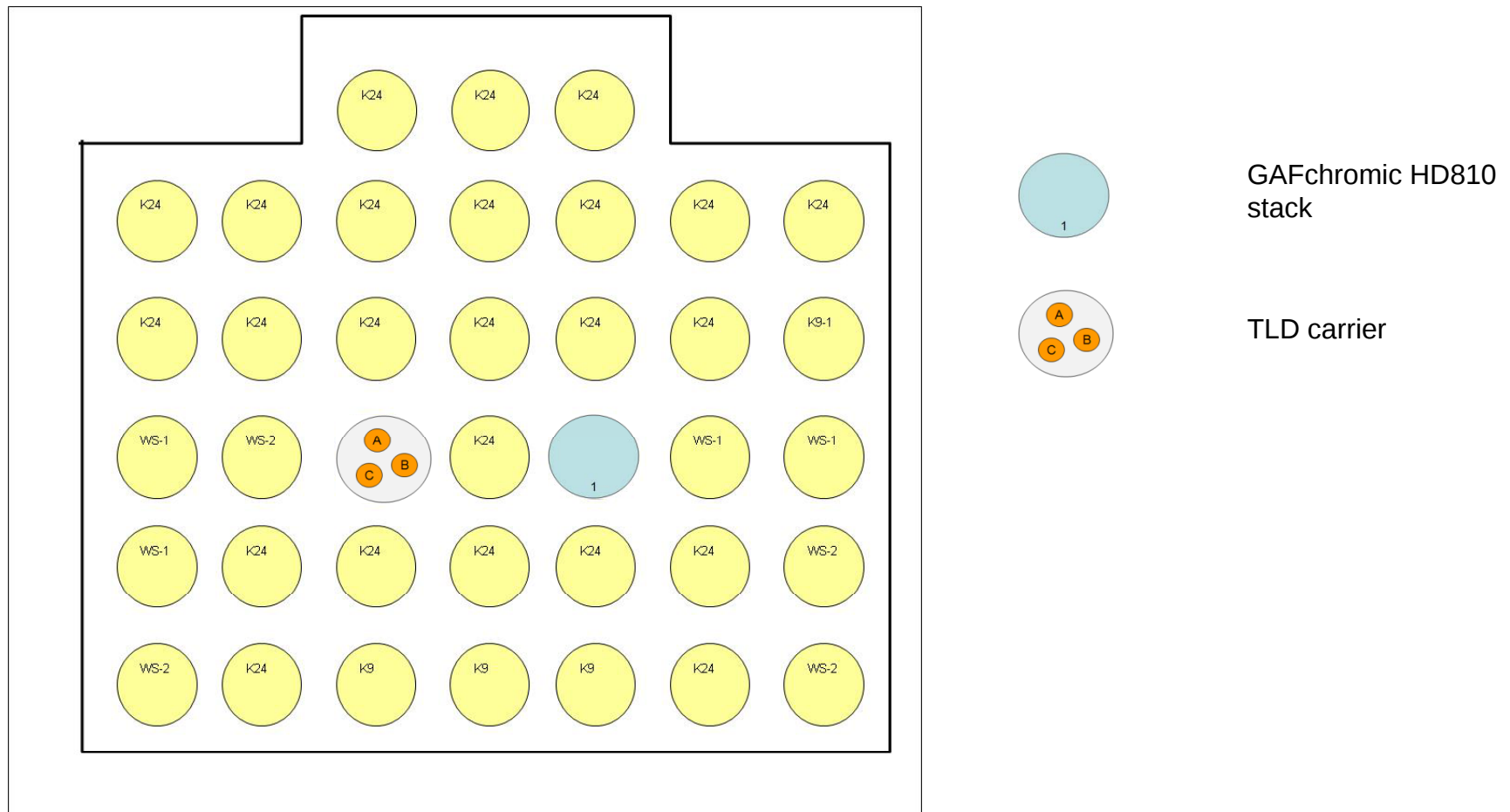
„Top layer“

„Bottom layer“



