

11. Gasentladungsbildschirme

Inhalt

- 11.1 Technologien für flache Bildschirme
- 11.2 Aufbau von Gasentladungsbildschirmen
- 11.3 Herstellungsprozess
- 11.4 Lichterzeugung in Plasmabildschirmen
- 11.5 Betrieb der Gasentladung
- 11.6 Auswahlkriterien für Bildschirmleuchtstoffe
- 11.7 Leuchtstoffe in CRTs und PDPs
- 11.8 Rote PDP Leuchtstoffe
- 11.9 Grüne PDP Leuchtstoffe
- 11.10 Blaue PDP Leuchtstoffe
- 11.11 Status und Ausblick

11.1 Technologien für flache Bildschirme

Technologie	Effizienz	Max. Größe	Anwendungsbereiche
Organische EL	2 lm/W	10"	Automobile, Mobiltelefone
Anorg. EL	1 lm/W	17"	Instrumentenanzeigen
FED	5 lm/W	17"	
LCD	4 lm/W	65"	Laptops, Monitore, LCD-TV
PALC	4 lm/W	40 - 50"	-
LED Array	8 - 10 lm/W	> 100"	Werbetafeln, Stadionanzeigen
Projektions TV	5 lm/W	50 - 60"	TV
PDP	5 lm/W	~ 300"	TV, Anzeigetafeln
CRT	3 lm/W	36"	TV, Monitore

Merke: Weißes Licht ~ 300 lm/W_{opt.}

⇒ Energieeffizienz von Bildschirmen ~ 1 – 3%

11.1 Technologien für flache Bildschirme

Gasentladungsbildschirme



60" HDTV-PDP

Eigenschaften

**Flach und groß
(32 - 300 Zoll)**

Dünn ~ 100 mm

**Geringes Gewicht
~ 20 - 30 kg für 42 Zoll**

**Großer Betrachtungs-
winkel ~ 170°**

Keine Verzerrungen

**Keine Beeinflussung
durch ext. Magnetfelder**

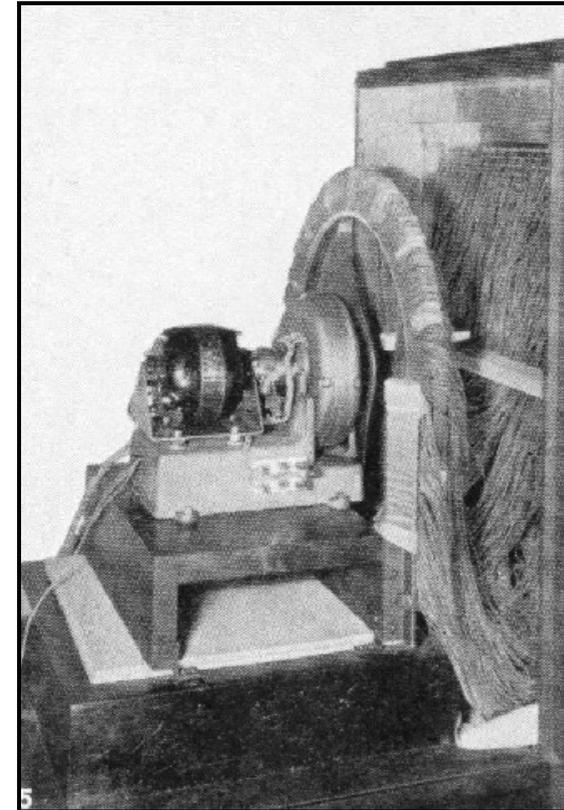
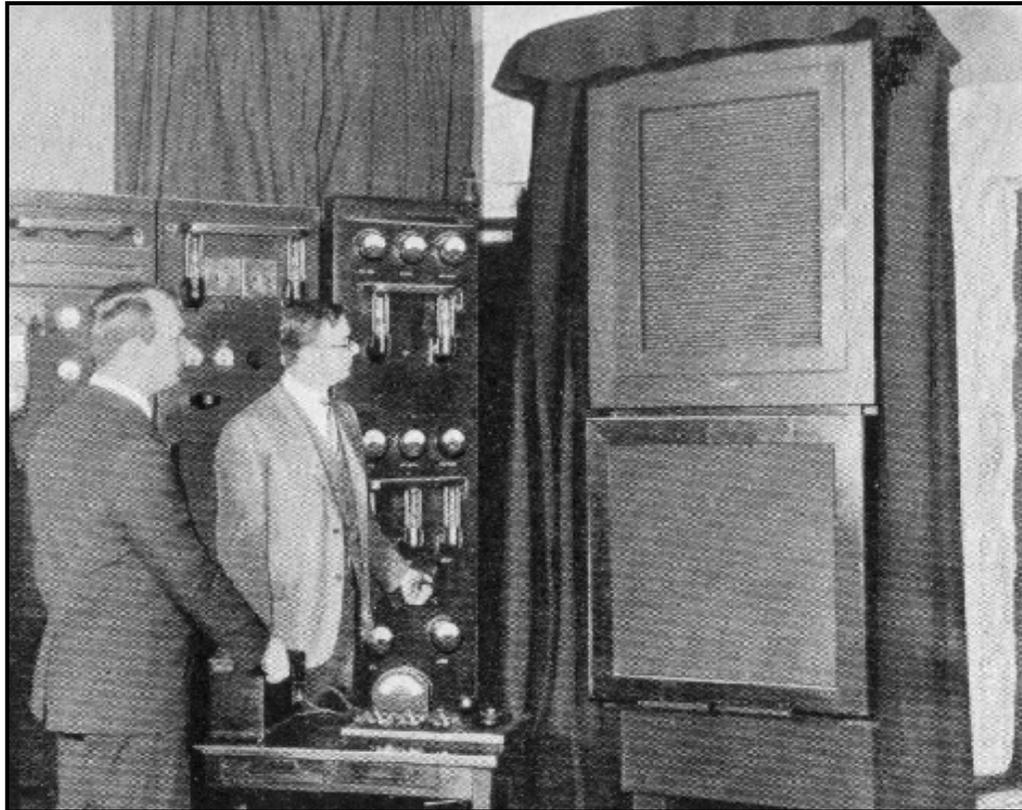
11.1 Technologien für flache Bildschirme

Emissive Bildschirmtypen

Technologie	CRT	PDP
Anregungsquelle	Elektronenstrahl	Gasentladung
Anregungsenergie	20 - 30 keV	6 - 10 eV
Leuchtstoffe	Sulfide	Oxide
Gasdruck	$< 10^{-3}$ mbar	200 - 300 mbar
Betrachtungswinkel	$> 160^\circ$	$> 160^\circ$

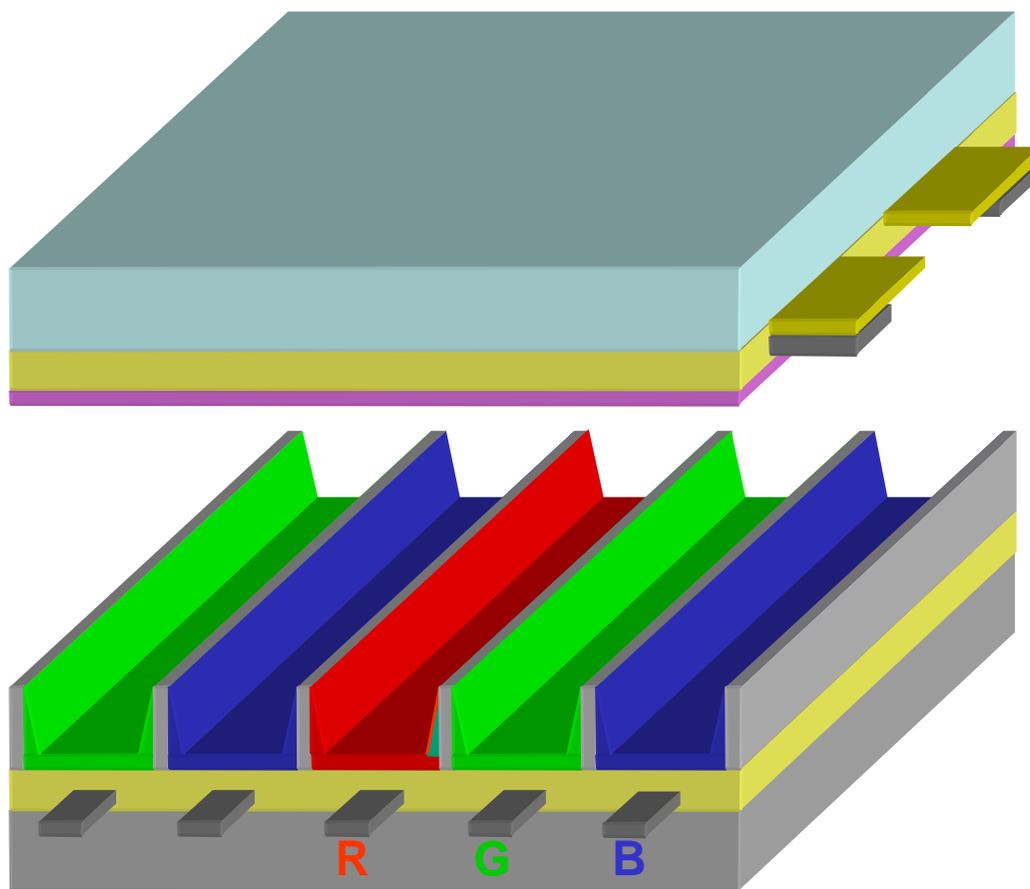
11.1 Technologien für flache Bildschirme

Plasmabildschirme 1929



11.2 Aufbau von Gasentladungsbildschirmen

Vereinfachter Schichtaufbau



Frontglasplatte

Buselektroden (ITO)

Dielektrikum

MgO Schutzschicht

RGB Leuchtstoffe

Dielektrikum

Adresselektroden (Ag)

Rückseitige

Glasplatte (PD200)

Gasfüllung ~ 500 Torr Ne mit 3 - 5 % Xe

11.2 Aufbau von Gasentladungsbildschirmen

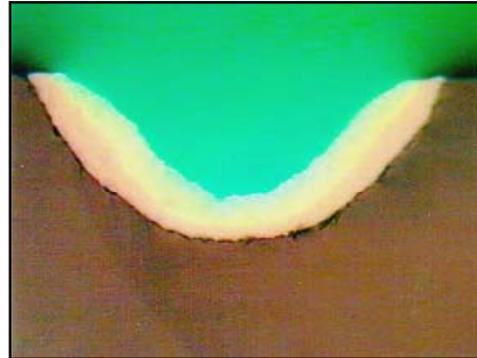
Aufbau einer Plasmazelle

Glasrückplatte

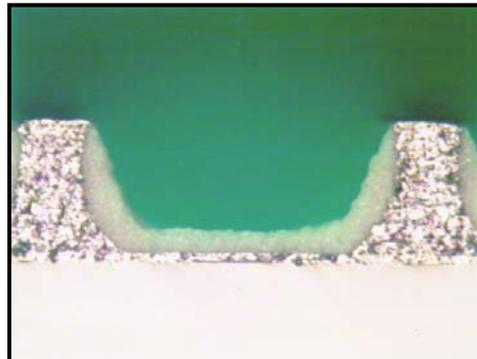
Strukturierung durch Stege (engl.: Barrier ribs)

TiO₂-Schicht als Reflektor

Leuchtstoffschicht (mit Additiven)



