

Archived at <http://orgprints.org/9045/>

Lebensmittelqualität und Biophotonen

H. Klima

Atominstytut , Technische Universität Wien

Lednice, 29.6.2006

Inhalt

Biophysik

Biophotonen

Lebensmittelqualität

Ausblick

Weltbild der Biophysik

- *Schwerkraft*
 - *Kernkraft*
 - *Schwache Wechselwirkung*
 - *Elektromagnetismus*
-
- *Quanten-Elektro-Dynamik & Theorie Offener Systeme sind wichtige Methoden der Biophysik*

Elektromagnetische Wechselwirkung

Quanten **E**lektro **D**ynamik



Photonen $h\nu$



Ladungsverteilungen Q

in Atomen, Molekülen,
Makromolekülen,
Organellen, Zellen,
Organen, Organismen

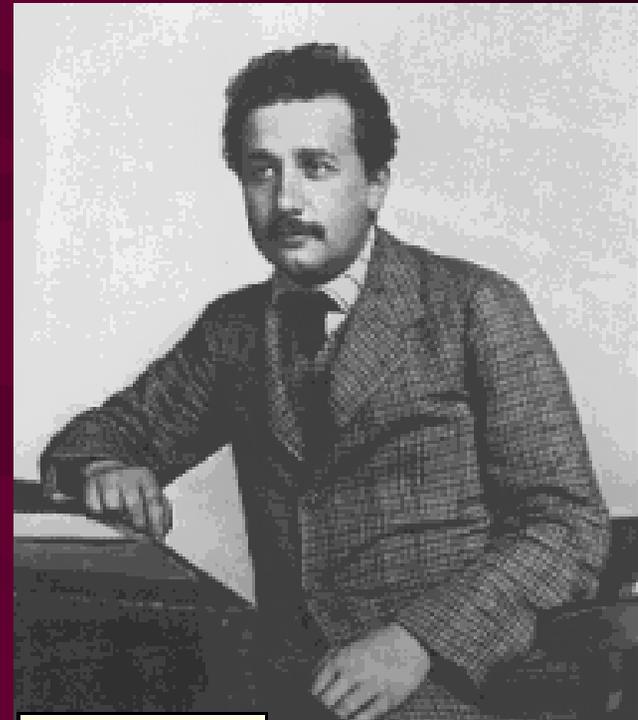
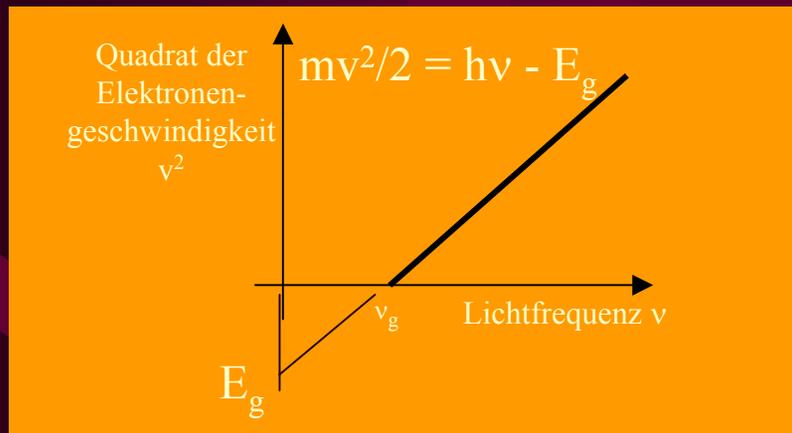
wechselwirken über Photonen



R. Feynman
Nobelpreis QED

Photoeffekt

- **Licht der Frequenz ν fällt auf Metalle und löst dort **Elektronen** mit der **kinetische Energie $E = mv^2/2$ aus.****
- **A. Einstein 1905**
- **Licht besteht aus Lichtquanten bzw. Photonen mit der Energie $E = h\nu$ und dem Impuls $p = h/\lambda$**



A. Einstein, Nobelpreis

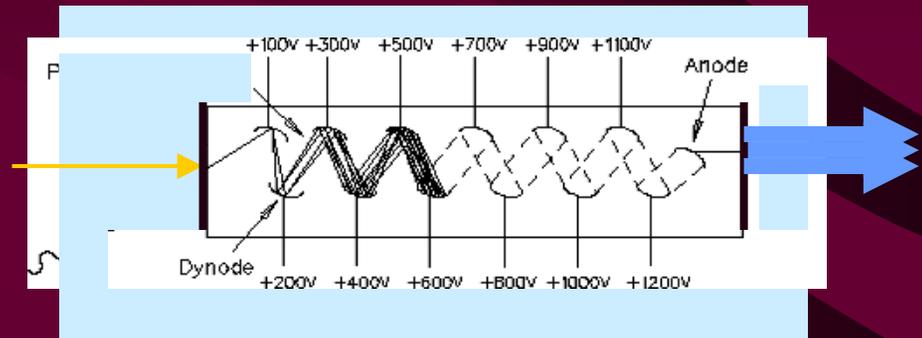
Messung von Photonen

- realer Photomultiplier PM zählt einzelne Photonen



- Prinzip eines PM

Photonen, Photokathode, Photoelektronen, Dynoden, Anode
(Verstärkung bis zu 10^7 -fach)

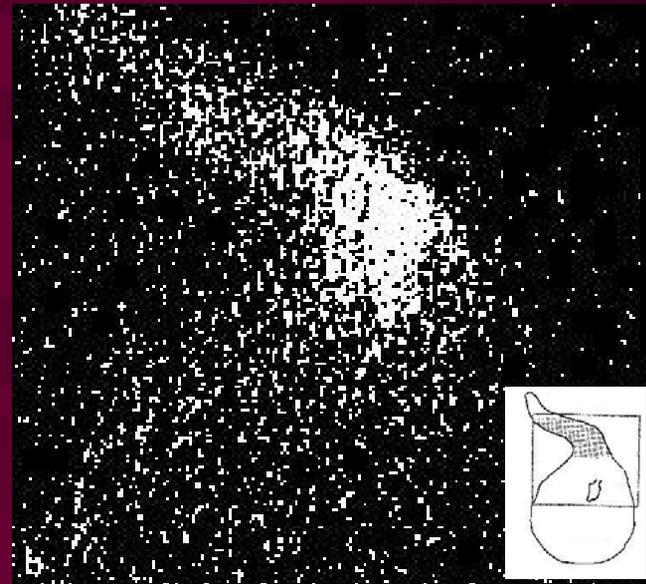


1 Photon

10^7 Elektronen

Biophotonen

- **Mitogenetische Strahlung**
UV-Strahlung beeinflusst die Zellteilung (Mitose) - Gurwitsch, Gabor
- **Nichttherm. Photonenemission**
biologischer Systeme im UV-, VIS -, IR- bis Mikrowellen-Bereich - Popp



Biophotonen eines Sojabohnen-Keimlings
Appl. Physics B 48 (1989) 183

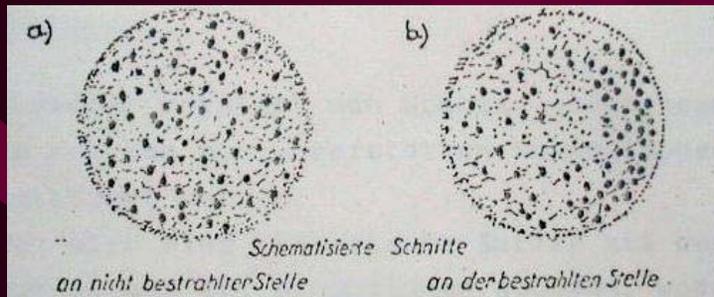
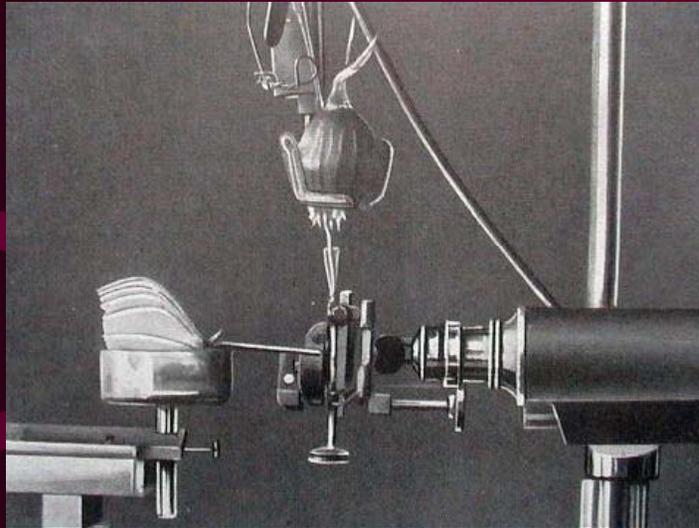
Anfänge der Biophotonen

- **A. Gurwitsch** (1874 - 1954), russischer Biologie und Mediziner
Lehrstuhl für Histologie, Dekan,
Medizinische Universität Moskau
- Embryologische Forschungen,
Morphogenese
- 1922 Entdeckung der
mitogenetischen Strahlung bei
Untersuchungen mit Zwiebel-
wurzelspitzen