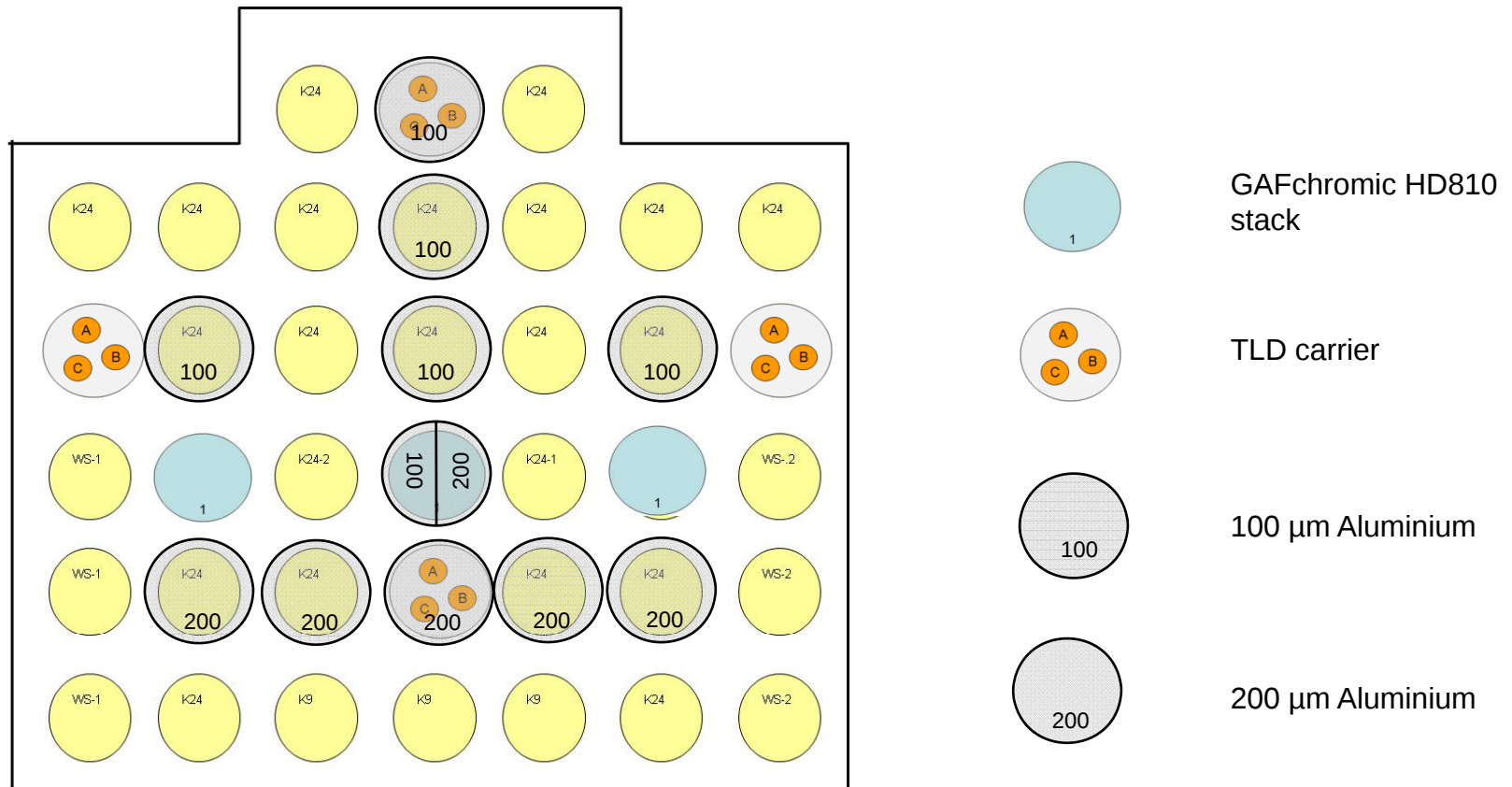
Hefeprojekt – Biopan 6 – Der Experimentalaufbau