Konischer Aufbau

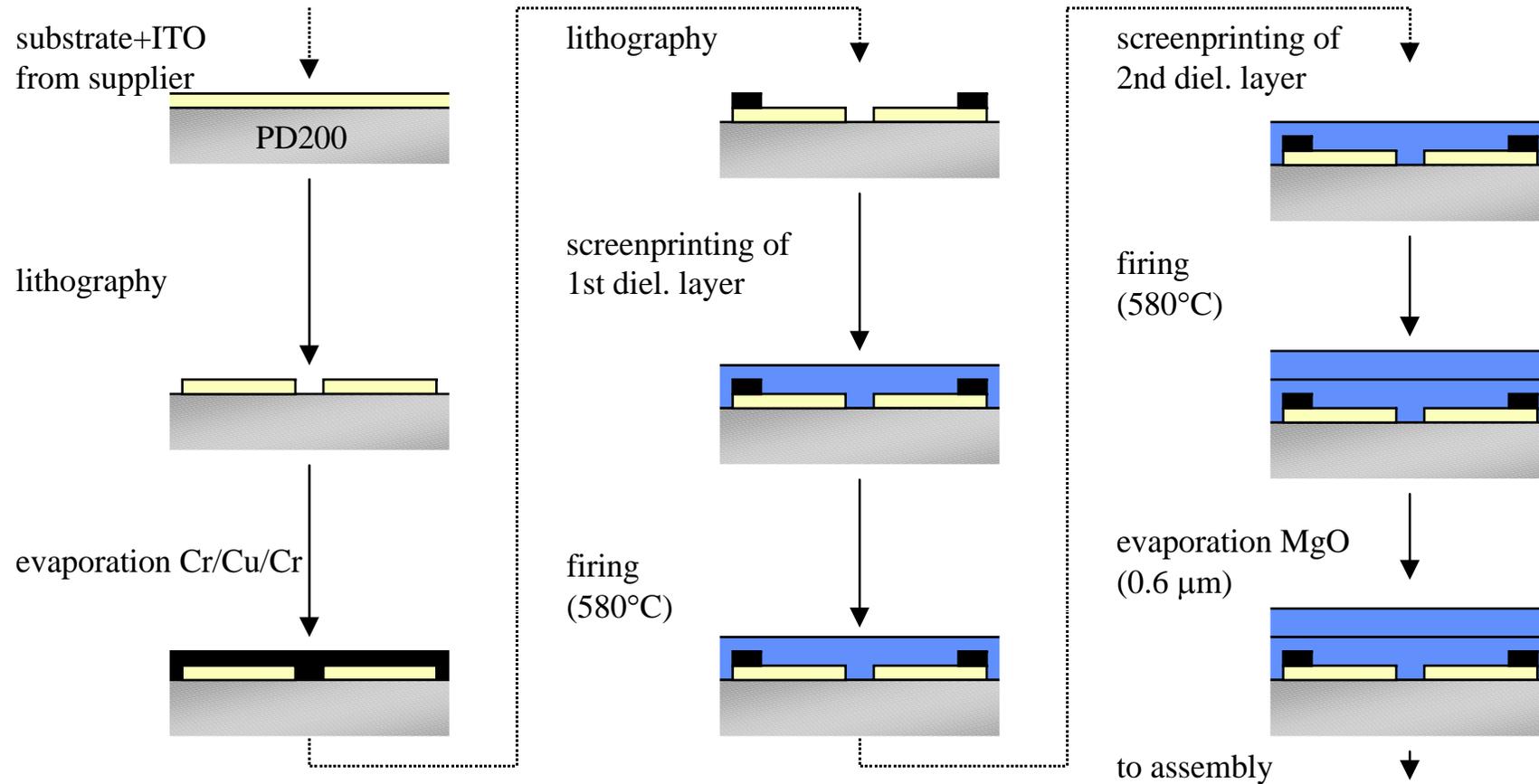


U-förmiger Aufbau

11.3 Herstellungsprozess

Anfertigung der vorderseitigen Platte

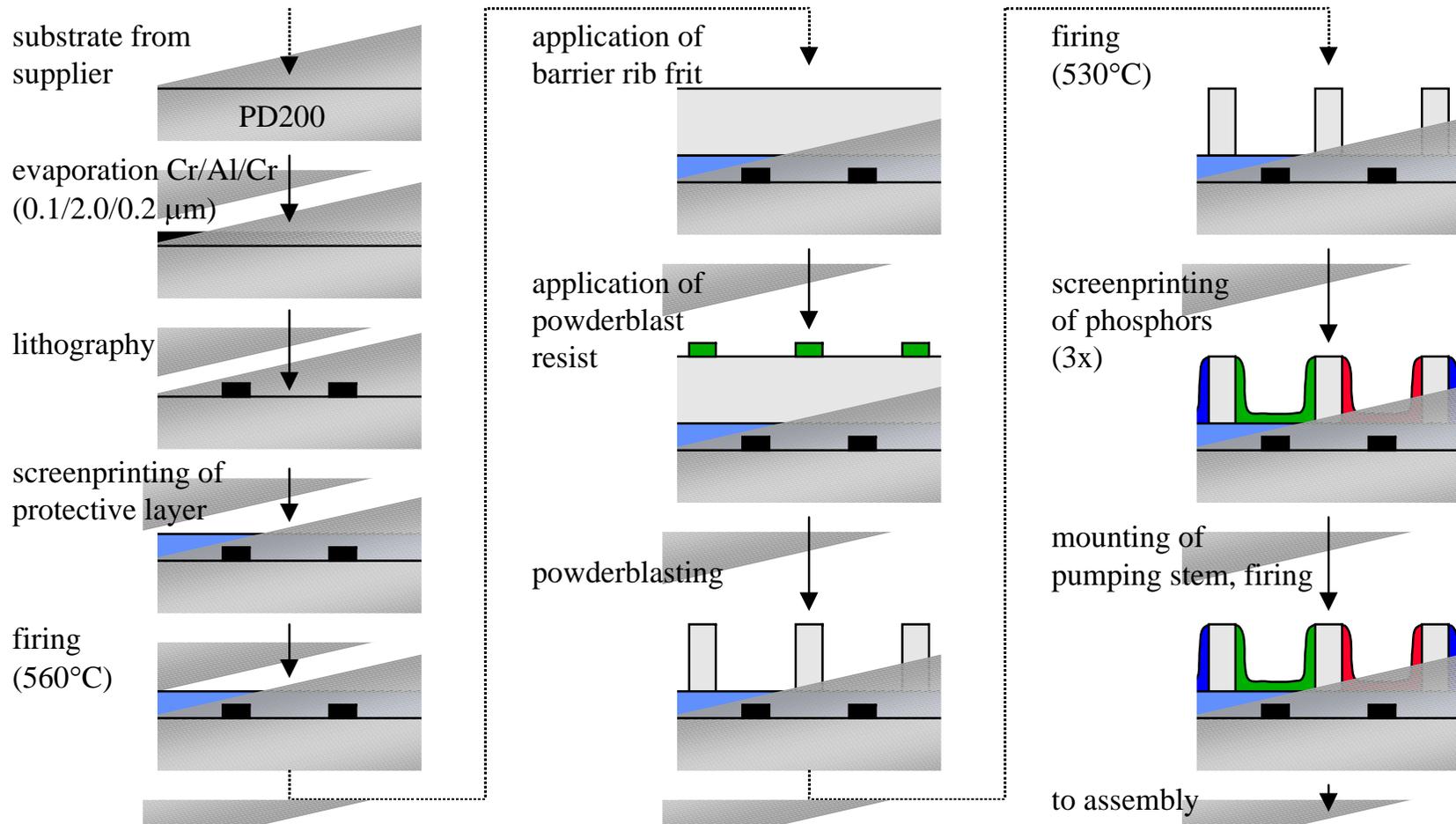
FRONT PLATE



11.3 Herstellungsprozess

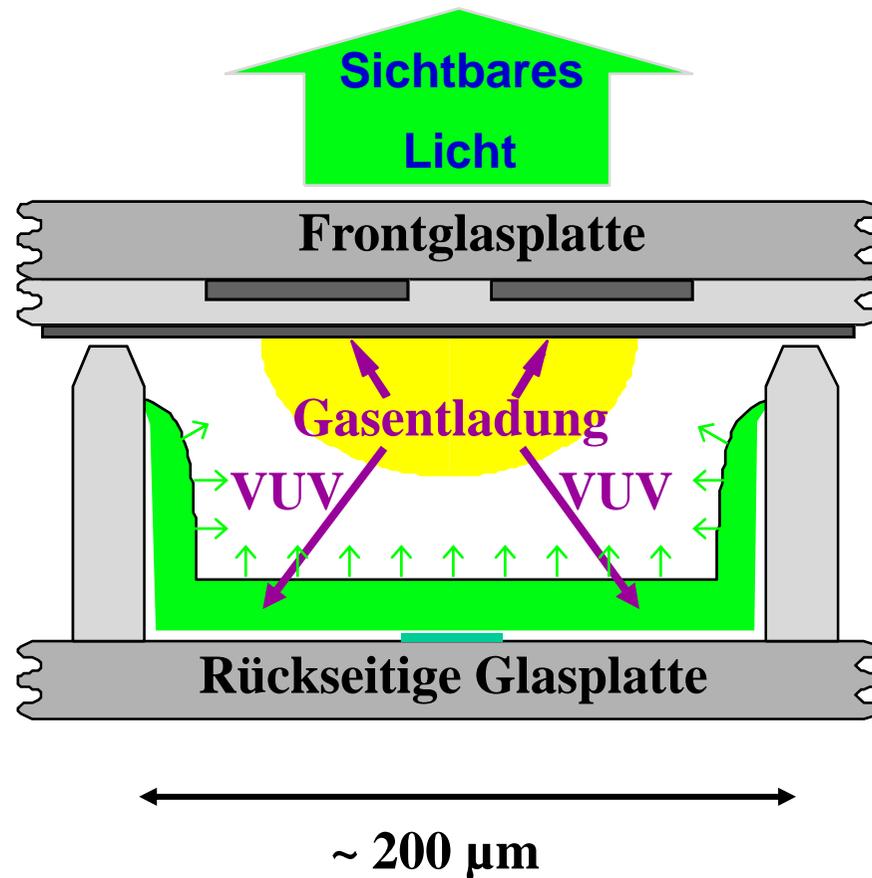
Anfertigung der rückseitigen Platte

BACK PLATE



11.4 Lichterzeugung in Plasmabildschirmen

Funktionsprinzip



Sichtbares Licht

Leuchtstoff

VUV Licht

Gasentladung

11.4 Lichterzeugung in Plasmabildschirmen

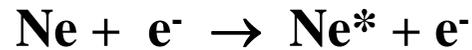
Effizienz der Lichterzeugung

$$\eta_{\text{Schirm}} = \eta_{\text{Gasentladung}} \cdot \eta_{\text{UV}} \cdot \eta_{\text{Leuchtstoff}} \cdot \eta_{\text{Auskopplung}}$$

	<i>PDP-Zelle</i>	<i>Xe₂*-Lampe</i>	<i>Hg-Lampe</i>
η_{Plasma}	24 %	70 %	75 %
η_{UV}	40 %	90 %	98 %
$\eta_{\text{Leuchtstoff}}$	20 %	25 %	44 %
$\eta_{\text{Auskopplung}}$	50 %	90 %	98 %
η_{Schirm}	1.0 %	14 %	30 %
Lichtausbeute	3 lm/W	40 lm/W	90 lm/W

11.4 Lichterzeugung in Plasmabildschirmen

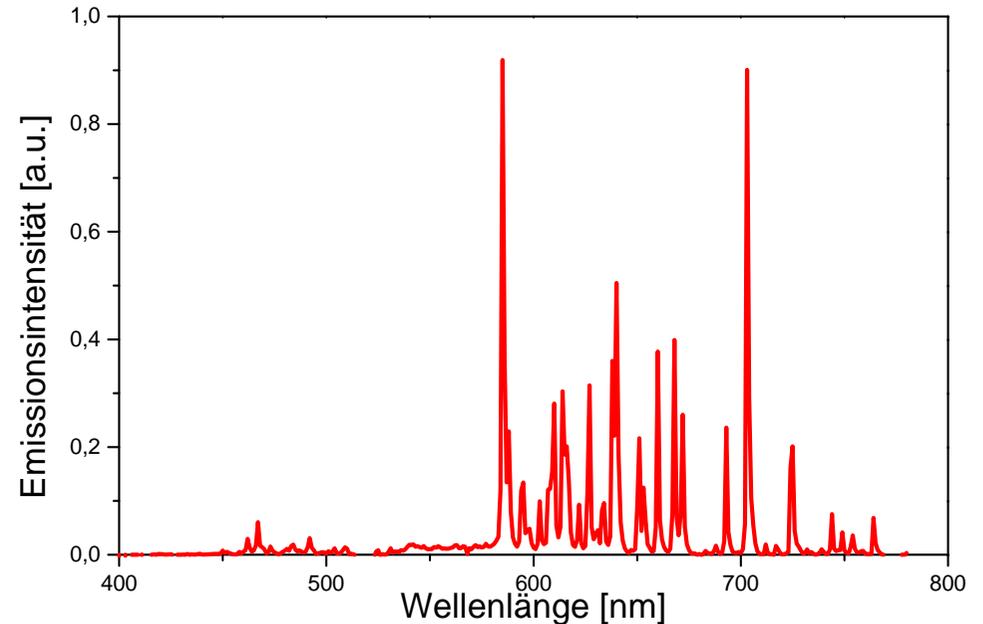
Lichterzeugung in Ne-Entladungen



(Penning Ionisation)