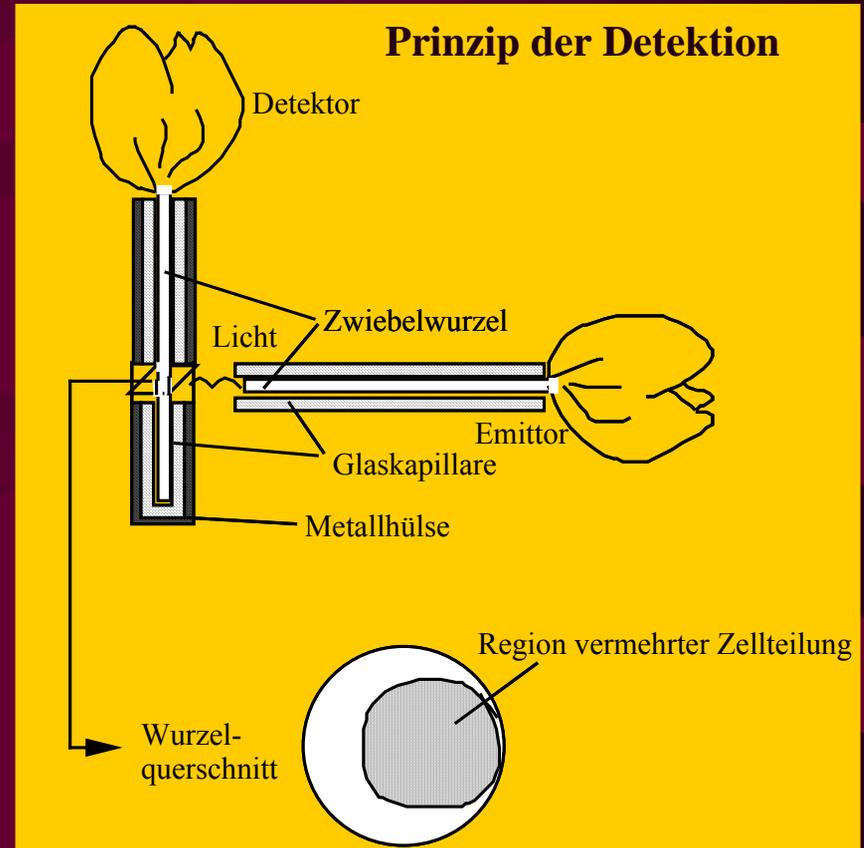
Mitogenetische Strahlung

A. Gurwitsch: Original-Messanordnung



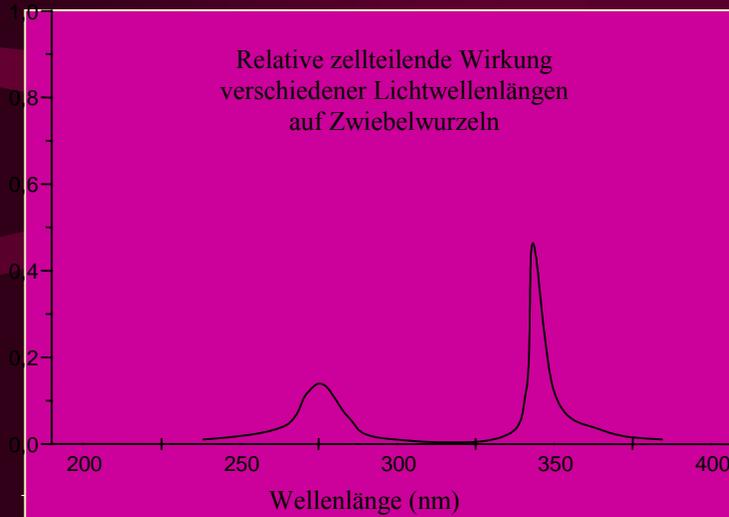
nicht bestrahlt

bestrahlt

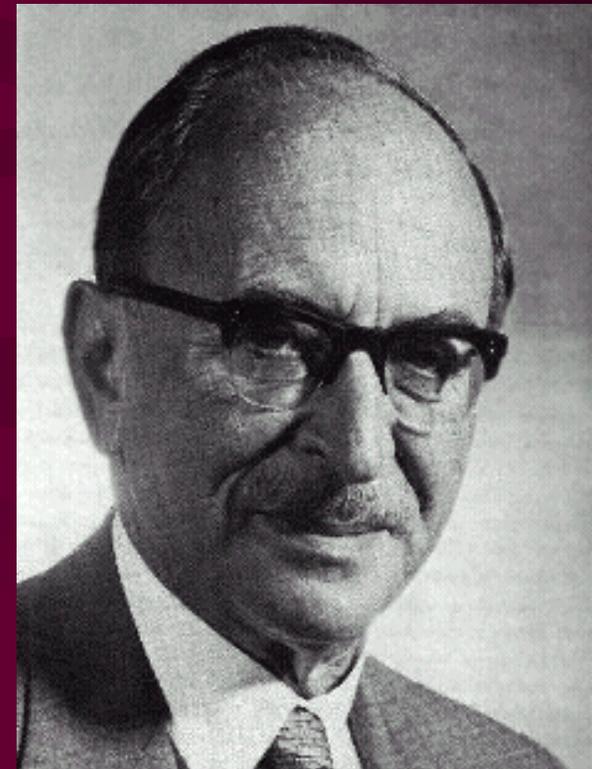


Mitogenetische Strahlung

- D. Gabor, N. Reiter 1927
Wiederholung der Zwiebelwurzel-
Untersuchungen von Gurwitsch



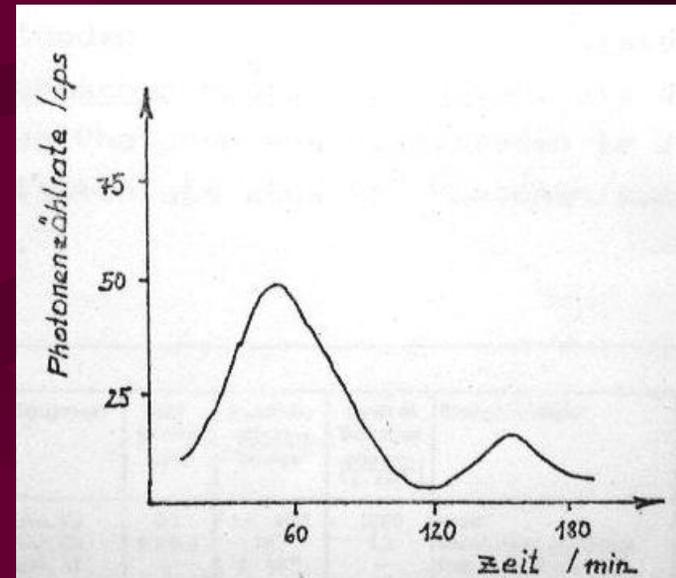
Messung der mitogenetischen
Strahlung an diversen biologischen
Systemen



D. Gabor
Nobelpreis für Holographie 1971

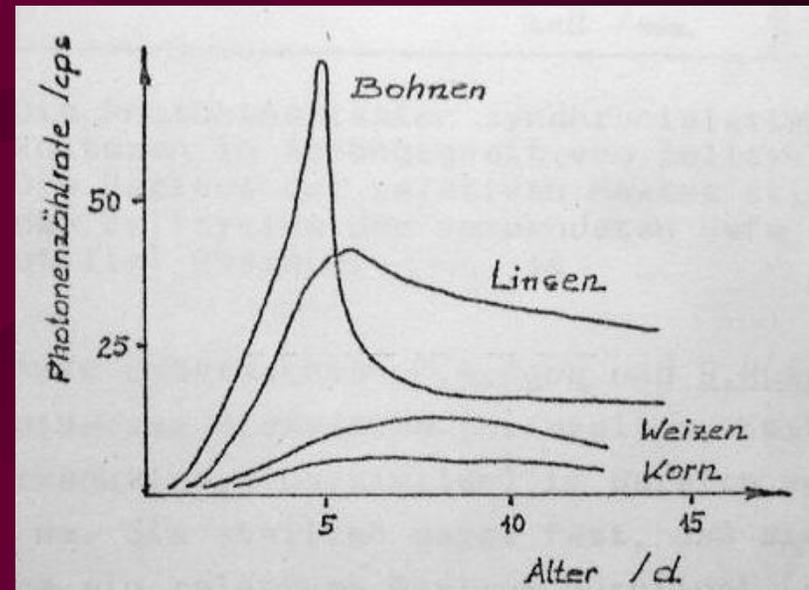
Biophotonen & Zellzyklus

- Konev 1966
- Biofizika 11(1966)261
- *Torula utilis*
- Photonenemission reflektiert Zellzyklus



Biophotonen + Wachstum

- Colli, Faccini 1955
- Abhängigkeit der Photonenemission diverser Keimlinge vom Alter (d Tage); Wurzeln strahlen stärker als Stengel und Keimblätter
- PMT 400 – 650 nm



Moderne Biophotonenforschung

- Im Jahre 1976 baute der deutsche Physiker B. Ruth im Rahmen seiner Dissertation bei dem Biophysiker F. Popp eine Biophotonen-Meßanlage im Spektralbereich von 200 – 800 nm.
- Photomultiplier (PMT) vom Typ EMI 9558 QB mit 44 mm S-20 Q Photokathode. PMT auf $-39\text{ }^{\circ}\text{C}$ gekühlt, die Ausgangsimpulse am PMT betragen 1 mV Impulshöhe und 50 ns Impulsbreite.
- Ein Verstärker-Diskriminator LB 2251 lieferte Standard-Ausgangsimpulse von 10 V und 500 ns, womit die Meßanlage im Single-Photon-Counting-Anlage betrieben werden konnte.
- Bei Eichwellenlänge von 478 nm betrug Quantenausbeute von 10 %
Nachweisgrenze: in 2 Stunden 50 Photonen pro Sekunde auf einem Signifikanzniveau von 99%.

Moderne Biophotonenforschung

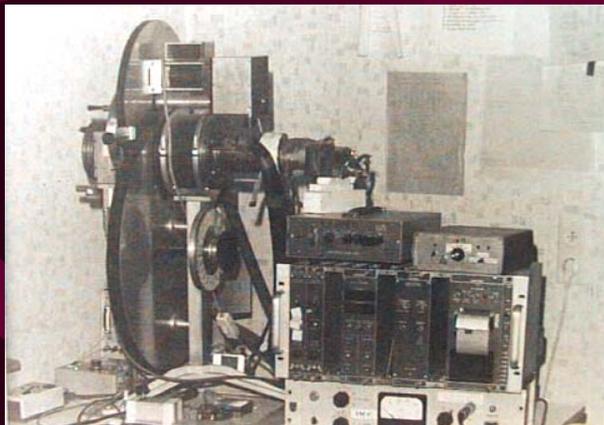
- **1976** bauten **F. Popp** und **B. Ruth** eine Biophotonen-Meßanlage im Spektral-bereich von **200 – 800 nm**.
- **Photomultiplier EMI 9558 QB** mit **44 mm S-20 Q Photokathode**, auf **– 39 °C** gekühlt, Ausgangsimpulse **1 mV** und **50 ns** Impulsbreite.
- **Verstärker-Diskriminator LB 2251**
TTL-Impulse von 10 V und **500 ns**,
Single-Photon-Counting-Anlage