Beladung des „bottom layer“



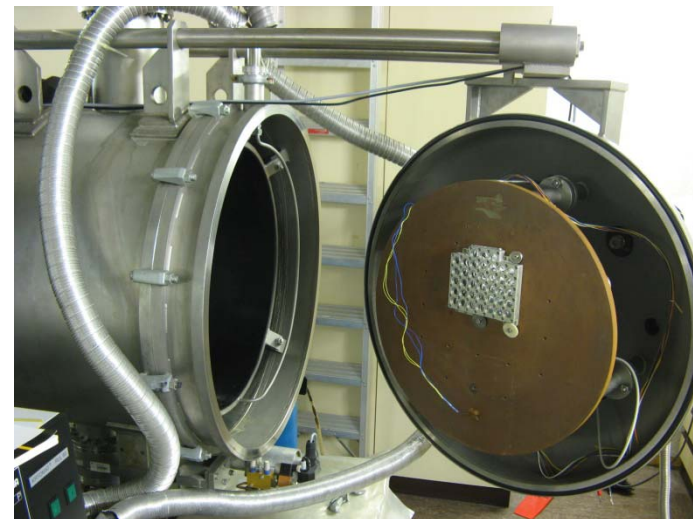
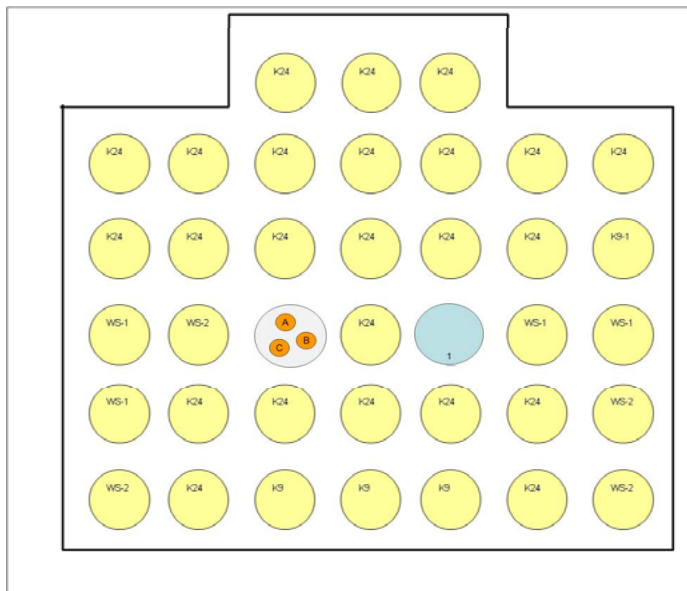
Hefeprojekt – Biopan 6 – Der Experimentalaufbau

Beladung des „top layer“



Hefeprojekt – Biopan 6 – Der Experimentalaufbau - Boden

Beladung des „top/bottom layer“ für das Bodenexperiment



DLR, Köln

Hefeprojekt – Biopan 6 – Die Abschirmung der Hefen



Abschirmung

minimum energy

<u>Hefen/Dosimeter im „top level“:</u>	Kapton-Imid Folie	7.6 mg/cm ²	
	CPMI Mylar Folie	3.2 mg/cm ²	
		10.8 mg/cm ²	>90keV
Zusätzlich auf einigen Kavitäten:	100 µm Aluminium	27 mg/cm ²	>190 keV
	200 µm Aluminium	54 mg/cm ²	> 260 keV

Hefen/Dosimeter im „bottom level“:

zusätzliche Abschirmung zum „top level“:

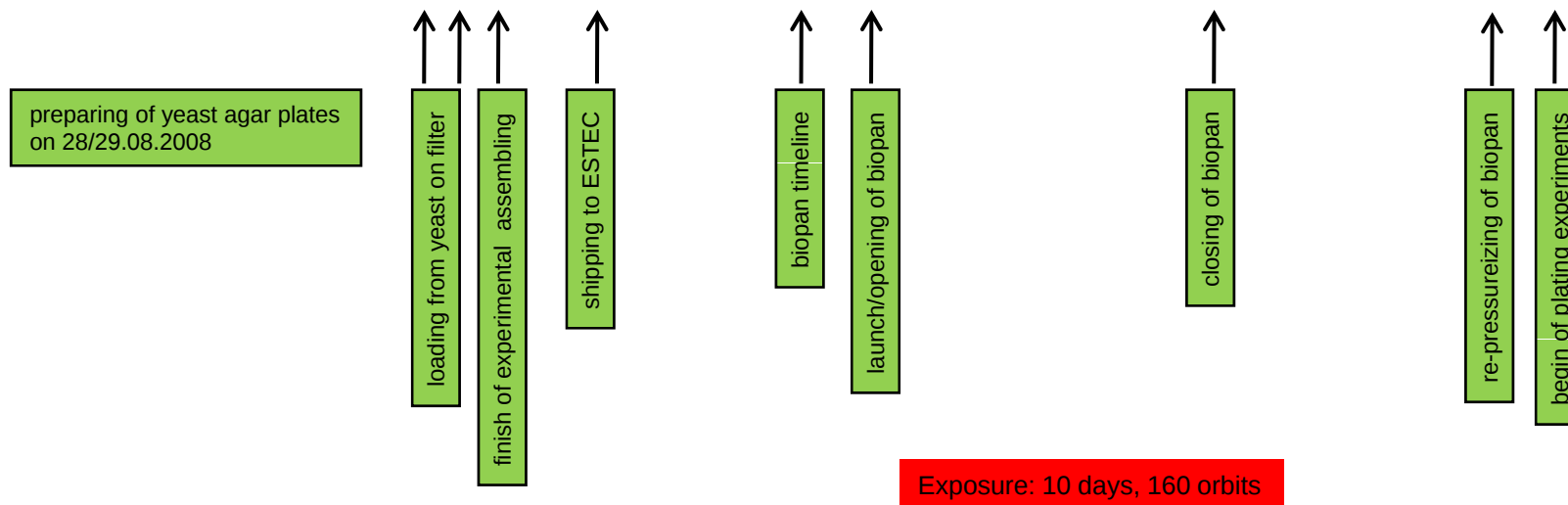
1000-2000 µm Aluminium: 270-540 mg/cm² >770 keV-
1.3 MeV

CPMI Mylar Folie 3.2 mg/cm²

Hefeprojekt – Biopan 6 – Der Zeitplan

Experimentelle Zeitplan

	September																														Oktober					
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	1	2	3	4	5	
Setting of yeasts on filter																																				
Time in biopan																																				
Exposure time																																				
Parallel experiment on vacuum condition																																				
setting of yeast at 4°/-80°C																																				



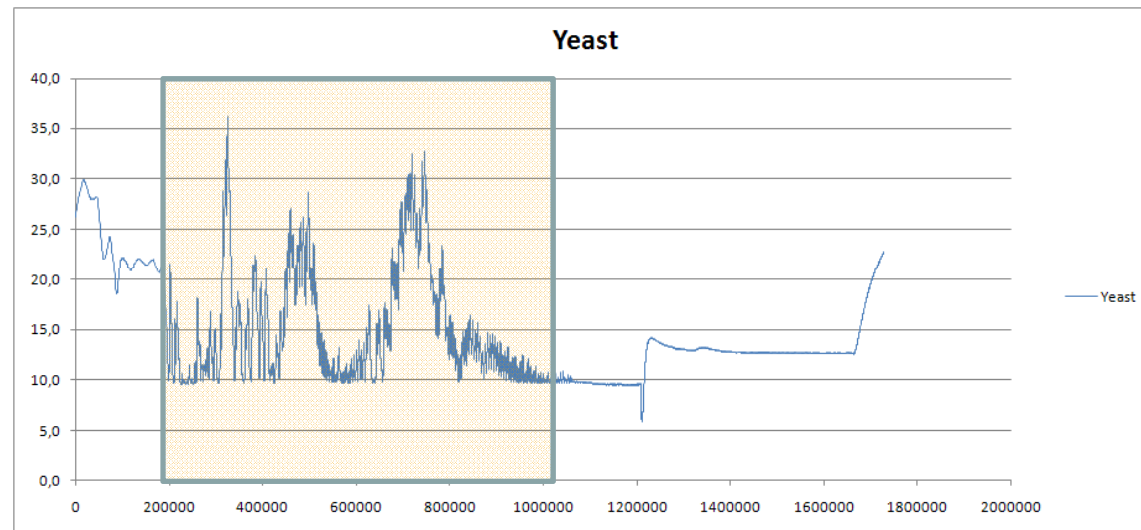
Hefeprojekt – Biopan 6 – Flugdaten

Flug Daten

Start of Biopan mission: 12. Sept. 2007
Launch of Foton M3 14. Sept. 2007, 13:00 CET