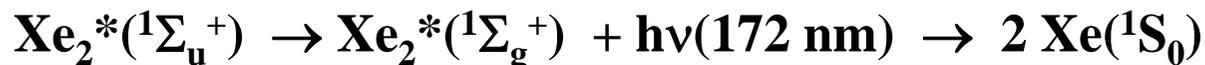
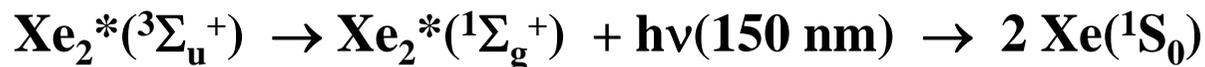
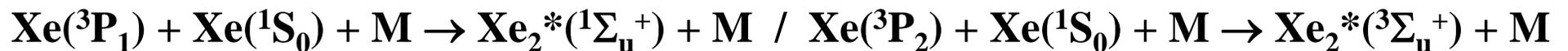
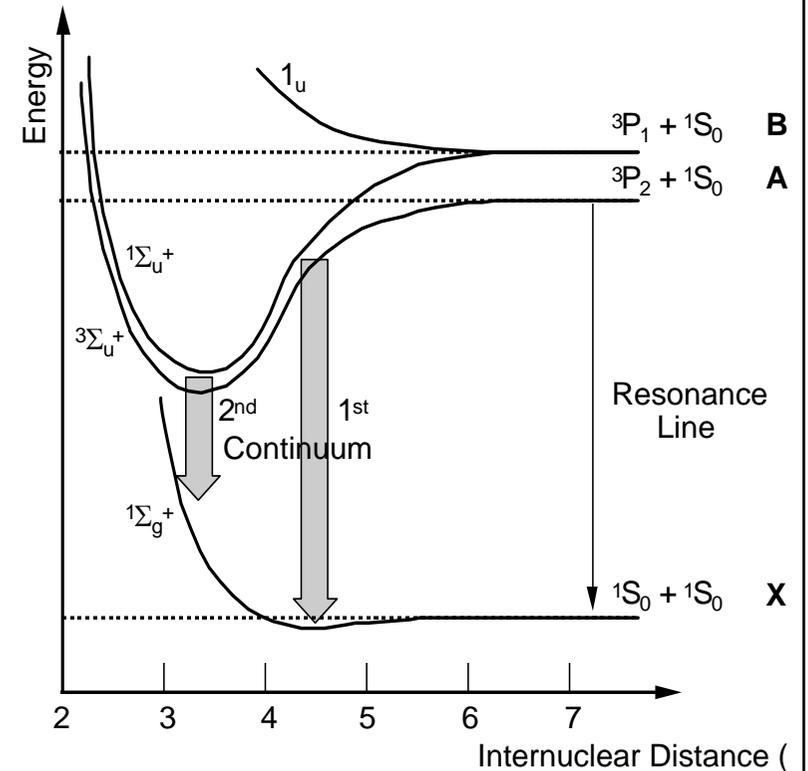
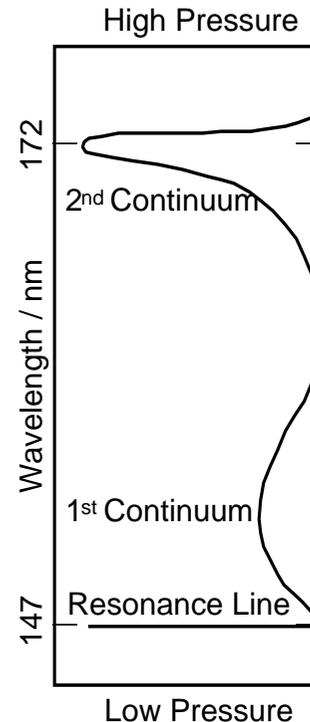
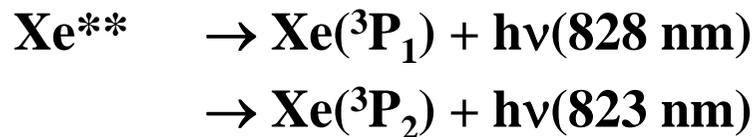
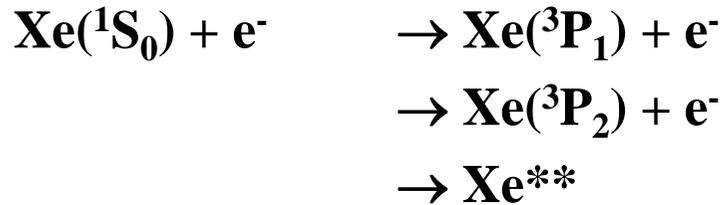
- monochrome PDPs
- Neon-Entladungslampen
- Hg-Entladungslampen mit Ne-Füllung “Neon-Lampen”

Gasmischungen aus Ne und Ar oder Ne und Xe bewirken also eine Reduktion der Zündspannung durch den Penning-Effekt



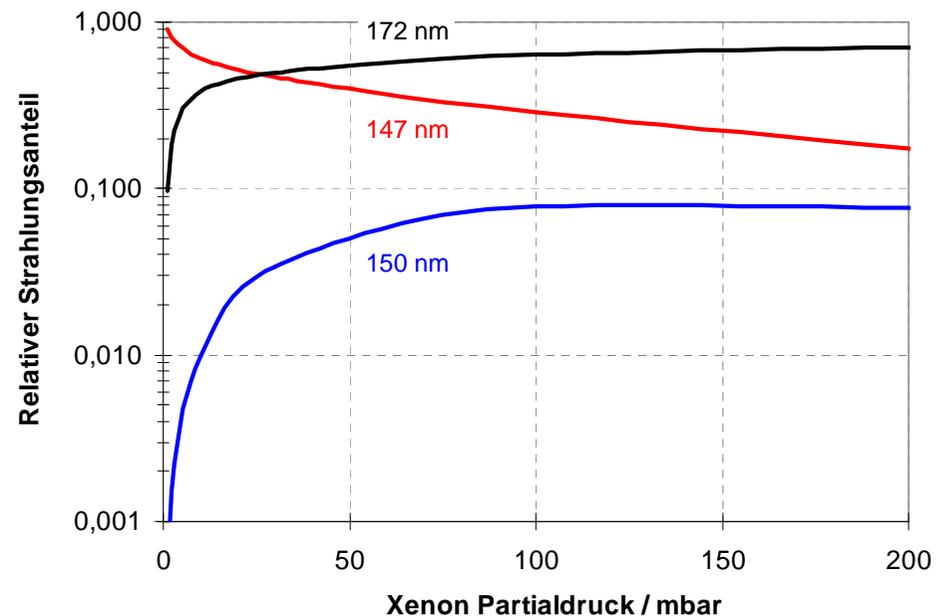
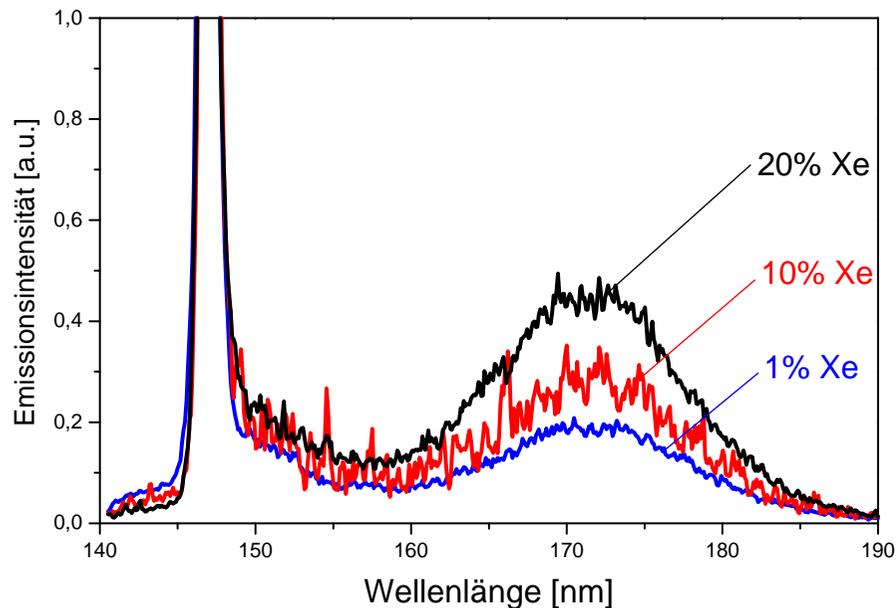
11.4 Lichterzeugung in Plasmabildschirmen

Lichterzeugung in Xe/Ne-Entladungen



11.4 Lichterzeugung in Plasmabildschirmen

Lichterzeugung in Xe/Ne-Entladungen

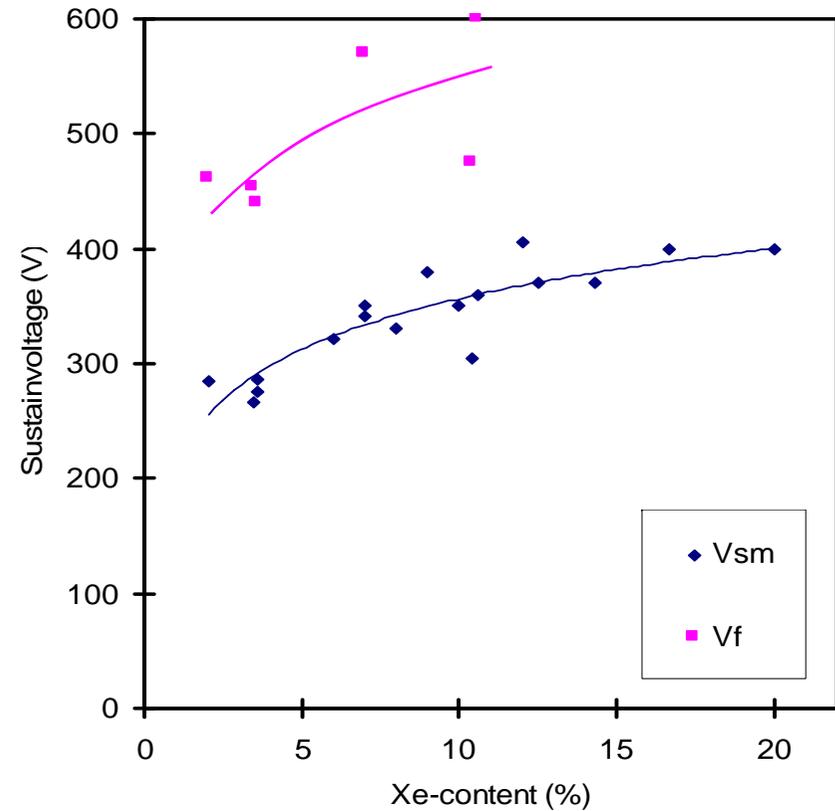
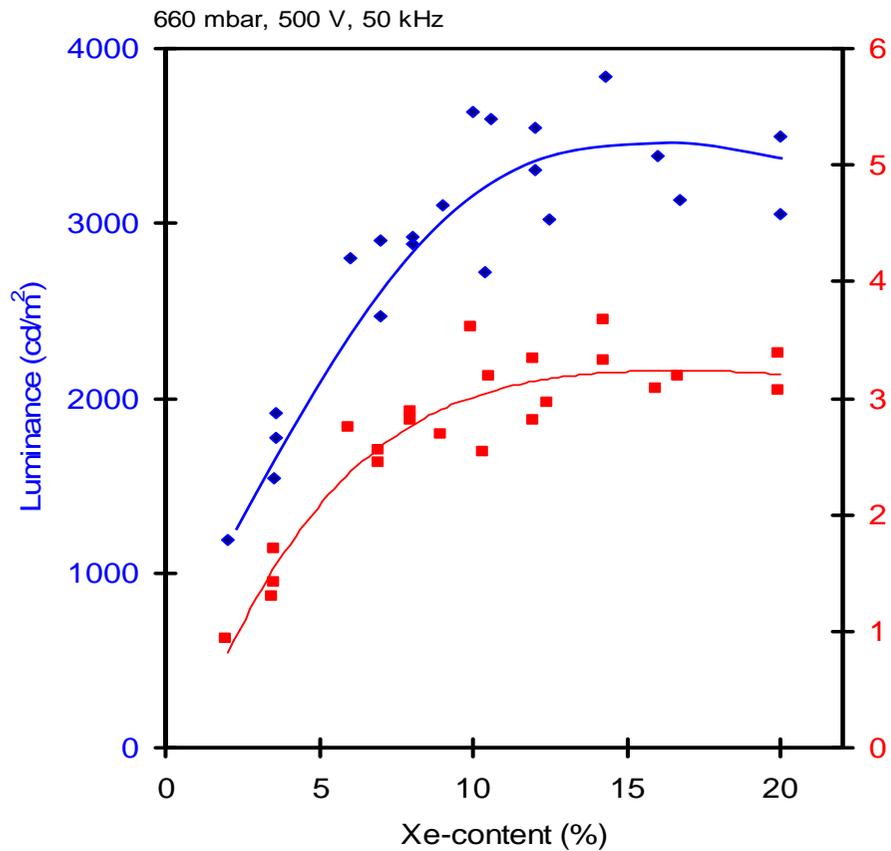


50% Xe₂*-Excimer and 50% Xe* Resonanz-Emission bei 25 mbar Xe Partialdruck

PDPs 2005: Xe-Anteil bei 10 - 15% und 300 mbar Gesamtdruck, d. h. Xe₂*-Excimer Strahlung überwiegt

11.4 Lichterzeugung in Plasmabildschirmen

Einfluss des Xe-Partialdruckes



Mit dem Xe-Druck steigt die Effizienz und die Zündspannung

11.4 Lichterzeugung in Plasmabildschirmen

Abhängigkeit vom Xe/Ne-Partialdruck

100% Ne

Ne/Xe

100% Xe

Niedrige Zündspannung
~ 300 V

Sichtbare Emission
580 - 720 nm
(Monochrom rot)

VUV Emission
74 nm

Hohe Zündspannung
~ 2 kV

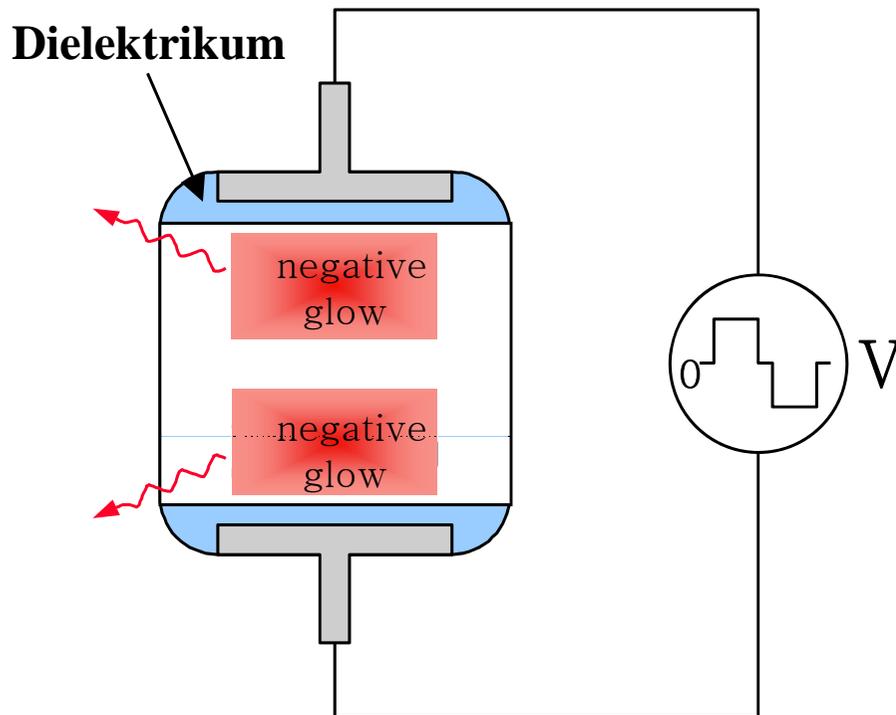
Keine sichtbare Emission
(Farbe wird durch den
Leuchtstoff definiert)