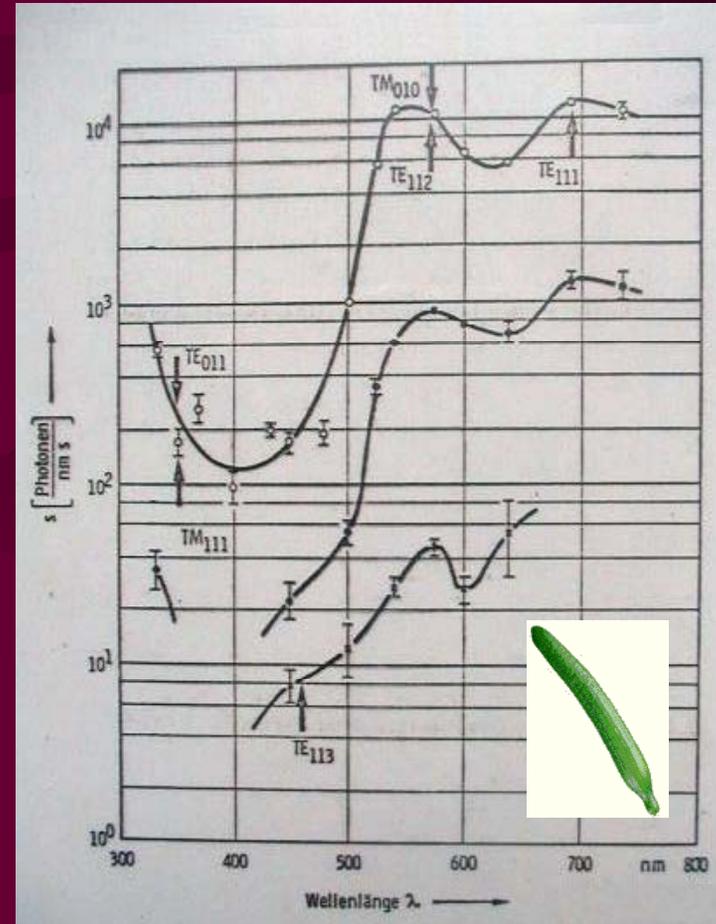
F.A. Popp

Biophotonen von Gurkenkeimlingen

- **F. Popp, B. Ruth**
- Messungen der spektralen Photonenemission $Z_\lambda(T)$ von **Gurkenkeimlingen** im Spektralbereich von 200 – 800 nm
- Zeitschrift Naturforsch. 31c (1976) 741



Original-Messanordnung B. Ruth



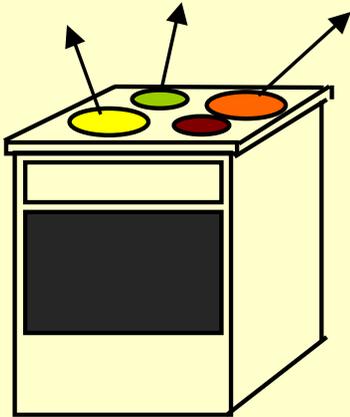
Spektrale Biophotonenemission $Z_\lambda(T)$

mit
Azeton

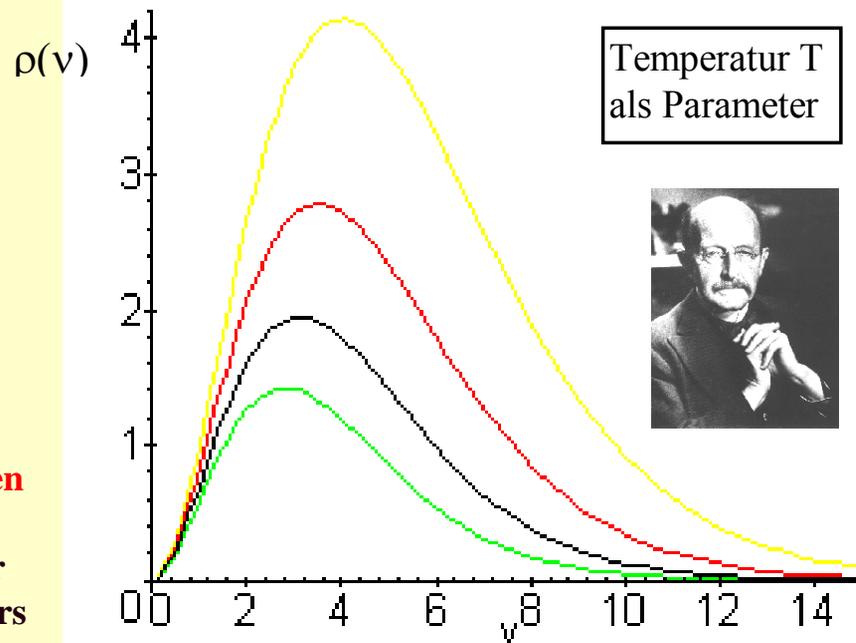
mit
Cialith

ohne
Gift

Plancksche Wärmestrahlung

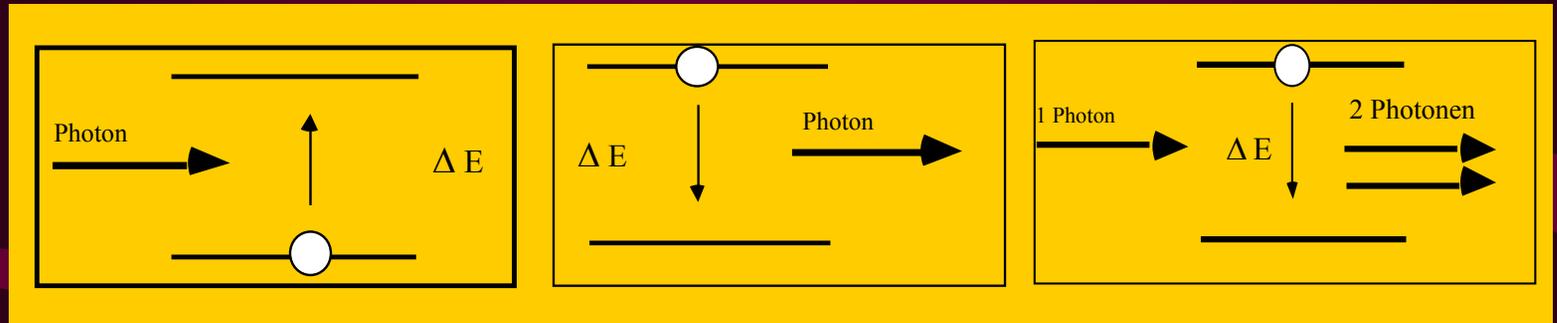


Messungen und Berechnungen
der Energiedichte $\rho(\nu, T)$
von elektromagn. Wellen der
Wärmestrahlung eines Körpers
bei der Temperatur T
stimmen nur überein,
wenn die Energie $E = h\nu$
in Quanten vorliegt.

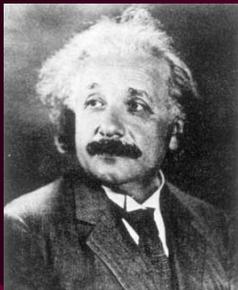


$$\rho_{\nu}(T) = \frac{8\pi}{c^3} \nu^2 \langle E \rangle = \frac{8\pi}{c^3} \nu^2 \cdot \frac{h\nu}{\exp\left(\frac{h\nu}{kT}\right) - 1}$$

Thermische Photonenemission

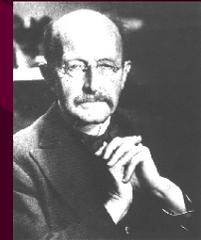


Absorption = Emission + stimulierte Emission

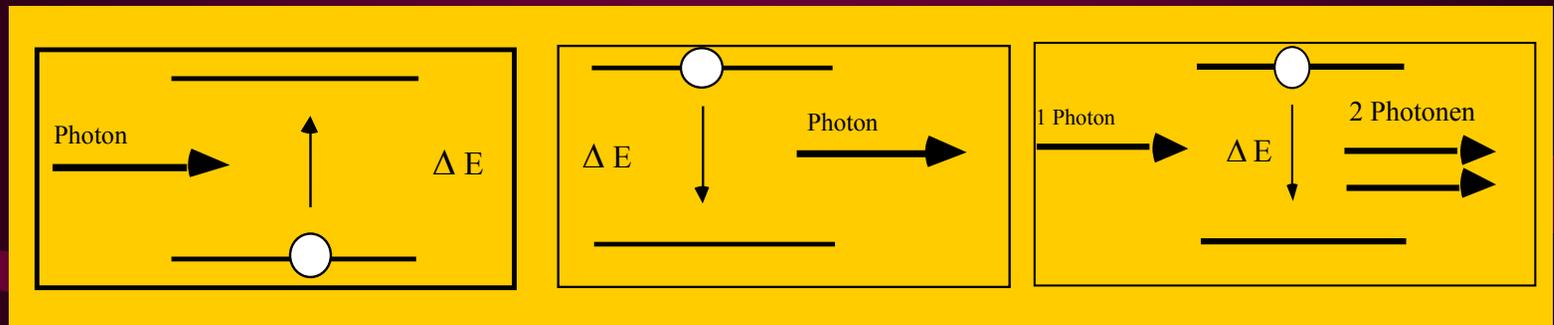


Einstein 1917

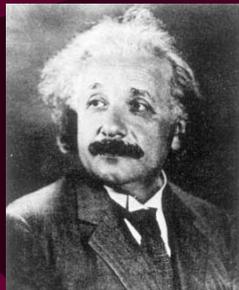
⇒ thermodyn. Gleichgewicht:
Entropiemax. = Ordnungsminimum = Tod
⇒ Plancksche Wärmestrahlung



Nichtthermische Photonenemission



Absorption \neq Emission + stimulierte Emission



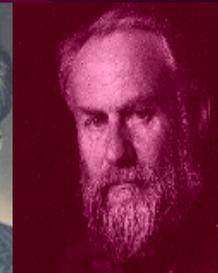
Einstein 1917

\Rightarrow fern vom thermodyn. Gleichgewicht:
Entropieminimum = Ordnungsmaximum
 \Rightarrow Laserstrahlung, nichttherm. Photonen

Angeregte Zustände überwiegen und werden für dissipative Prozesse offener Syst. benötigt



Schrödinger
Was ist Leben ?



Haken
Lasertheorie



Prigogine
Diss. Syst.