Exposition Weltall :10 Tage 160 orbits

Temperature profile:



Wasserverlust und Druckverlust während der Vakuumexposition am Boden und im Weltall

Bodenexperiment:

Vakuum: 13 Tage, $9.5 \cdot 10^{-7}$ mbar, 10°C
Druck in den einzelnen Kavitäten nach
13 Tagen: > 600 mbar

Wasserverlust/Kavität

Top layer: 45.2 $\mu\text{l/cavity}$ (15.1%)
Bottom layer: 25.3 $\mu\text{l/cavity}$ (8.4%)

Weltraumexperiment:

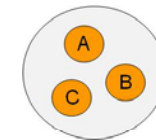
Wasserverlust/Kavität:

Top layer: 28.7 $\mu\text{l/cavity}$ (9.6%)
Bottom layer 22.2 $\mu\text{l/cavity}$ (7.4%)

Hefeprojekt – Biopan 6 – Ergebnisse Dosimetrie

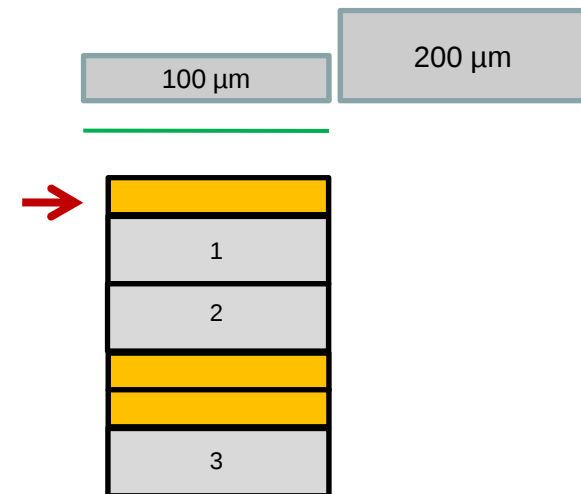
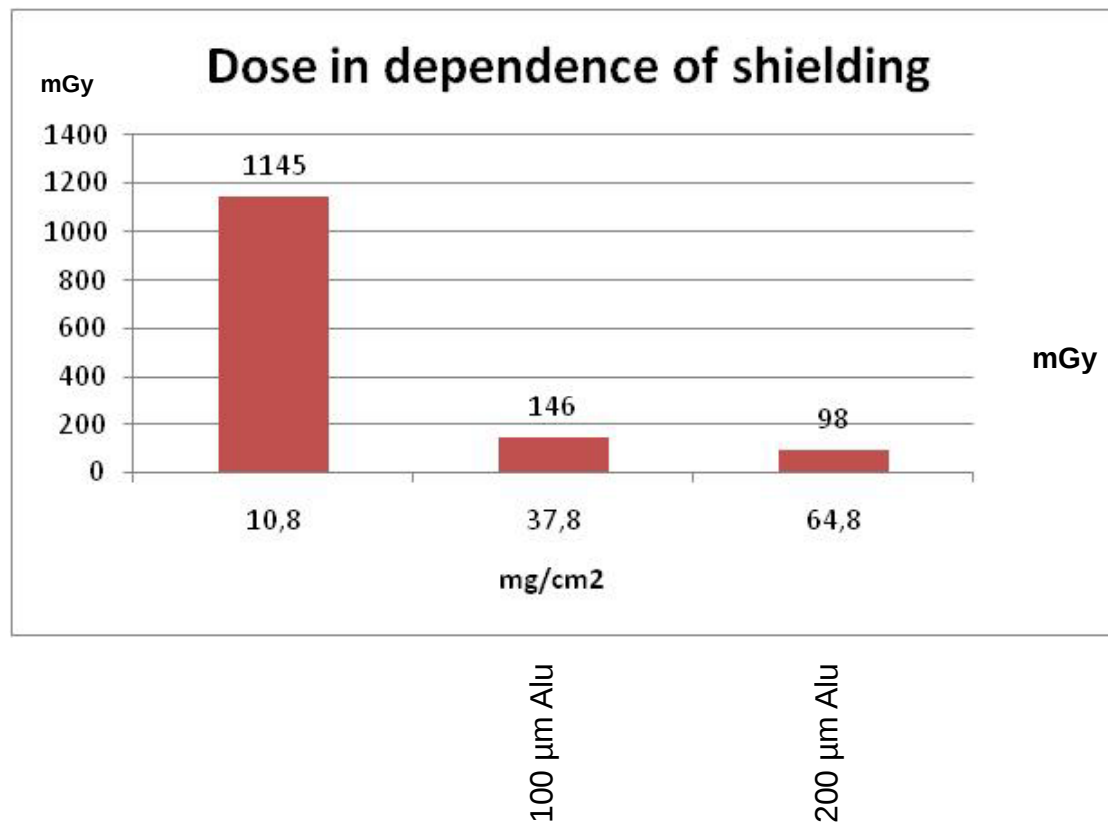
Ergebnisse Dosimetrie – TLDs (calibration: 137-Cs)