VUV Emission
147, 150, 172 nm

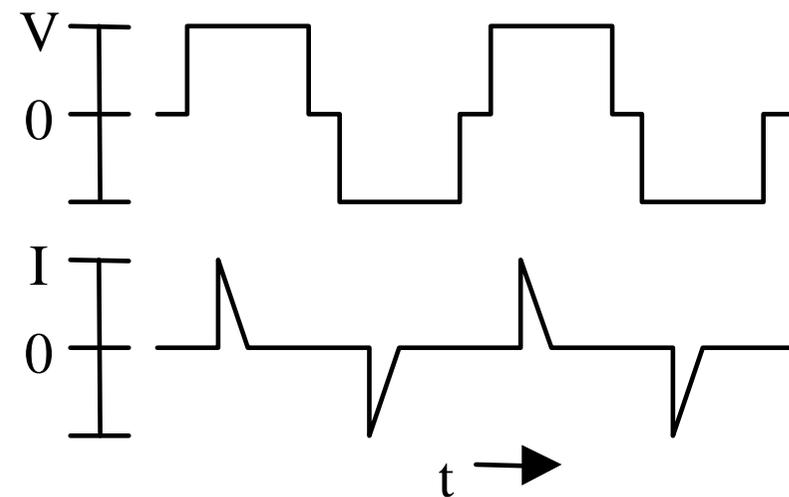
11.5 Betrieb der Gasentladung

Dielektrische behinderte Entladungen

Schematischer Betrieb einer PDP-Zelle



Verlauf von Spannung und Strom



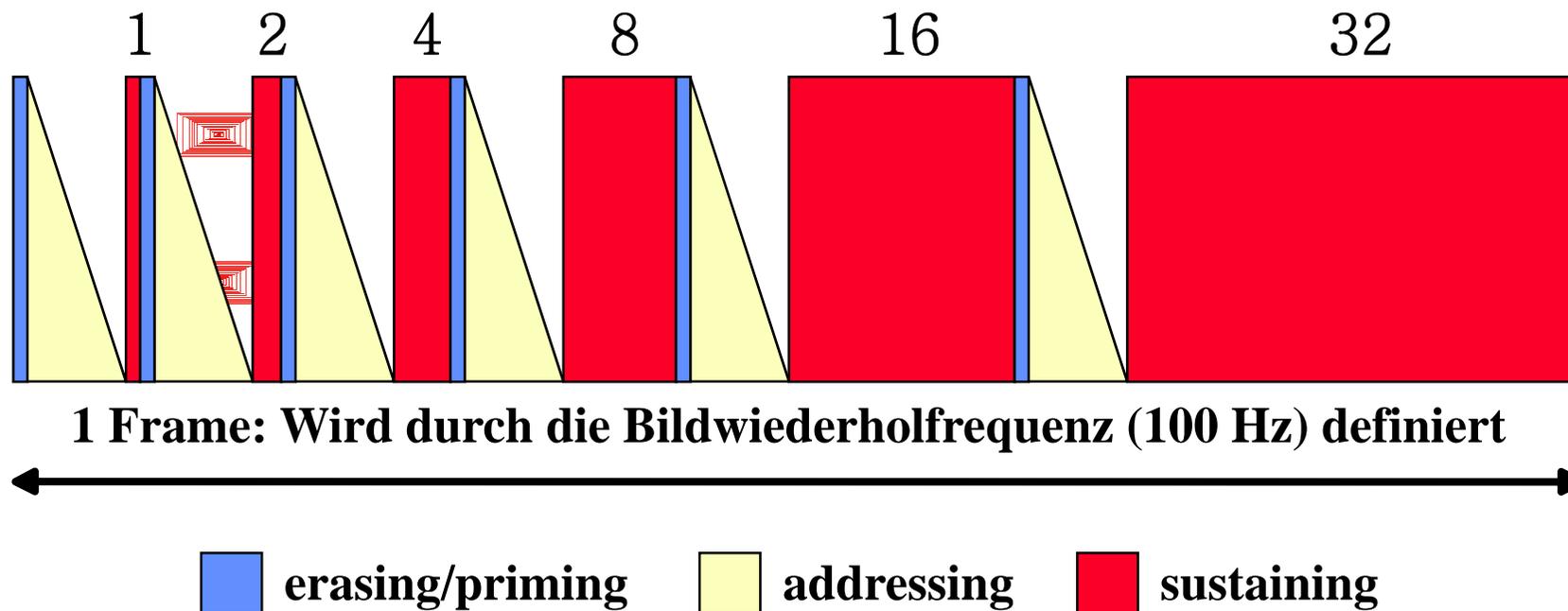
11.5 Betrieb der Gasentladung

Adressierung der Pixel

Jedes Pixel hat 2^n Helligkeitsstufen

⇒ Durch 8-Bit Adressierung erhält man $2^8 = 256$ Helligkeitsstufen

⇒ Bei einem RGB-Bildschirm hat man demnach $256^3 = 16.7$ Mio. Mischfarben

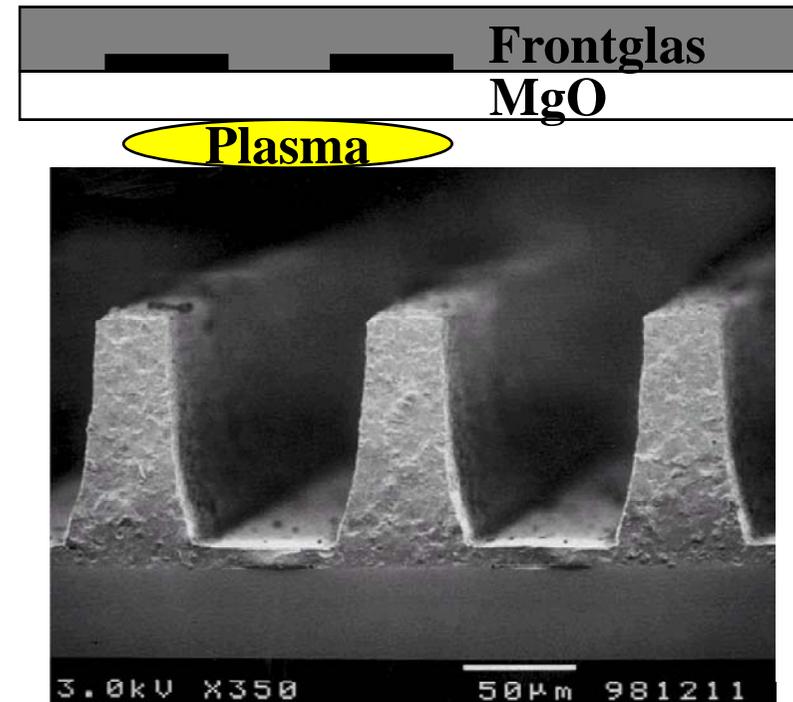


11.5 Betrieb der Gasentladung

Einfluss der Oberfläche auf die Plasmazündung durch Ionen induzierte Emission von Sekundärelektronen

$$\gamma_i = \frac{\text{Anzahl emittierter Elektronen}}{\text{Anzahl Ionen auf die Oberfläche}}$$

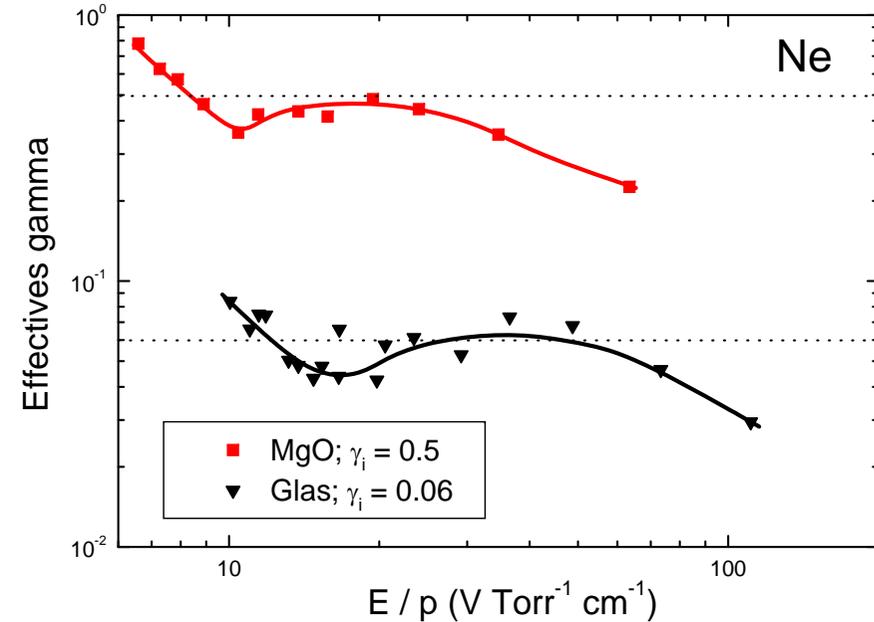
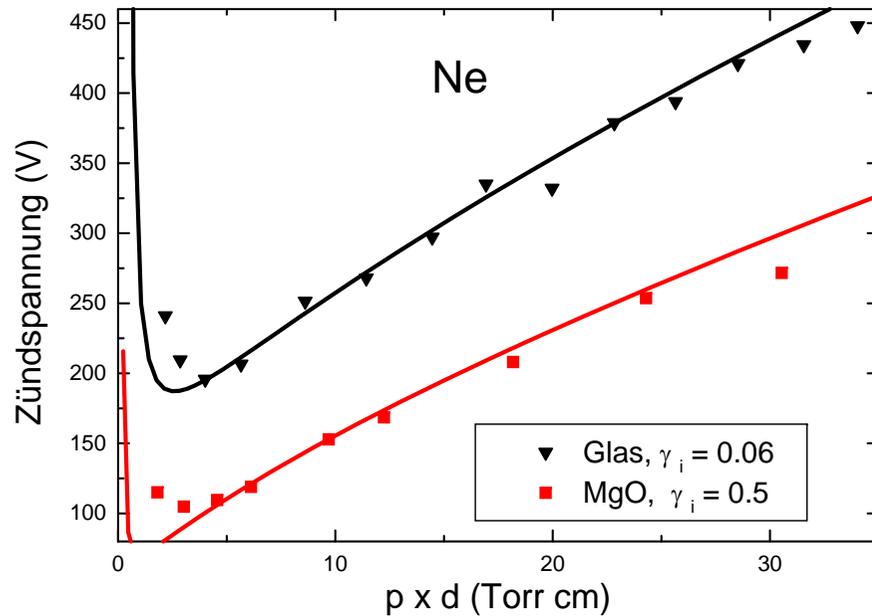
$$V_f = \frac{D^2 \cdot p \cdot d}{\left(\ln \frac{C \cdot p \cdot d}{\ln(1/\gamma_i + 1)} \right)^2}$$



MgO ist das Material mit dem höchsten $\gamma_{\text{Ne}} \sim 0.5$

11.5 Betrieb der Gasentladung

Aufgaben der MgO-Schutzschicht



MgO-Schutzschicht bewirkt

- einen Schutz gegen Sputtering
- eine Reduktion der Zündspannung

11.6 Auswahlkriterien für Bildschirmleuchtstoffe

Stabilität

Temperaturstabilität
Stabilität in Suspension
Plasmastabilität
Farbpunktstabilität

Oxidationsempfindlichkeit
Löslichkeit, Oberflächenpotenzial
Resistenz gegen Sputtering
Photooxidation, -reduktion