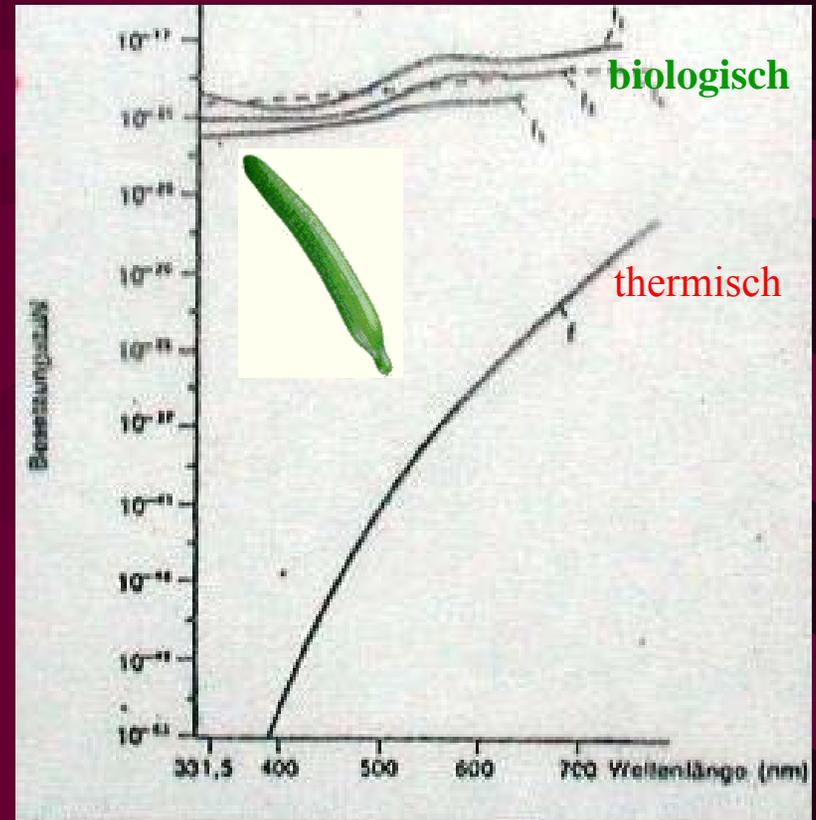
Nichtthermische Photonen

- **F. Popp 1979**
Phasenraumbesetzung zeigt
Biophotonen fern vom
thermodyn. Gleichgewicht

$$f_{\lambda}(T)_{\text{Biophoton}} = \frac{Z_{\lambda}(T) \cdot \lambda^4}{8\pi \cdot c \cdot F}$$

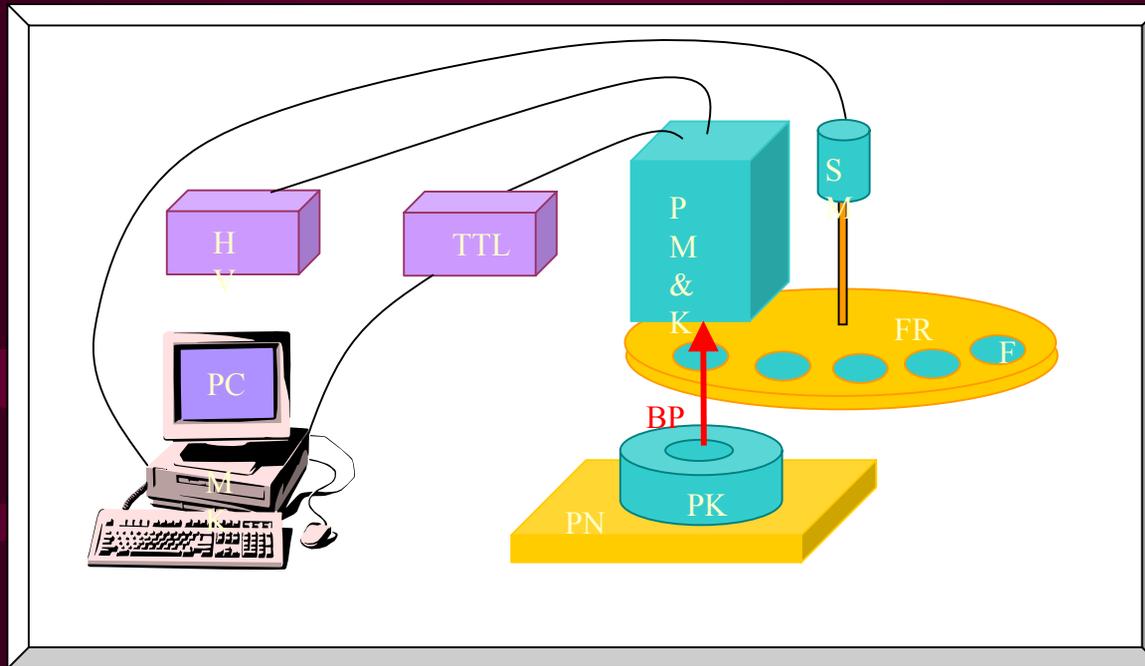
$$f_{\lambda}(T)_{\text{Planck}} = \frac{1}{\exp\left(\frac{hc}{kT\lambda}\right) - 1}$$

”Electromagnetic Bioinformation”
Urban & Schwarzenberg, München 1979



Photodec I

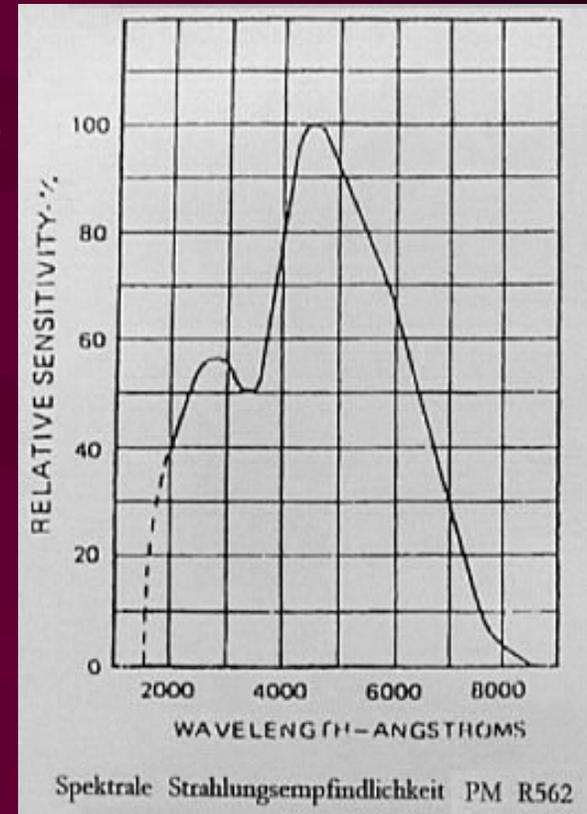
Spektrale Biophotonen-Meßanlage am Atominstitut



PM & K:	Hamamatsu Photomultiplier R 562 und Kühler C569
FR, F:	Filterrad und Filter (Langpaßfilter Fa. Schott, Mainz)
SM:	Schrittmotor zum schrittweisem Drehen des Filterrades
PK:	Probenkammer aus rostfreiem Stahl mit diversen Anschlüssen
PN:	Pneumatik zum Heben und Senken der Probenkammer
BP:	Emission von Photonen (z. B. Biophotonen)
HV:	Hochspannungsversorgung Stanford Research PS325
TTL:	Verstärker-Diskriminator Amptec A-101 PAD für TTL-Impulse
MK:	Meßkarte Oxford Tennelec MCS II - Zählung der TTL-Impulse
PC:	Personal-Computer zur FR-Steuerung und MCS-Meßsoftware

Photomultiplier R 562 Hamamatsu

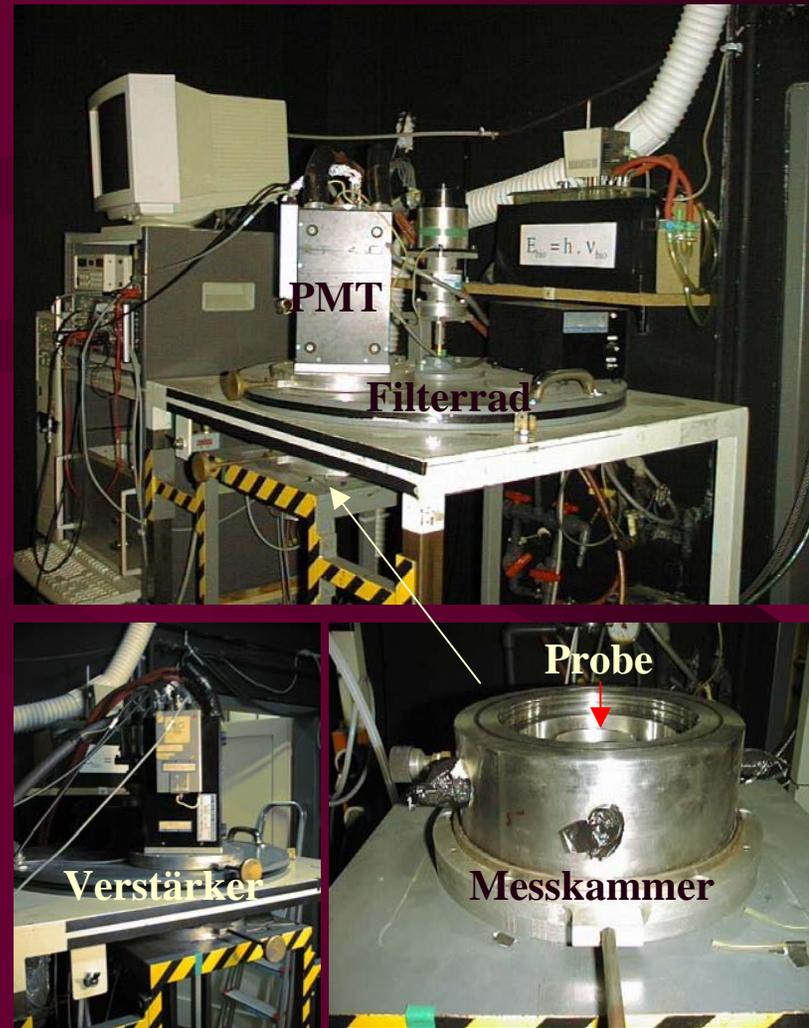
Durchmesser:	51 mm
Photokathodendurchmesser:	46 mm
Kathodenmaterial:	Multialkali (Ca-Na-K-Sb)
spektrale Empfindlichkeit:	160 - 850 nm (Max 420)
max. mittl. Anodenstrom:	0,1 mA
Kathodenempfindlichkeit:	243 mA/lm
Anodenempfindlichkeit:	170 A/lm
Anoden-Dunkelstrom:	4 nA
Rot-Weiß Empfindlichkeit R/W:	1/3
Elektronenlaufzeit:	70 ns
Anoden-Impulsanstiegszeit:	9 ns
Stromverstärkung:	$5,3 \cdot 10^5$ (bei 1000 V)
Spannungsversorgung:	1400 V