Toplayer Position with 10.8 mg/cm ²			Toplayer additional 100 µm Al			Toplayer additional 200 µm Al		
TLD No	Pos.	mGy	TLD No	Pos.	mGy	TLD No	Pos.	mGy
A	3071 U-11	1202,1	3061 U-2	147,1		3121 U-28	104,4	
	3072 U-11	10,1	3062 U-2	9,3		3122 U-28	8,9	
	3074 U-11	10,1	3063 U-2	8,9		3123 U-28	8,3	
B	3075 U-11	1107,5	3064 U-2	148,8		3124 U-28	97,1	
	3076 U-11	9,6	3065 U-2	8,2		3125 U-28	7,8	
	3077 U-11	8,2	3066 U-2	7,7		3126 U-28	8,6	
C	3078 U-11	1126,6	3068 U-2	142,2		3127 U-28	91,9	
	3079 U-11	11,0	3069 U-2	9,2		3128 U-28	8,5	
	3080 U-11	10,7	3070 U-2	8,2		3129 U-28	7,9	
			Bottomlayer			Natural background on ground (Transport and Homburg/Saar)		
			TLD No	Pos	mGy			
			3112 O-20	2,9				
			3113 O-20	2,5				
			3114 O-20	2,5				
			3115 O-20	2,8				
			3116 O-20	2,3				
			3117 O-20	1,1				
			3118 O-20	1,4				
			3119 O-20	2,5				
			3120 O-20	0,6				



(Frank Becker, FZK,
Radiation Protection
Competence Team)

Ergebnisse Dosimetrie – TLDs (calibration: ^{137}Cs)



Dosis wird zum allergrößten Teil durch niederenergetische Partikel (e,P) verursacht