Lichtausbeute

Linearität
Effizienz

Sättigung
Quantenausbeute QA, Absorption A

Bildqualität

Bildartefakte
Farbraum

Abklingzeit τ
Farbpunkt x, y

Umweltverträglichkeit

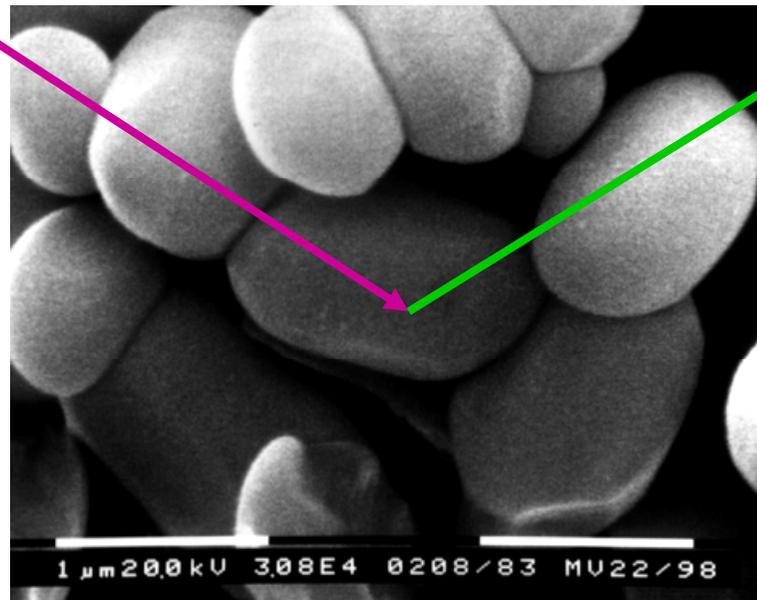
Energieeffizienz
Toxizität

Quantenausbeute QA, Absorption A
Chemische Zusammensetzung

11.6 Auswahlkriterien für Bildschirmleuchtstoffe

VUV (PDPs) oder Elektronen (CRTs)

sichtbares Licht



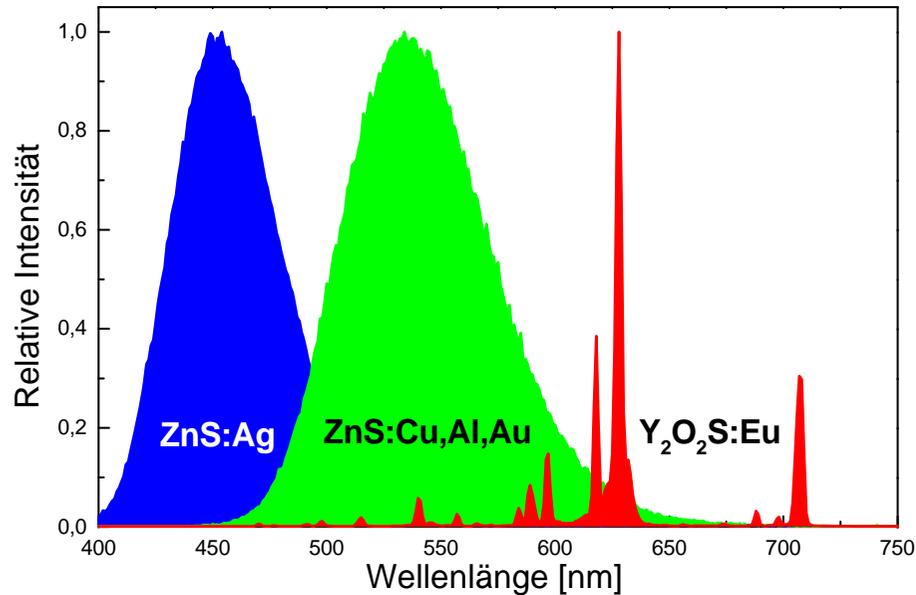
1 μm

Plasmasdisplays

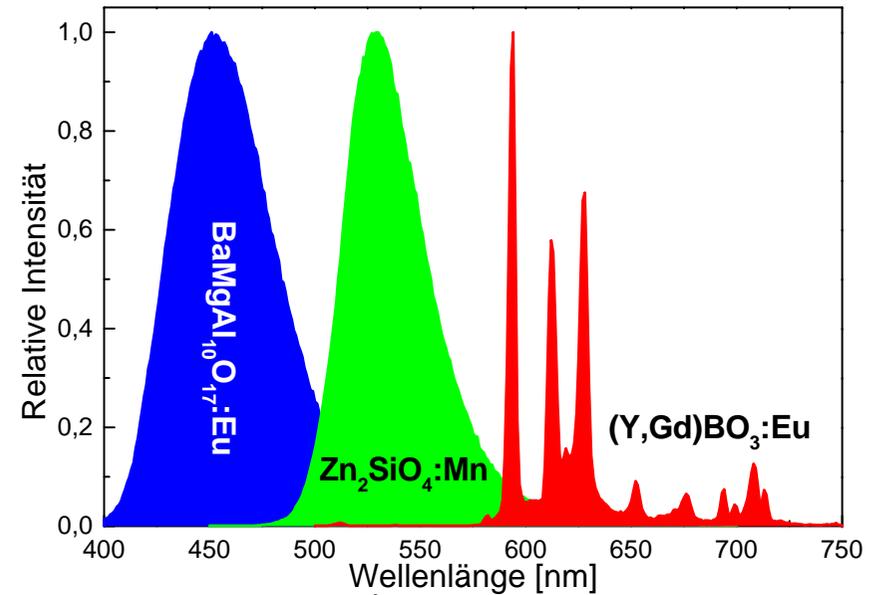
- Hohe Absorption A unter VUV-Anregung, d.h. Bandlücke $E_G \sim 6 - 8 \text{ eV}$
- Hohe Quantenausbeute QA unter VUV-Anregung, d.h. Eu^{2+} , Tb^{3+} , Mn^{2+} , Eu^{3+}
- Hohe Lichtausbeute $LO = QA * A$
- VUV Stabilität

11.6 Auswahlkriterien für Bildschirmleuchtstoffe

CRT Leuchtstoffe (Sulfide)



PDP Leuchtstoffe (Oxide)



Lichtausbeute

$$LO = QE * (1-R)$$

Energieausbeute

$$\varepsilon = (1-r_b) * \varepsilon_t * hv_{em} / \beta E_g$$

~ 15 - 20 %

Energieausbeute

$$\varepsilon = LO * N(hv_{em}) / N(hv_{abs})$$

~ 20 %

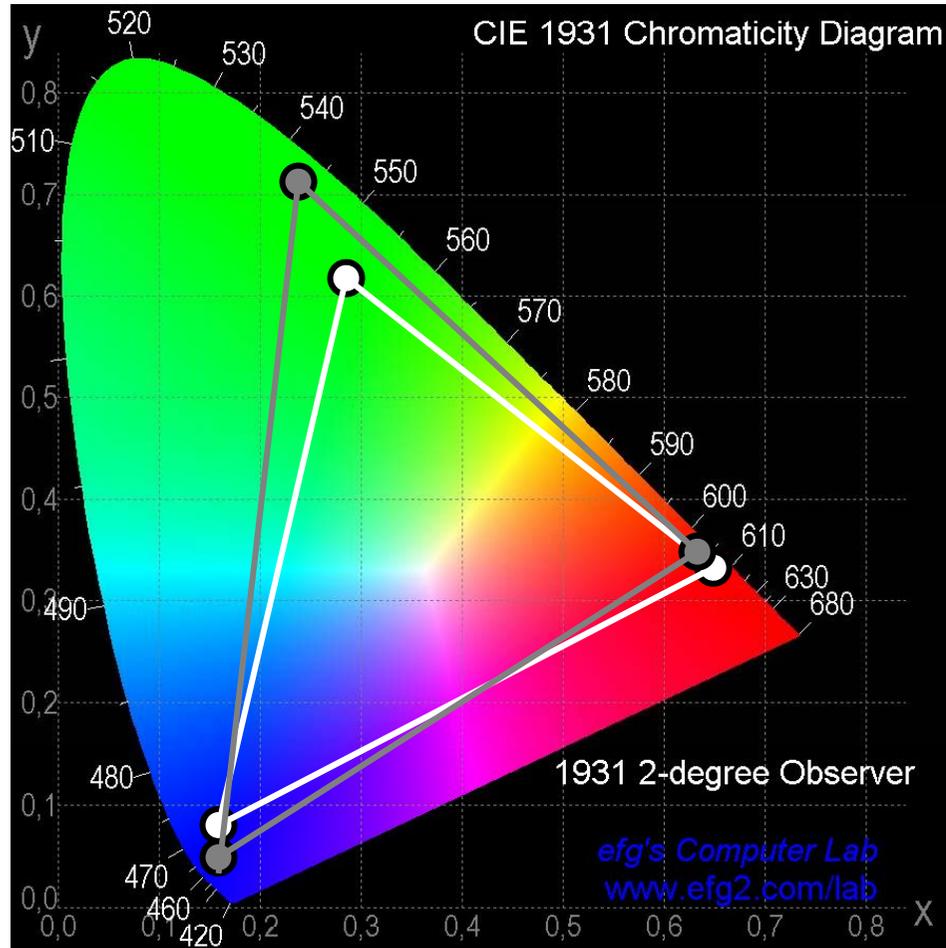
11.7 Leuchtstoffe in CRTs und PDPs

Kommerzielle CRT und PDP Leuchtstoffe

Farbe	Chemische Zusammensetzung	x	y	
Blau	ZnS:Ag	0.15	0.08	CRT
Grün	ZnS:Cu	0.29	0.61	
	Y ₃ (Al,Ga) ₅ O ₁₂ :Tb	0.37	0.55	
	Y ₂ SiO ₅ :Tb	0.33	0.58	
	Gd ₂ O ₂ S:Tb	0.36	0.57	
Rot	YVO ₄ :Eu	0.66	0.33	
	Y ₂ O ₂ S:Eu	0.66	0.33	
Blau	(Y,Gd)(V,P)O ₄	0.16	0.13	PDP
	BaMgAl ₁₀ O ₁₇ :Eu	0.15	0.06	
Grün	Zn ₂ SiO ₄ :Mn	0.25	0.70	
	BaMgAl ₁₀ O ₁₇ :Eu,Mn	0.15	0.72	
	BaAl ₁₂ O ₁₉ :Mn	0.19	0.73	
	(Y,Gd)BO ₃ :Tb	0.34	0.62	
Rot	(Y,Gd)BO ₃ :Eu	0.64	0.35	
	(Y,Gd) ₂ O ₃ :Eu	0.65	0.34	
	(Y,Gd)(V,P)O ₄ :Eu	0.66	0.33	

11.7 Leuchtstoffe in CRTs und PDPs

Farbraum



Kathodenstrahlröhre (CRTs)

Farbraum wird definiert durch die
Farbpunkte der Leuchtstoffe

	x	y
ZnS:Ag	0.15	0.08
ZnS:Cu,Al, Au	0.29	0.61
Y ₂ O ₂ S:Eu	0.66	0.33

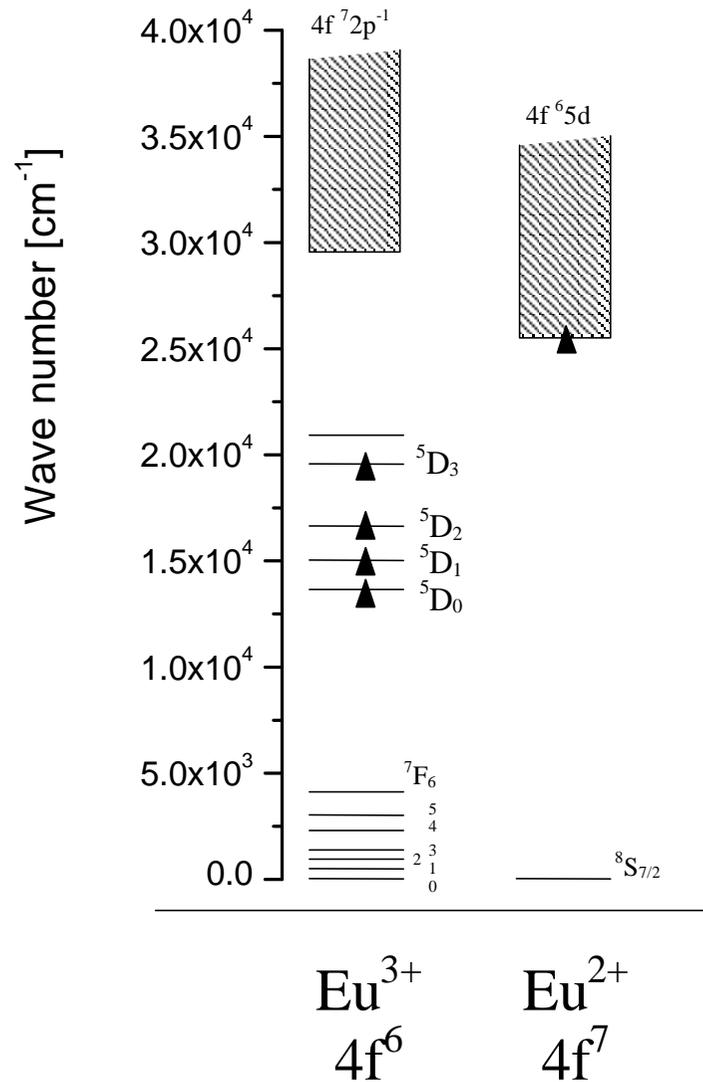
Plasmasdisplays (PDPs)

Gasfüllung: Ne, 3 - 15 % Xe

Rote Neonlinien reduzieren Farbreinheit
des blauen und grünen Leuchtstoffes

	x	y
BaMgAl ₁₀ O ₁₇ :Eu	0.15	0.06
Zn ₂ SiO ₄ :Mn	0.25	0.70
(Y,Gd)BO ₃ :Eu	0.65	0.35

11.8 Rote PDP Leuchtstoffe



Eu^{2+} Leuchtstoffe

Übergang: $4f^6 5d^1 \rightarrow 4f^7$ (Bande)

Lage hängt vom Kristallfeld ab

$\tau \sim 1 \mu\text{s}$

Eu^{3+} Leuchtstoffe

Übergang: $^5D_0 \rightarrow ^7F_J$ (Linien)