Photodec I

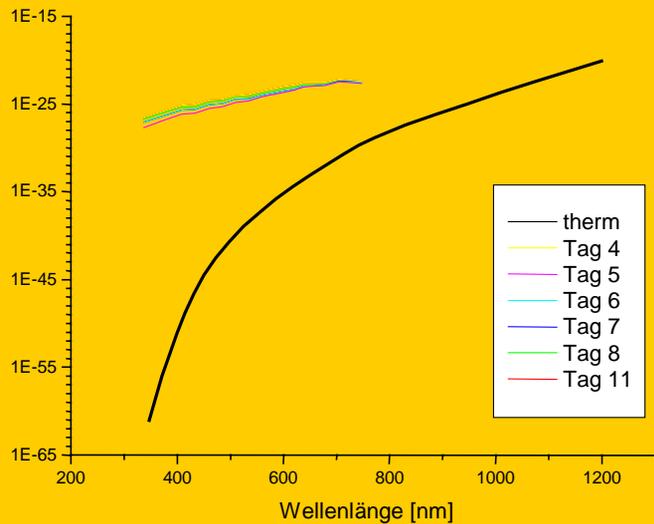
Gerät zur Messung der
Biophotonenspektren ν_{bio}

- Betrieb im Single-Photon-Counting-Mode
- $E_{\text{bio}} = h\nu_{\text{bio}}$

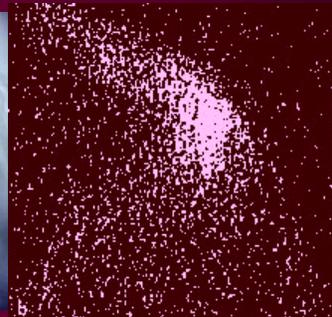
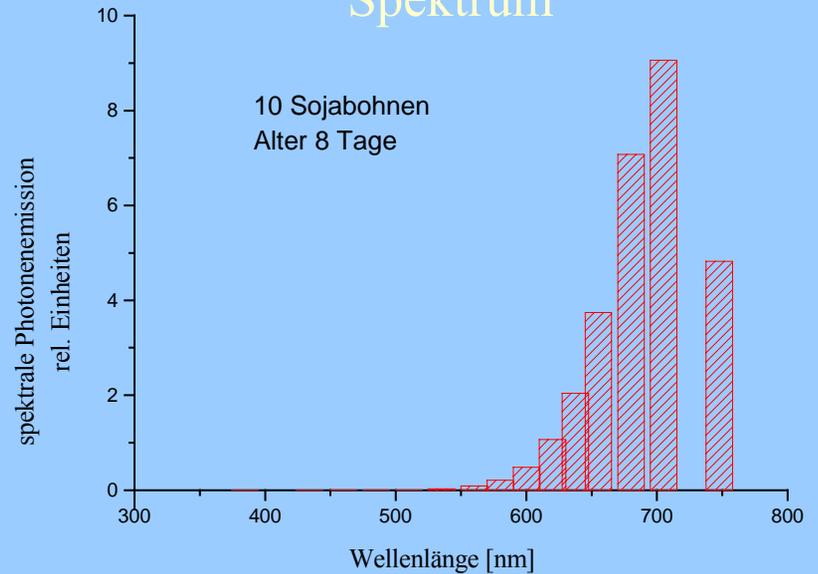


Biophotonen aus Sojabohnen

Phasenraum



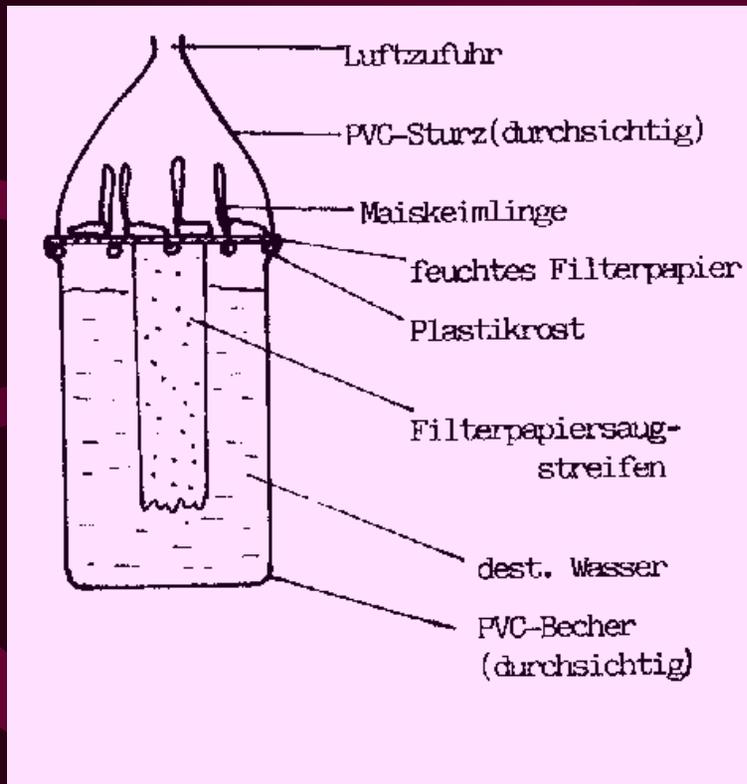
Spektrum



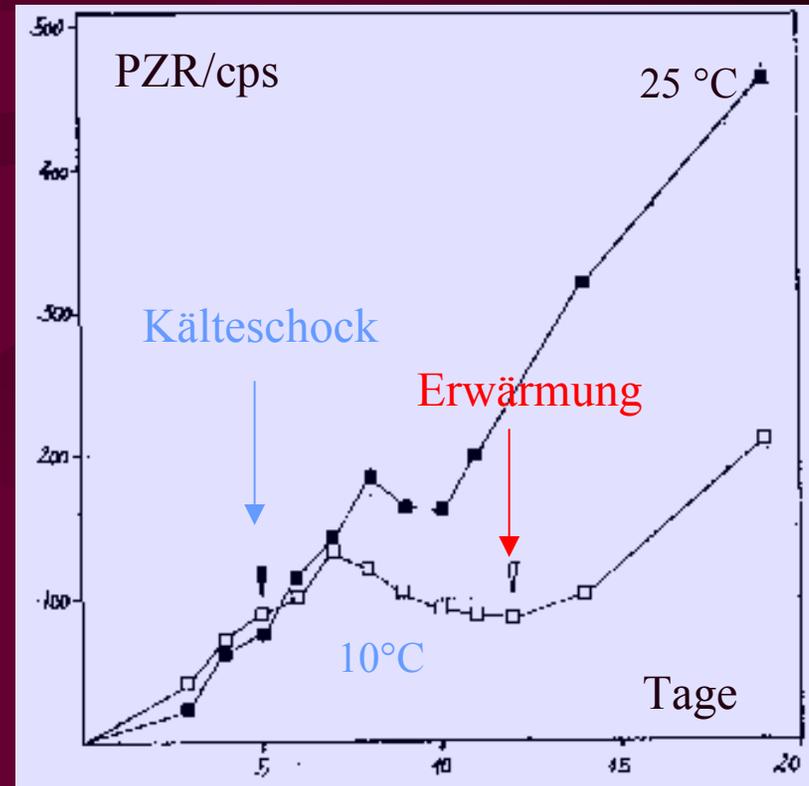
Biophotonenemission

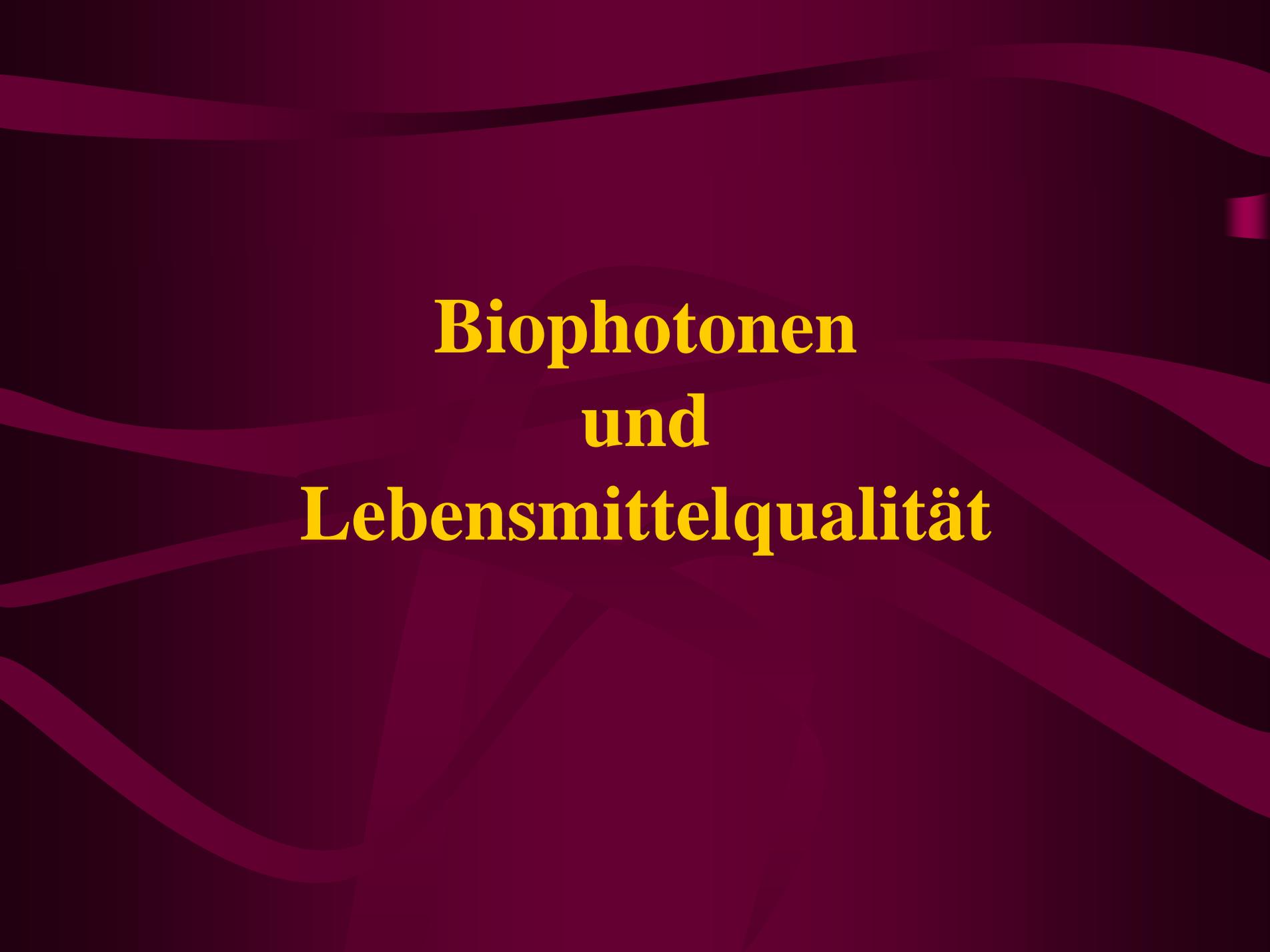
von Maishybriden Anjou-256 mit Kälteschock