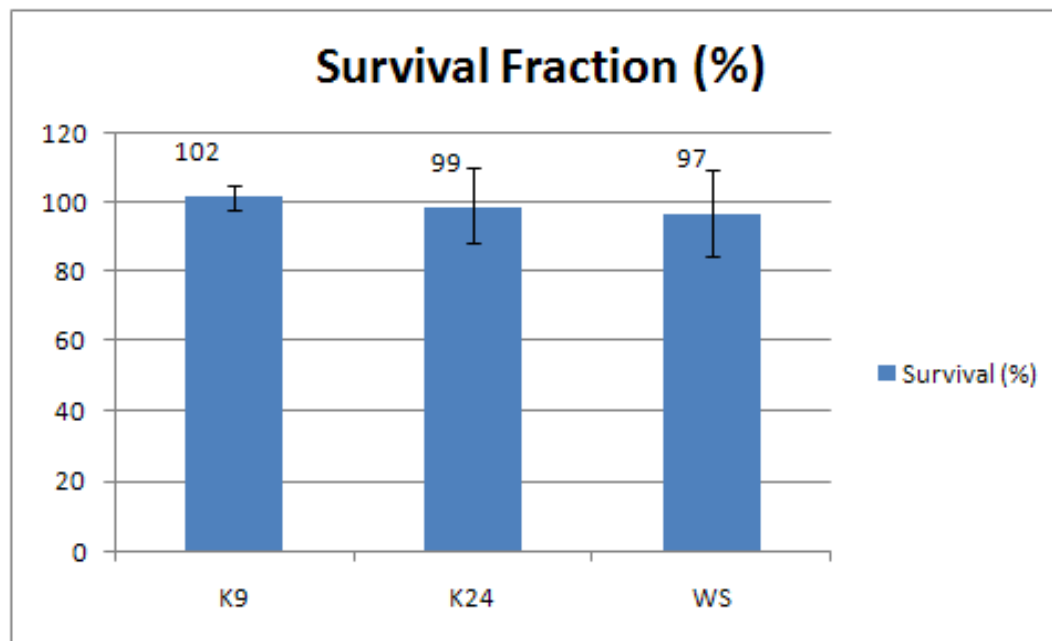
Hefeprojekt – Ergebnisse Dosimetrie

Mission	Dosimeter	Gesamtdosis [Gy]	Dosisleistung [Gy/d]
Biopan 3	TLD 700 1 mm: ^7LiF : Mg, Ti 263 mg/cm ²	22 +/- 8 Gy Reitz: 29.85 Gy 17.5 mg/cm ²	1.7 Gy/d Reitz: 2.35 Gy/d 17.5 mg/cm ²
Biopan 5	TLD 700 H 30 μm : ^7LiF : Mg,P,Cu, Träger LiF+C 11 mg/cm ²	10.5 +/-0.9 Gy Palfalvi: 25.15 Gy 6.25 mg/cm ²	0.72 Gy/d Palfalvi: 1.723 Gy/d 6.25 mg/cm ²
Biopan 6	TLD – Institute of Physics-Krakau/FZK Active layer 30 μm 30 μm : ^7LiF : Mg,P,Cu, Träger LiF+C, 7.8 mg/cm ²	1.119 +/- 0.06 Gy Palfalvi: 4.18 Gy 6.25 mg/cm ²	0.12 Gy/d Palfalvi: 0.418 Gy/d

Strahlung im Yeast Experiment
Biopan 6 um den Faktor 9.3
geringer

Hefeprojekt – Biopan 6 – Ergebnisse Überleben

Resultat: Klonogenes Überleben der Hefen im Weltallexperiment



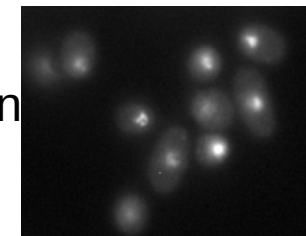
Nach jetzigem Auswertungsstand kann aufgrund der Variabilität kein signifikanter Einfluss der Strahlung in Bezug auf den Endpunkt klonogenes Überleben festgestellt werden.

Hefeprojekt – Überleben und RBW

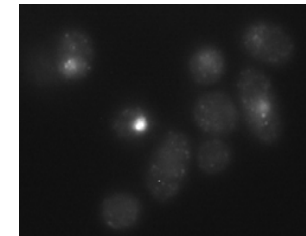
Mission	Dosisäquivalent In Abwesenheit von Sauerstoff [Gy]	Überleben	RBW	Dosisäquivalent In Anwesenheit von Sauerstoff [Gy]	RBW
Biopan 3	37 +/- 7 Gy	67% +/- 7%	1.7		
Biopan 5	48 +/- 15 Gy	53% +/- 15%	3-4.5 (1.9)		
Biopan 6		99% +/- 11%	n.d	0,8 +/- 9 Gy	

Ausblick

- Erstellung von Referenzkurven mit der 90 kV Röntgenquelle zwischen 1 -10 Gy mit hohen Plattenzahlen
- Auszählen weiterer, noch bei 2°C gelagerter Platten
- Weitere Auswertung weggefrorener Aliquots:
Quantitative Immunfluoreszenzuntersuchung auf durch Weltraumstrahlung induzierte Doppelstrangbrüche (Einzelzellebene, γ -H2A Nachweis)
- Simulation von niederenergetischer Elektronenstrahlung im Strahlstand des Forschungszentrums Karlsruhe mit bestücktem Experimentalaufbau



DAPI



γ H2A

Vielen Dank für Ihre Aufmerksamkeit ...