Inversionssymmetrie (S_6, D_{3d})

Magnetischer Dipolübergang $^5D_0 - ^7F_1$

$\Delta J = 0, \pm 1$ ($J = 0 \rightarrow J = 0$ verboten)

$\text{MeBO}_3:\text{Eu}$ (Calcit, Vaterit)

$\tau \sim 8 - 16 \text{ ms}$

Keine Inversionssymmetrie

Elektrischer Dipolübergang $^5D_0 - ^7F_{2,4}$

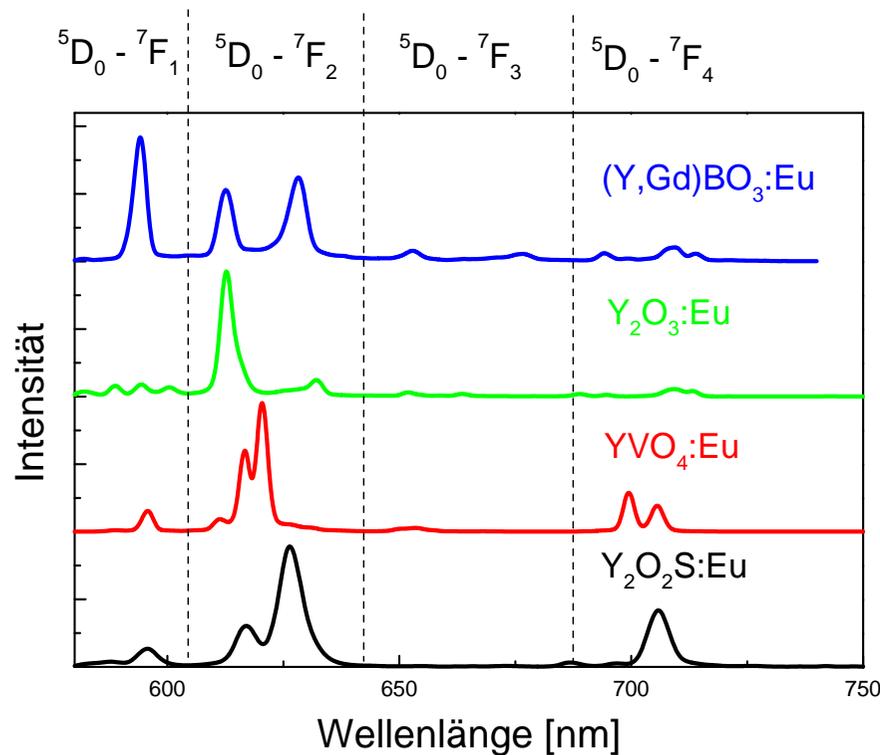
$\Delta J \leq 6$ ($J_{\text{anfang}} = 0 \rightarrow J = 2, 4, 6$)

$\text{Y}_2\text{O}_3:\text{Eu}$ (Bixbyit), $\text{Y}(\text{V,P})\text{O}_4:\text{Eu}$ (Xenotim)

$\tau \sim 2 - 5 \text{ ms}$

11.8 Rote PDP Leuchtstoffe

Emissionsspektren und Farbpunkte

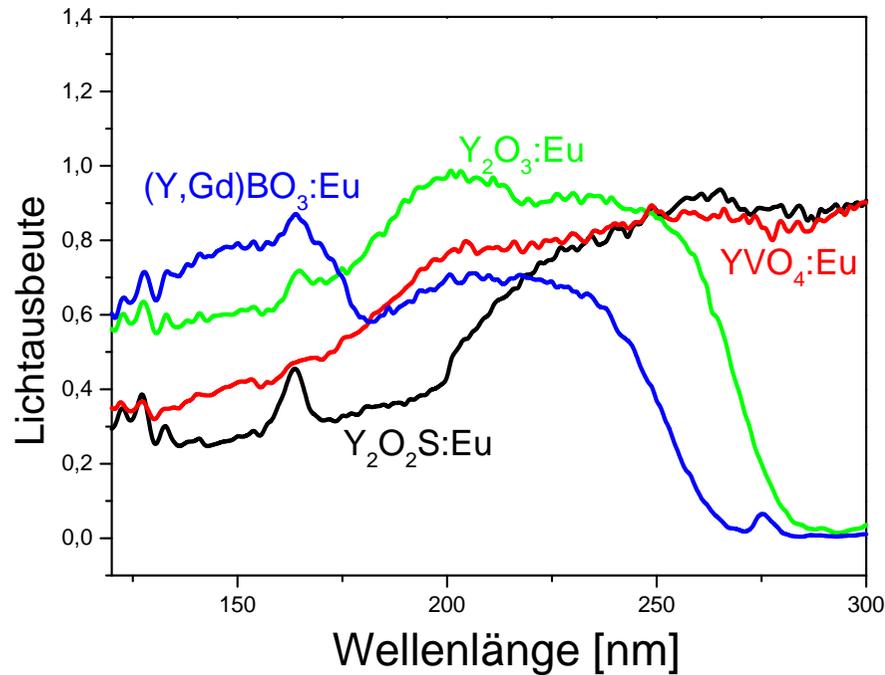


Leuchtstoff	Farbpunkt x, y	
(Y,Gd)BO ₃ :Eu	0.640	0.360
Y ₂ O ₃ :Eu	0.641	0.344
YVO ₄ :Eu	0.645	0.343
Y ₂ O ₂ S:Eu	0.650	0.342

Farbsättigung: Y₂O₂S:Eu > YVO₄:Eu > Y₂O₃:Eu > (Y,Gd)BO₃:Eu

11.8 Rote PDP Leuchtstoffe

Anregungsspektren und VUV-Lichtausbeute von Eu^{3+} -Leuchtstoffen



Leuchtstoff	Lichtausbeute LO	
	147 nm	172 nm
(Y,Gd)BO ₃ :Eu	0.78	0.75
Y ₂ O ₃ :Eu	0.60	0.69
YVO ₄ :Eu	0.41	0.50
Y ₂ O ₂ S:Eu	0.26	0.32

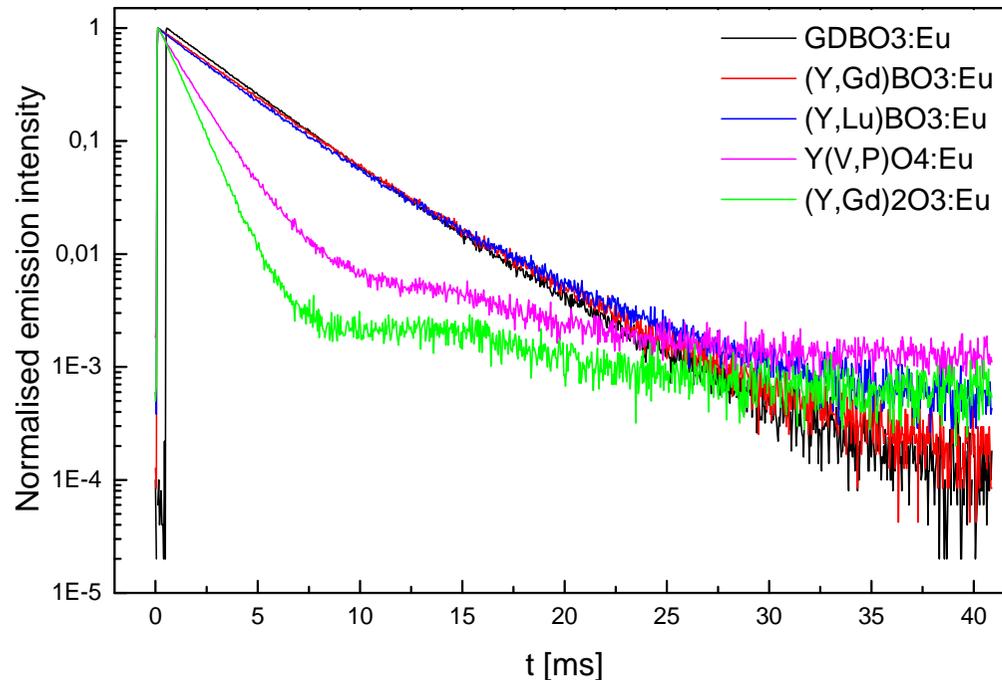
Effizienz



Leuchtstoff	(Y,Gd)BO ₃ :Eu	Y ₂ O ₃ :Eu	YVO ₄ :Eu	Y ₂ O ₂ S:Eu
Bandlücke E_G	7.5 eV	5.6 eV	5.0 eV	4.4 eV

11.8 Rote PDP Leuchtstoffe

Abklingzeit von Eu^{3+} -Leuchtstoffen



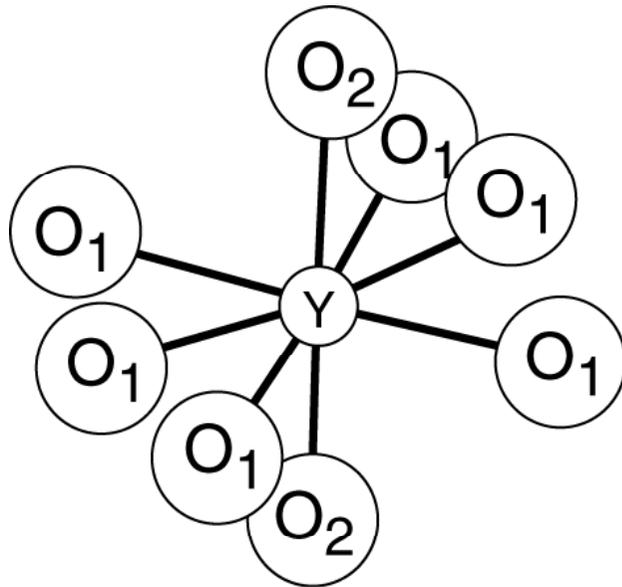
Leuchtstoff	Abklingzeit $\tau_{1/10}$ [ms] (254 nm Anregung)
$\text{Y}_2\text{O}_2\text{S}:\text{Eu}$	1.0
$\text{Y}_2\text{O}_3:\text{Eu}$	2.5
$\text{YVO}_4:\text{Eu}$	3.5
$(\text{Y,Gd})\text{BO}_3:\text{Eu}$	8.5

Abklingzeit nimmt mit steigender Abweichung von der Inversionssymmetrie des Gitterplatzes für Eu^{3+} ab
⇒ Relaxation der Auswahlregeln!

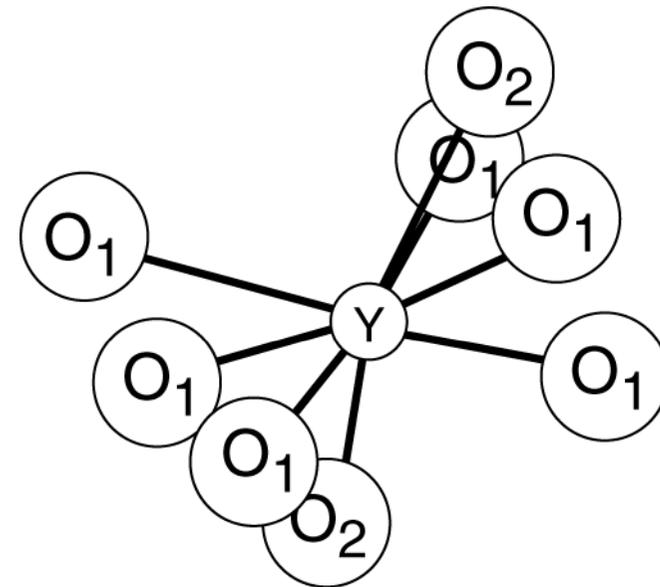
11.8 Rote PDP Leuchtstoffe

Lokale Symmetrie von Y^{3+} bzw. Eu^{3+} in YBO_3 (Pseudo-Vaterit)

Platz A



Platz B



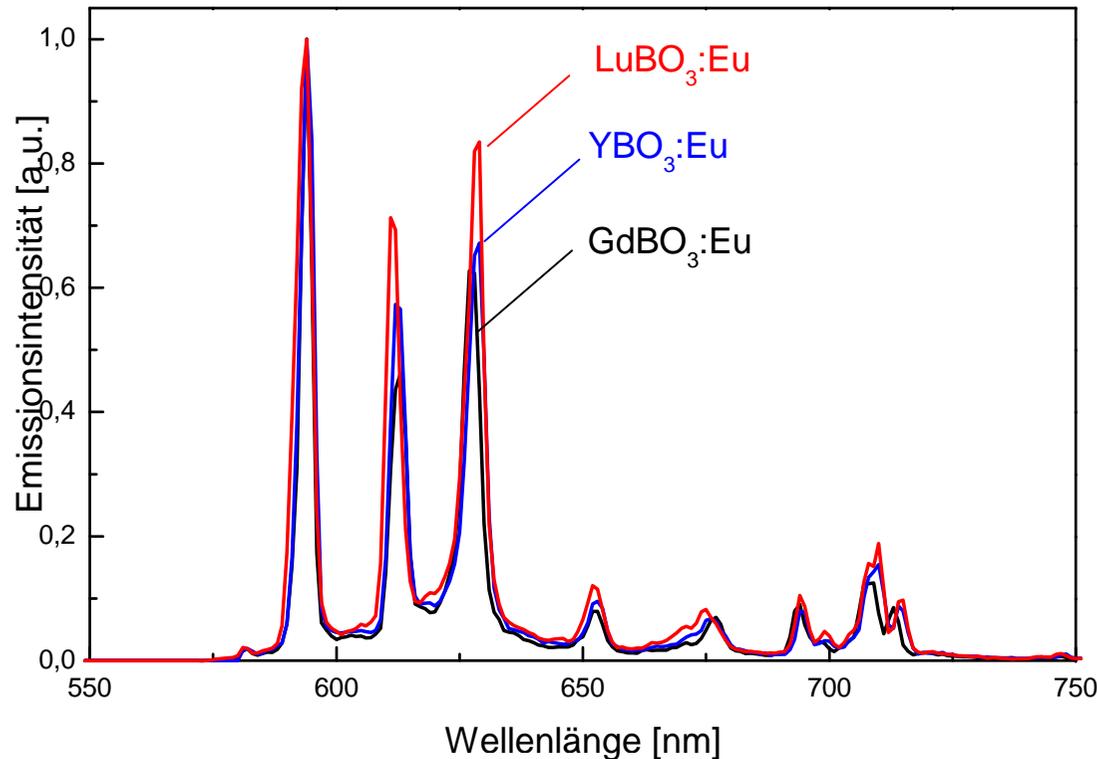
(*J. Solid State Chem.* 128 (1997) 261-266)