F. Hofstadler, Dipl.Arbeit, Uni Boku, Inst. für Pflanzenbau 1983



Mikro-Jakobson-Keimbehälter



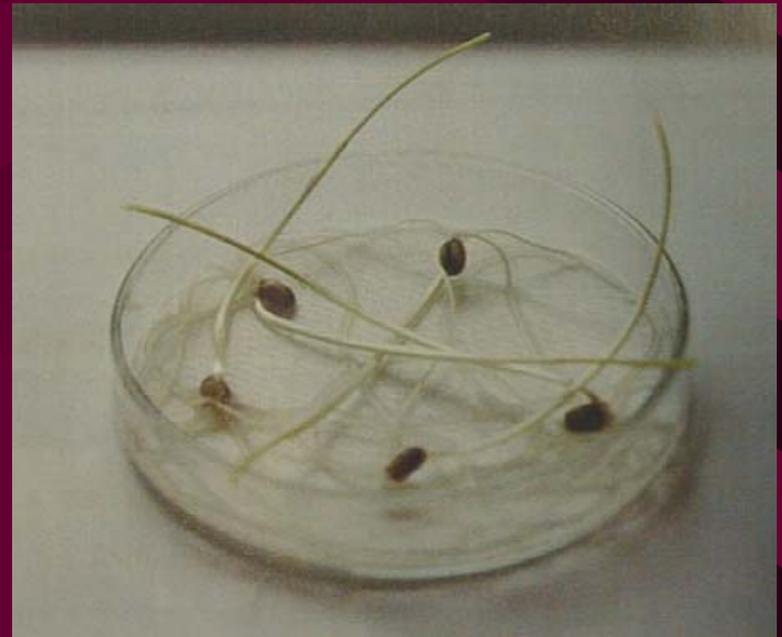


**Biophotonen
und
Lebensmittelqualität**

Biophotonen von Winterweizen

- **M. Lenzenweger 2001**, Uni Wien, Kooperation L.B.-Institut für Biol. Landbau & Atominstitut, TU Wien
- **Proben:** Winterweizen Capo, Ernte 1999 (biol.A und konventionell **B**)
- **Kultivierung:** 5 Weizenkörner in Glaspetrischalen 2-lagiges Rundfilterpapier, 10 ml Leitungswasser, danach 15 Minuten bei 120 °C in Dampfchamber saniert, im Dunkeln bei 25 °C
- **Messung:** Proben wurden am 3., 4. und 5. Tag nach Aufzucht auf Biophotonen-Emission mit Photodec II gemessen

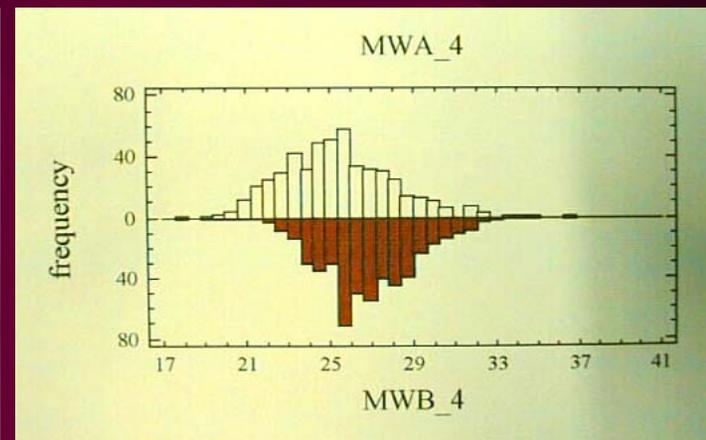
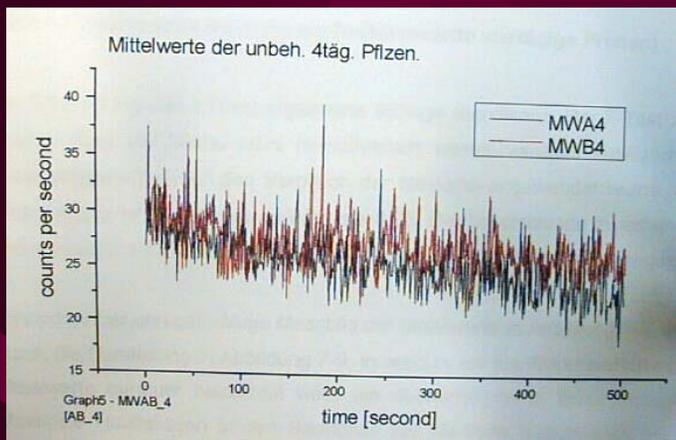
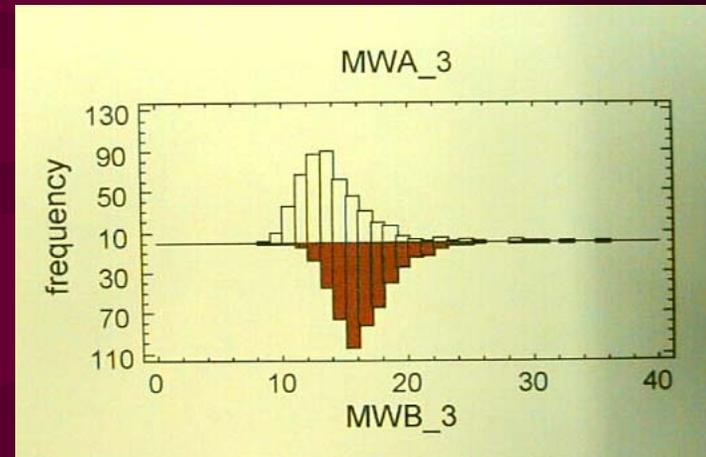
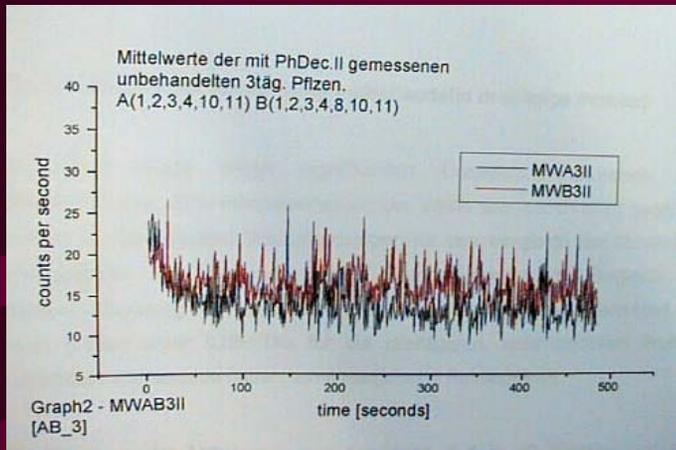
Auswertung ergab signifikanten Unterschied d. Photonenemission zwischen biol. und konv. Proben



Diplomarbeit, Uni Wien 2001

Biophotonen von Winterweizen

A-biologisch & B-konventionell



Einfluss informierter Wässer auf Wachstum und Erträge von Hafer und Erbse sowie auf deren Vitalqualität

- **Diplomarbeit M.Voithofer, 2004**
Inst. für Ökol. Landbau, Univ. f.
Bodenkultur, Wien
- **Gefäßversuche:**
- **Keimversuche:**
 - Keimfähigkeit
 - Biofunktionelle Systemdiagnostik
 - Biophotonen (Kooperation mit
Atominstitut)



Hafer auf Rispe

Wasserproben

- **GL:** Leitungswasser vom Institut für Ökologischen Landbau aus Grobenzersdorf bei Wien
- **M₁₅:** 1 Liter GL + 15 Tropfen (1,087 g) Wasser des Heiligen Brunnens in Mariazell
- **S:** GL + 12 Stunden Aktivierung mit Sicon-Aqua-Activator-Glasstab (gefüllt mit Quarzsand und Mineralien)

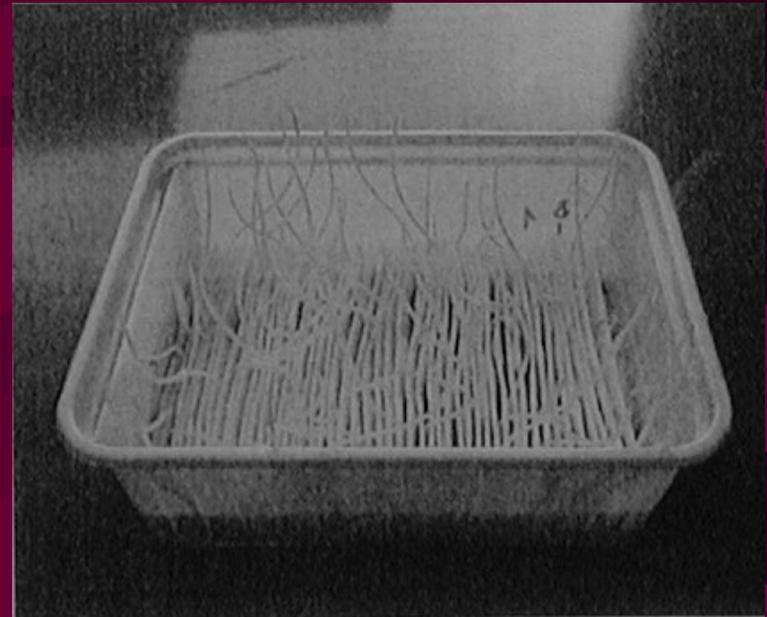


Mariazell:
Wallfahrtsort in
Österreich mit
Heiligem Brunnen



Aufbereitung der Haferkeimlinge

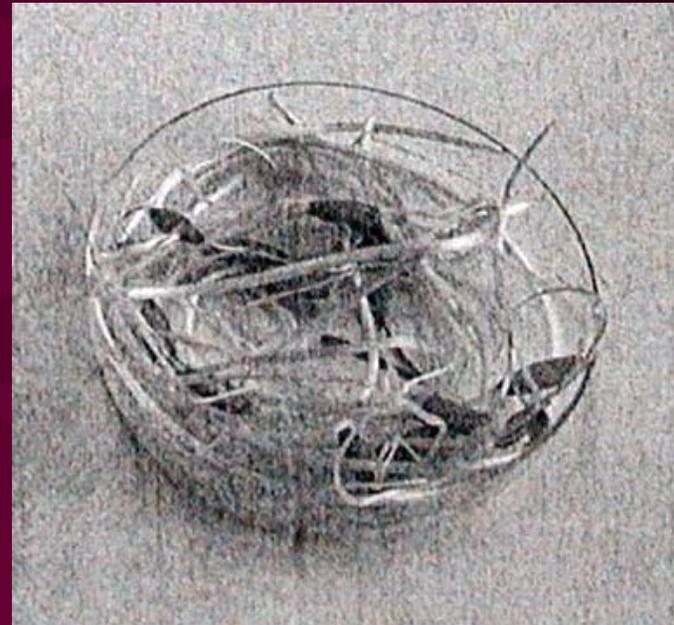
- **Hafersaatgut Monarch**
- **mit 80% Alkohol besprüht**
- **100 Körner zwischen Faltpapier in Keimschale, 40 ml Wasser GL, M15, S; mit Alufolie umwickelt**
- **im Keimschrank bei 20°C im Dunkeln für 7 Tage gelagert.**



Geöffnete Keimschale nach 7 Tagen

Biophotonen-Messung von Haferkeimlingen mit Photodec

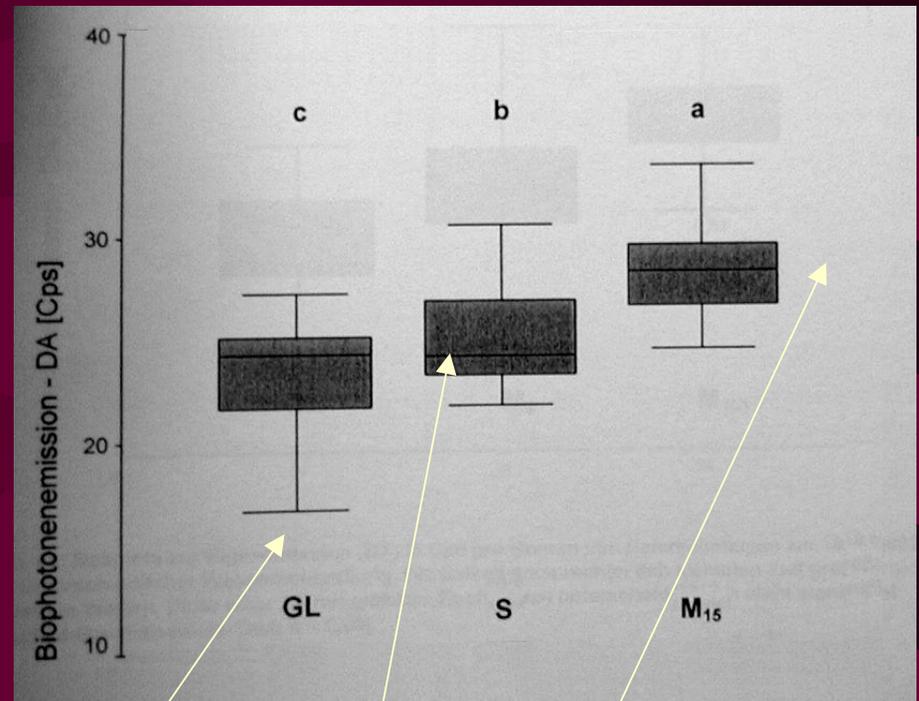
- Je 4 Keimschalen zu je 100 Keimlingen (total 400) für jede Variante GL, M15 und S
- Die einzelne Keimschalen wurden erst vor der Messung im dunklen Messraum geöffnet und in Messschalen zu je 14 Stück Keimlingen gebracht (daher für jede Variante 28 Messungen)
- Gemessen wurde die spontane Biophotonenemission mit Photodec I



Messschale mit 14 Haferkeimlingen
im Alter von 7 Tagen

Ergebnisse - Biophotonen

- **Mittelwerte (ANOVA, Tukey) von GL, M15 und S sind signifikant unterschiedlich**
- **mittlere Rangwerte mit (Kruska-Wallis, Mann-Whitney)**
- **Vergleich der Verteilungen mit (Welch, Welch)**



Varianzen, Median , Boxenbreite (50% Stichproben)

Prämierte Diplomarbeit

- Die Diplomarbeit von **Monika Voithofer** wurde mit einem **Neptun Wasserpreis 2005** prämiert

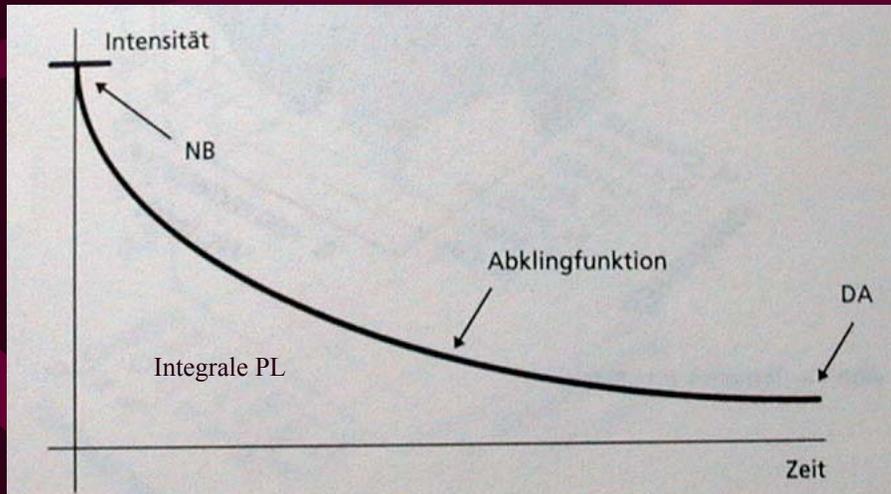


Photolumineszenz PL als biophysikalisches Qualitätsmerkmal

- Wie gut können angeregte Zustände gehalten werden ?
- Parameter der PL-Abklingkinetik als quantitative Maße

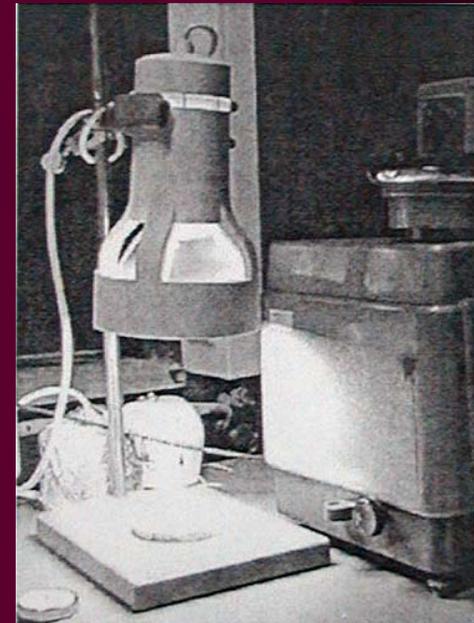
Parameter der PL

- **Parameter:**
- Anfangswert NB
- Abklingfunktion (exponentiell, hyperbolisch, etc.)
- spontane Biophotonenemission DA
- Integrale PL



Definierte Lichtanregung:

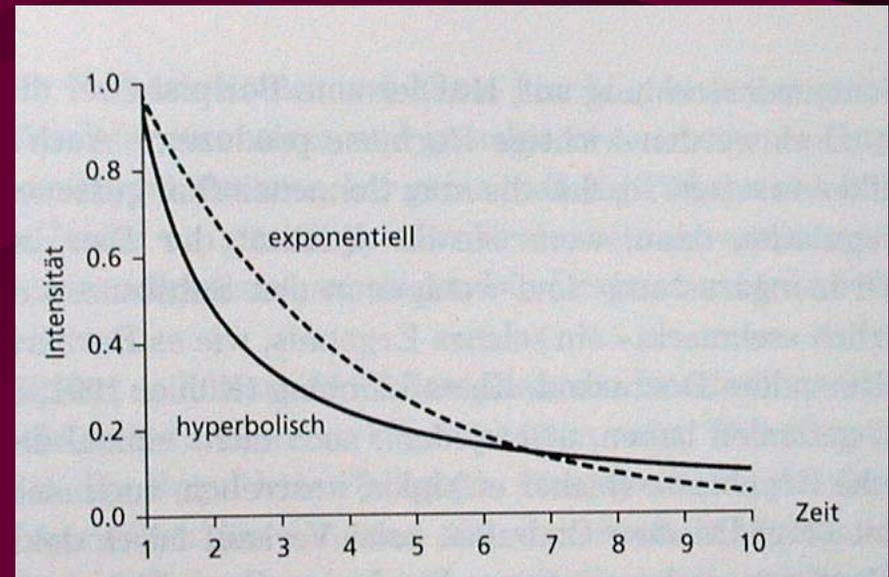
Weißlicht - Spektrum,
Bestrahlungsstärke,
Dauer



Abklingfunktionen

- **Exponentielle Abklingfunktion** als Lösung harmonischer Oszillatoren mit Dämpfung (Modell: Atome in stochastischer, d.h. gedächtnisloser Wechselwirkung mit Eigenfeld, keine Korrelationen, Unordnung)
- **Hyperbolische Abklingfunktion** als Lösung harmonischer Oszillatoren mit kohärenter Frequenz, Phase (Modell: Atome in kohärenter, d.h. Informations erhaltender Wechselwirkung mit Eigenfeld, Korrelationen, Ordnung)