- Platz A: Geringe Abweichung von der S_6 Symmetrie (C_3)
- Platz B: Starke Abweichung von der S_6 Symmetrie (C_3)

⇒ ${}^5D_0 - {}^7F_{2,4}$ Emission wird aufgrund der Abweichung von der S_6 Symmetrie beobachtet

11.8 Rote PDP Leuchtstoffe

Emissionsspektren von $\text{LnBO}_3:\text{Eu}$ (Pseudo-Vaterit)



585 nm	$^5\text{D}_0 - ^7\text{F}_0$
594 nm	$^5\text{D}_0 - ^7\text{F}_1$
612, 627 nm	$^5\text{D}_0 - ^7\text{F}_2$
650 - 680 nm	$^5\text{D}_0 - ^7\text{F}_3$
690 - 720 nm	$^5\text{D}_0 - ^7\text{F}_4$

Kation	Radius* [Å]
Lu	1.00
Y	1.04
Gd	1.08
Eu	1.09

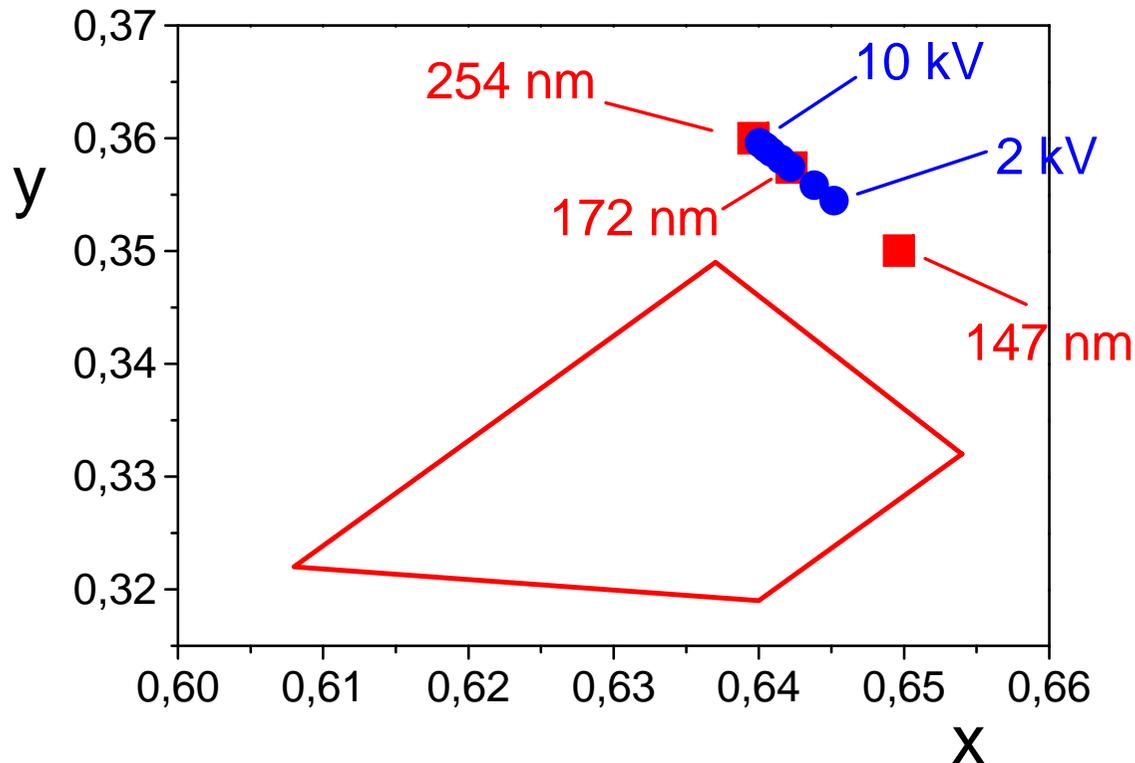
*für $KOZ = 6$

Farbpunkt verschiebt sich von Orange nach Rot in der Reihe Gd^{3+} , Y^{3+} , Lu^{3+}

Verzerrung hängt ab von $\Delta r[(\text{Eu}^{3+}) - r(\text{Me}^{3+})]$

11.8 Rote PDP Leuchtstoffe

Farbpunkt von (Y,Gd)BO₃:Eu³⁺



Feldman Gleichung:

$$R = 0.046 * U^{5/3} / \rho \text{ [}\mu\text{m]}$$

$$\rho(\text{Y,Gd})\text{BO}_3:\text{Eu} = 5.2 \text{ g/cm}^3$$

$$\Rightarrow \quad 10 \text{ kV} \quad R \sim 500 \text{ nm}$$

$$2 \text{ kV} \quad R \sim 30 \text{ nm}$$

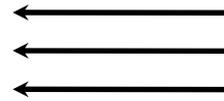
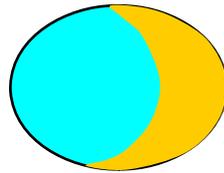
Farbpunkt als Funktion der Anregungsenergie

- Charge-Transfer Anregung $254 \text{ nm} \Rightarrow x = 0.638, y = 0.360$
- Bandanregung $147 \text{ nm} \Rightarrow x = 0.646, y = 0.349$

11.8 Rote PDP Leuchtstoffe

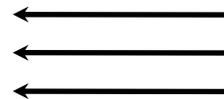
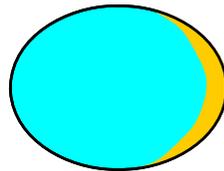
Eindringtiefe von VUV-Strahlung in Materie

$R \sim 1.5 \mu\text{m}$



254 nm entspricht $\sim 10 \text{ kV}$

$R < 0.1 \mu\text{m}$



147 nm entspricht $\sim 1 \text{ kV}$

Kleines Anregungsvolumen

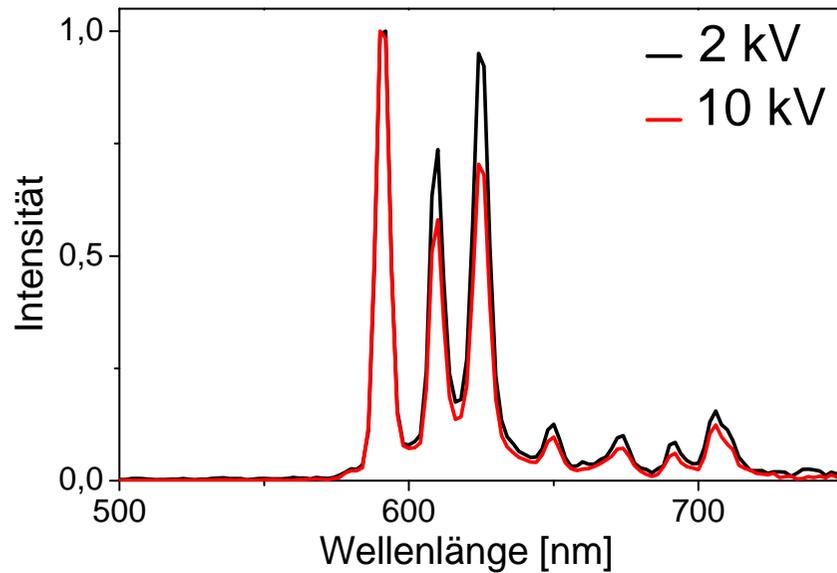
\Rightarrow PDP Leuchtstoffe sind hochbelastet:

- Sättigung
- Starke Alterung
- Oberflächenschicht der Partikel muss phasenrein und hoch kristallin sein

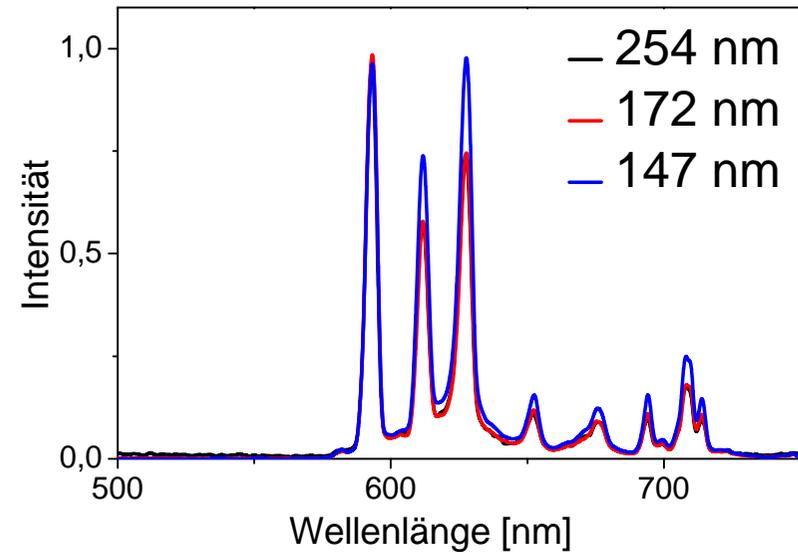
11.8 Rote PDP Leuchtstoffe

Emissionsspektren von $(Y,Gd)BO_3:Eu$

Kathodolumineszenz



Photolumineszenz

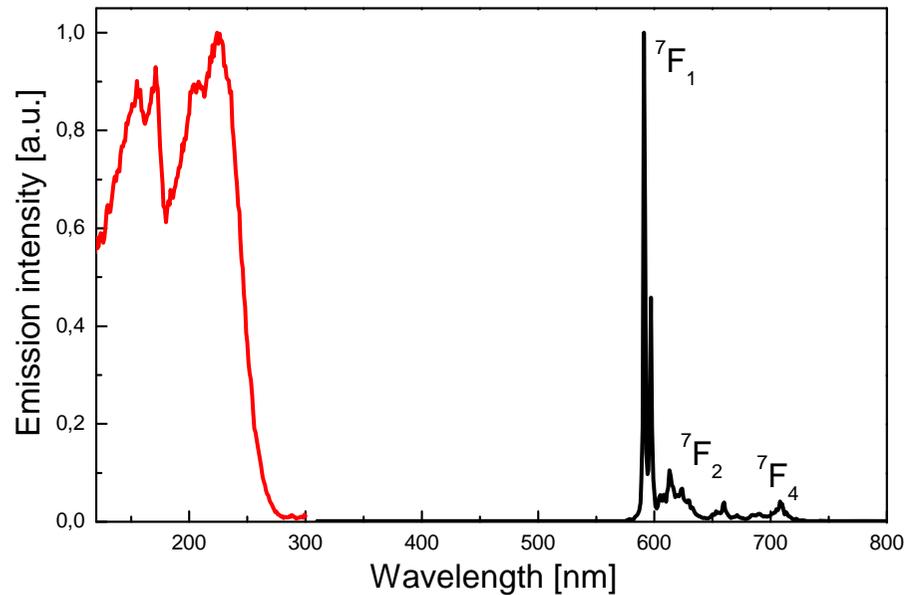


Emissionsspektrum = f(Anregungsenergie)