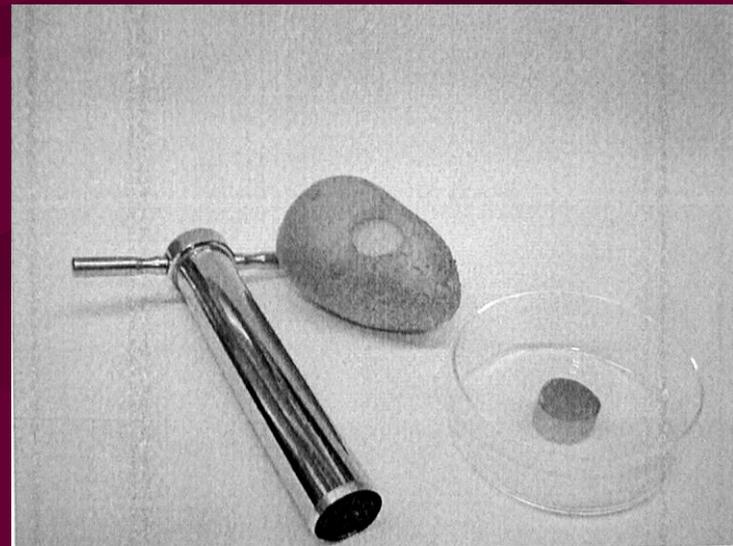
Geringe biologische Qualität



Erhöhte biologische Qualität

PL als Qualitätsparameter für Biokartoffel

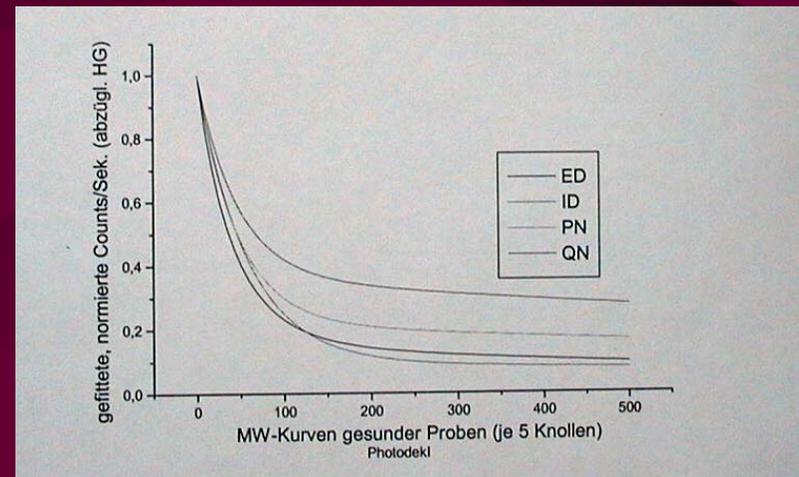
- **M. Lenzenweger, 2004**
Coop LB-Institut für Ökolog.
Landbau & Atominstitut
- **Sorten:** Ditta und Nicola
- **Standorte:** div. biolog.
Landwirtschaftsbetriebe in NÖ
- **Lagerung:** Zeitraum 2 Monate
nach Ernte; Einfluss deutlich
- **Knollen:** Probenahme an Spitze
und knapp unterhalb der Schale
am optimalsten; 10 Knollen



Probennahme

Ergebnisse Biokartoffel

- Sorte Nicola zeigt etwas bessere PL-Werte als Ditta
- Standort-Einflüsse bedürfen weiterer Untersuchungen



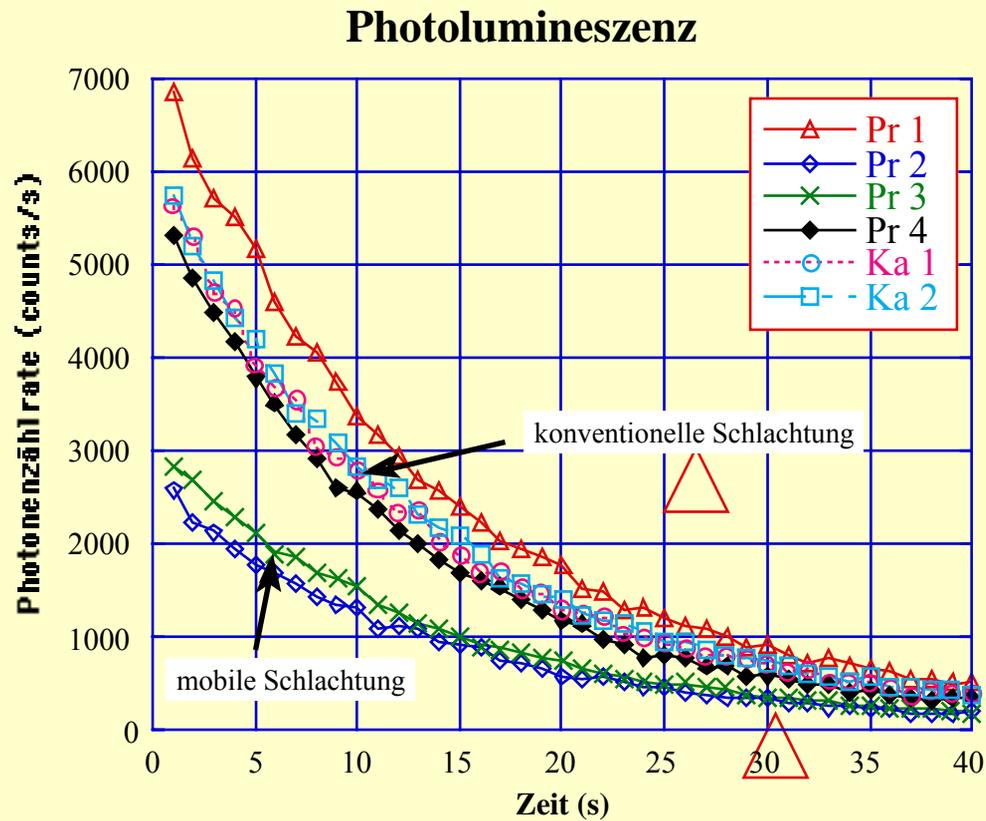
Photonenemission von Rindfleisch unterschiedlicher Schlachtarten

**nach Auftrag
von
ORF-Redaktion „Argumente“**

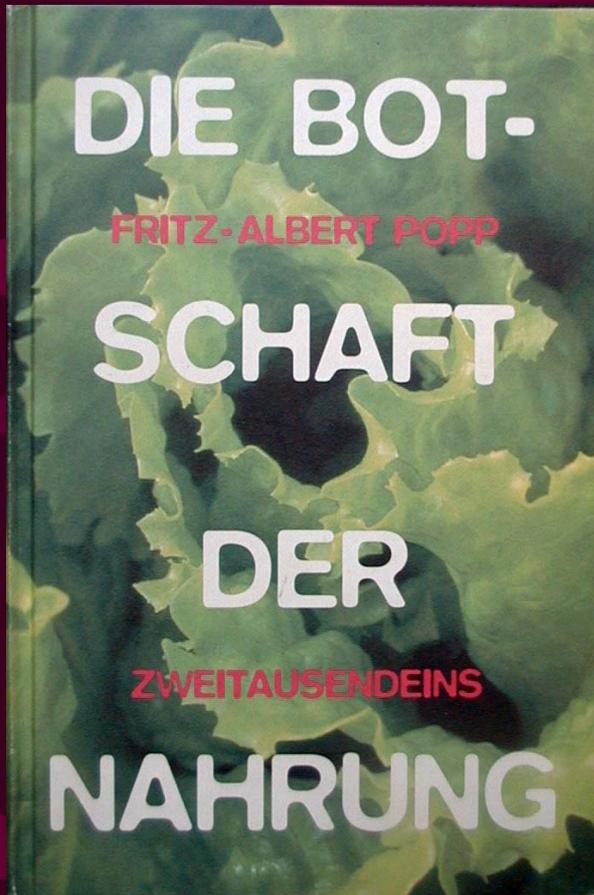
Die Fleischproben (hinteres Ausgelöste vom Stier bzw. Kalbin) wurden nach Anregung von Dr. Hingst (ORF-Redaktion "Argumente") von Dr. Gerda Krebs, Chemikerin, angeliefert. Ein Teil der Proben stammte von konventionellen Schlachtbetrieben (St. Marx, 3 verschiedene Schlächter), zwei weitere Proben je von der linken bzw. rechten Hälfte eines mit einer mobilen Schlachtstätte (Fa. Schweiger) geschlachteten Tieres.

Proben- bezeichnung	Herkunft	Schlachtart	Schlacht-ter min	Sex m/w
Pr 1	St. Marx	konventionell	12.12.94	m
Pr 2	Fa. Schweiger	mobil	14.12.94	m
Pr 3	Fa. Schweiger	mobil	"	m
Pr 4	St. Marx	konventionell	12.12.94	m
Ka 1	St. Marx	konventionell	9.12.94	w
Ka 2	St. Marx	konventionell	"	w

Ergebnisse ORF-Argumente



Literatur und EU-Patent



Europäisches Patentamt
European Patent Office
Office européen des brevets

Veröffentlichungsnummer: 0 430 150 A2

EUROPÄISCHE PATENTANMELDUNG

Anmeldenummer: 90122586.2
Anmeldetag: 27.11.90

Int. Cl.⁴: G01N 21/62, G01N 21/75, C12M 1/34

Priorität: 29.11.89 DE 3939411

Veröffentlichungstag der Anmeldung: 05.06.91 Patentblatt 91/23

Benannte Vertragsstaaten: BE DE FR LU NL Patentblatt

Anmelder: Popp, Fritz-Albert
Opelstrasse 10
W-6750 Kalserslautern 25/Siegelbach(DE)

Erfinder: Popp, Fritz-Albert
Opelstrasse 10
W-6750 Kalserslautern 25/Siegelbach(DE)

Vertreter: Dr. Fuchs, Dr. Luderschmidt
Dipl.-Phys. Seids, Dr. Mehler Patentanwälte
Abraham-Lincoln-Strasse 7, Postfach 4660
W-6200 Wiesbaden(DE)

Verfahren zur Prüfung der Qualität und der Qualitätsänderungen von biologischen Systemen und mit ihnen wechselwirkenden organisch-chemischen Verbindungen mittels Messung der ultraschwachen Photonenemission.

Bekannte Zustandsparameter für die Qualität von biologischen Systemen, Lebensmitteln und mit diesen wechselwirkenden organisch-chemischen Verbindungen werden mit den Methoden der vergleichenden statistischen Analyse mit Meßparametern der ultraschwachen Photonenemission. Dies bietet die Möglichkeit, den Qualitätsinhalt und die Vitalität eines biologischen Systems im Sinne von Erwin Schrödingers Qualitätsbegriff mittels Meßparametern reproduzierbar wiederzugeben, die Qualität von Lebensmitteln zu ermitteln und zu erwartende Qualitätsänderungen bei Lagerung vorauszubestimmen sowie die Bioverträglichkeit organisch-chemischer Verbindungen vorherzusagen. Zu Konservierungszwecken bestrahlte Lebensmittel können von unbestrahlten selbst ein Jahr nach der Bestrahlung noch signifikant in der Intensität der Photonenabstrahlung unterschieden werden. Umwelteinflüsse auf lebende Systeme lassen sich durch Beobachtung der ultraschwachen Photonenemission über einen kurzen Zeitraum fast unmittelbar als Umweltbelastung oder -schädigung charakterisieren.

Literatur Biophotonen