11.8 Rote PDP Leuchtstoffe

Farbpunkte von Eu^{3+} -Leuchtstoffen

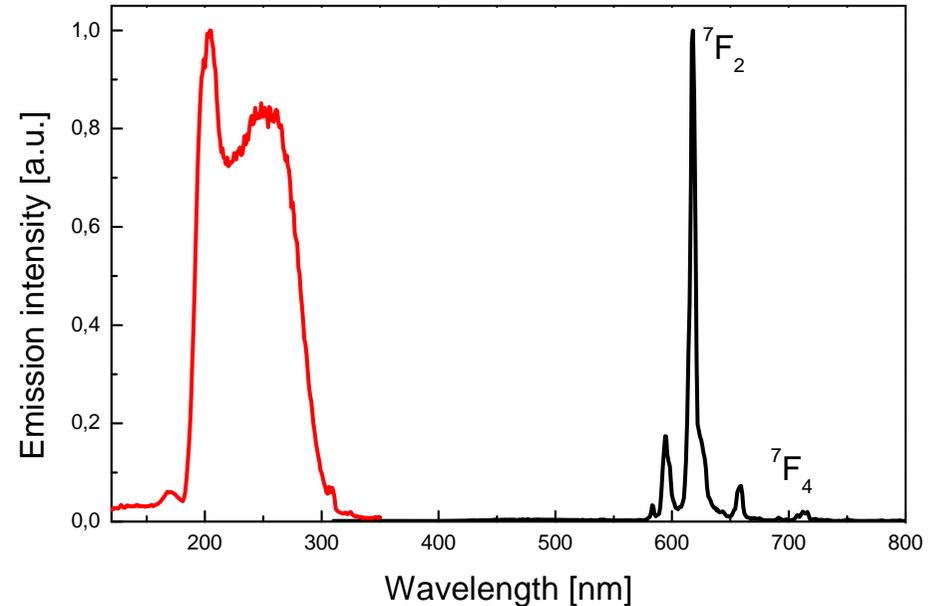
$\text{LuBO}_3:\text{Eu}$



Trigonal, D_{3d} Symmetrie

$x = 0.61, y = 0.38$

$\text{CaO}:\text{Eu}$



Kubisch, O_h Symmetrie

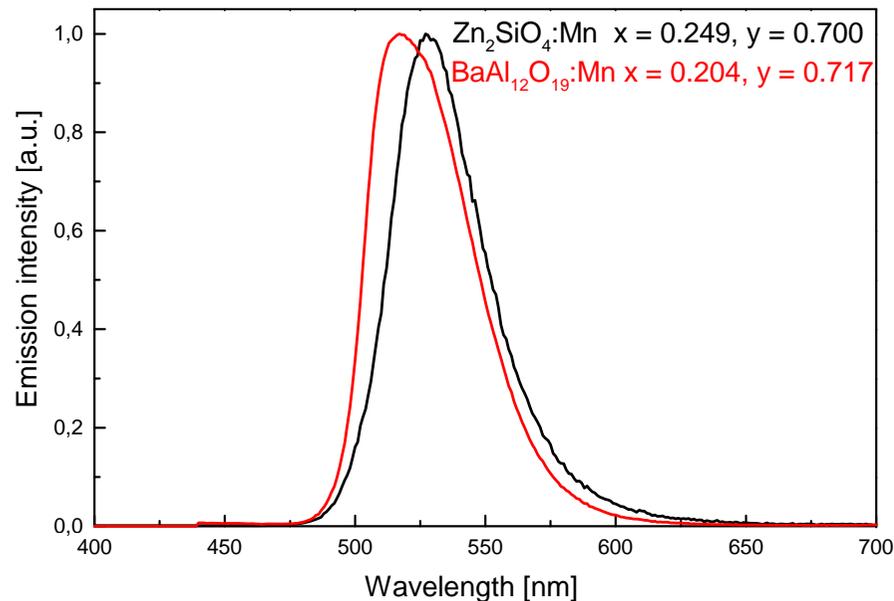
Kationenleerstellen

$x = 0.64, y = 0.33$

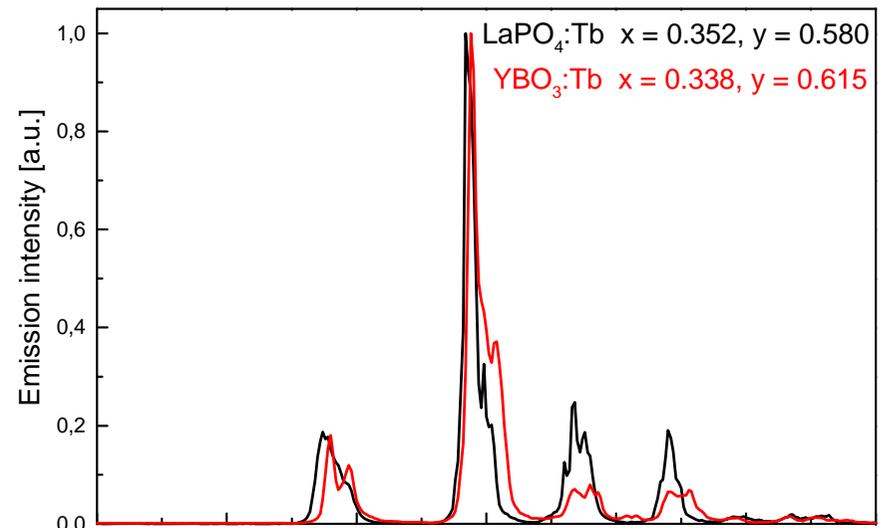
11.9 Grüne PDP Leuchtstoffe

Emissionsspektren und Abklingzeiten von Mn^{2+} - und Tb^{3+} -Leuchtstoffen

Mn^{2+} -Leuchtstoffe



Tb^{3+} -Leuchtstoffe



Wirtsgitter	$\tau_{1/10}$ [ms]
Zn_2SiO_4	5 - 40
$BaAl_{12}O_{19}$	5 - 40
$BaMgAl_{10}O_{17}$	5 - 40
$\tau_{1/10} = f(Mn^{2+}\text{-Konzentration})$	

Wirtsgitter	$\tau_{1/10}$ [ms]
$LaPO_4$	5.5
$CeMgAl_{11}O_{19}$	7.0
YBO_3	8.5
$\tau_{1/10} = f(\text{Wirtsgitter})$	

11.9 Grüne PDP Leuchtstoffe

Farbsättigung

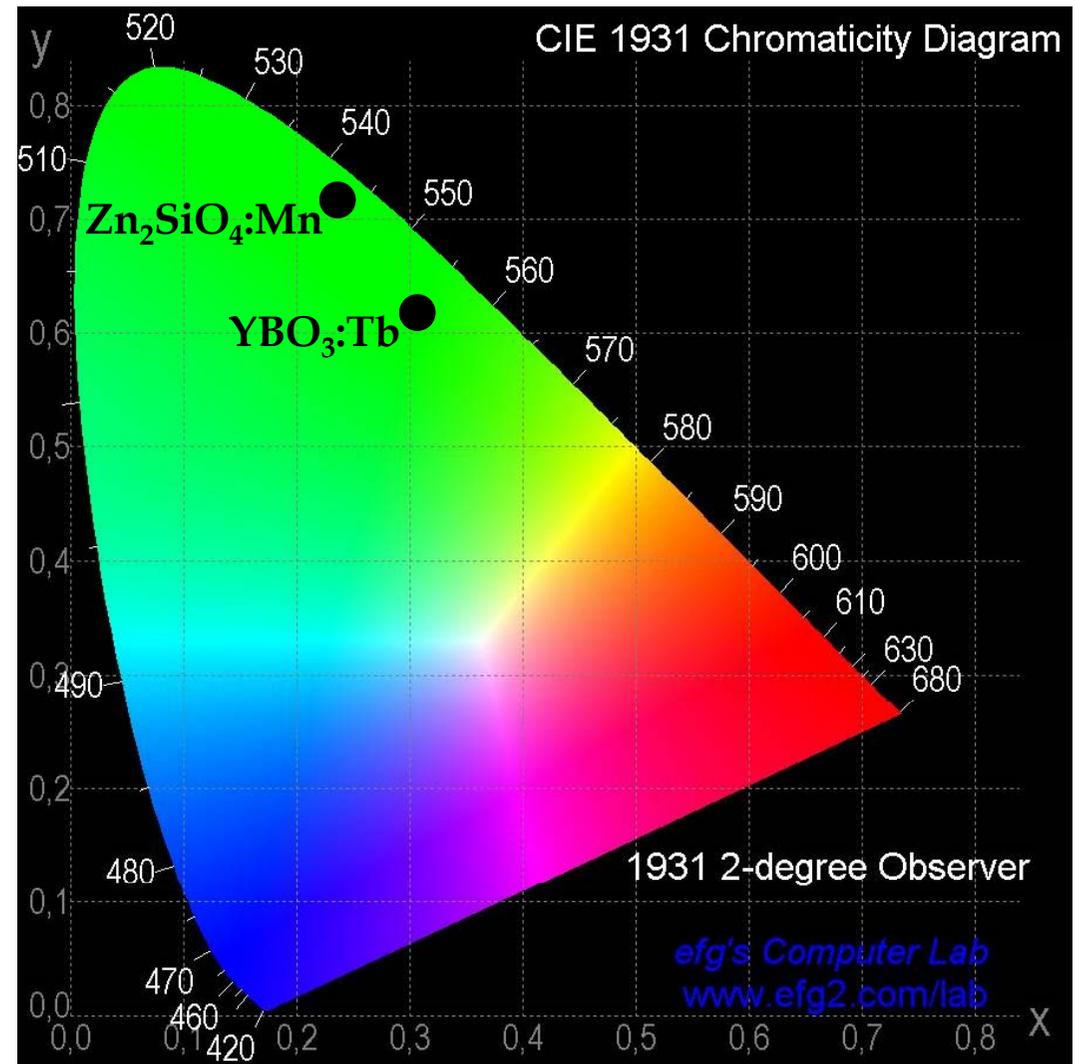
Mn²⁺-Leuchtstoffe

y-Koordinate: 0.69 - 0.73

Tb³⁺-Leuchtstoffe

y-Koordinate: 0.58 - 0.62

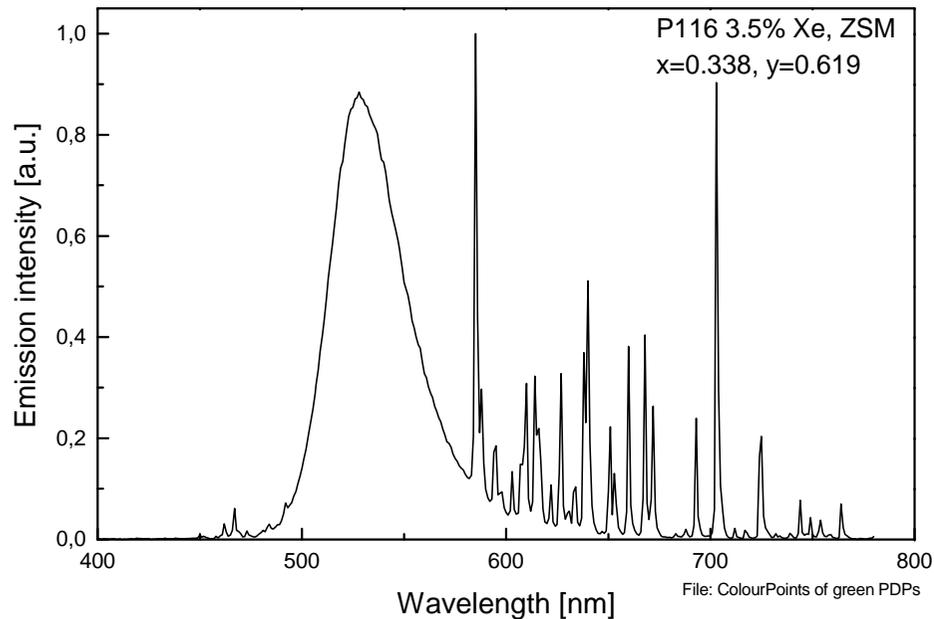
Tb³⁺ hat Emissionslinien-Multipletts bei 590 und 620 nm



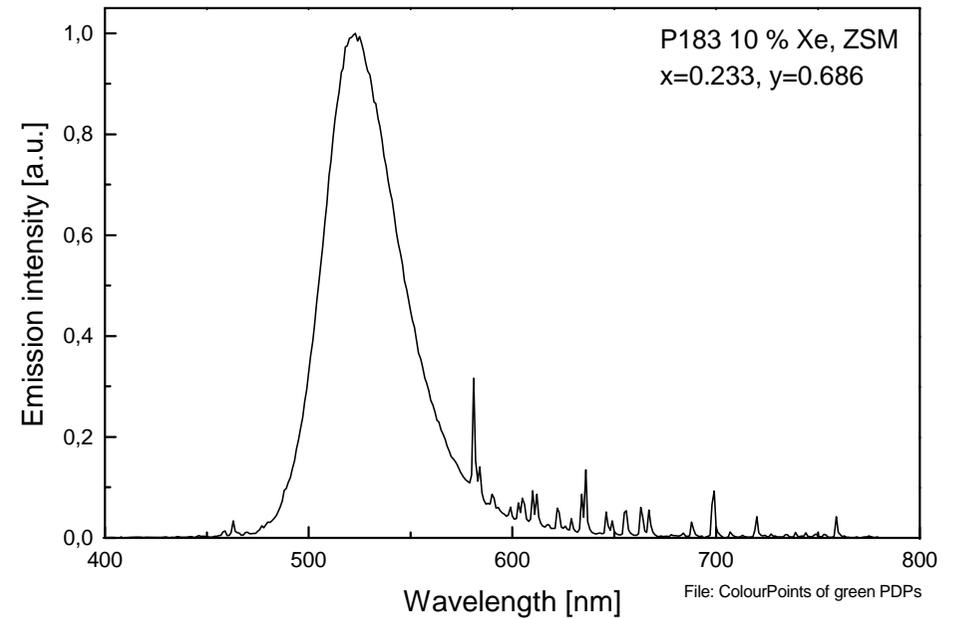
11.9 Grüne PDP Leuchtstoffe

Spektren der grünen PDP-Pixel mit $\text{Zn}_2\text{SiO}_4:\text{Mn}$

3.5 % Xe



10 % Xe



$\text{Zn}_2\text{SiO}_4:\text{Mn}$

- als Pulver
- in PDP 10 % Xe
- in PDP 3.5 % Xe

Farbpunkt x, y

0.25, 0.70

0.23, 0.69

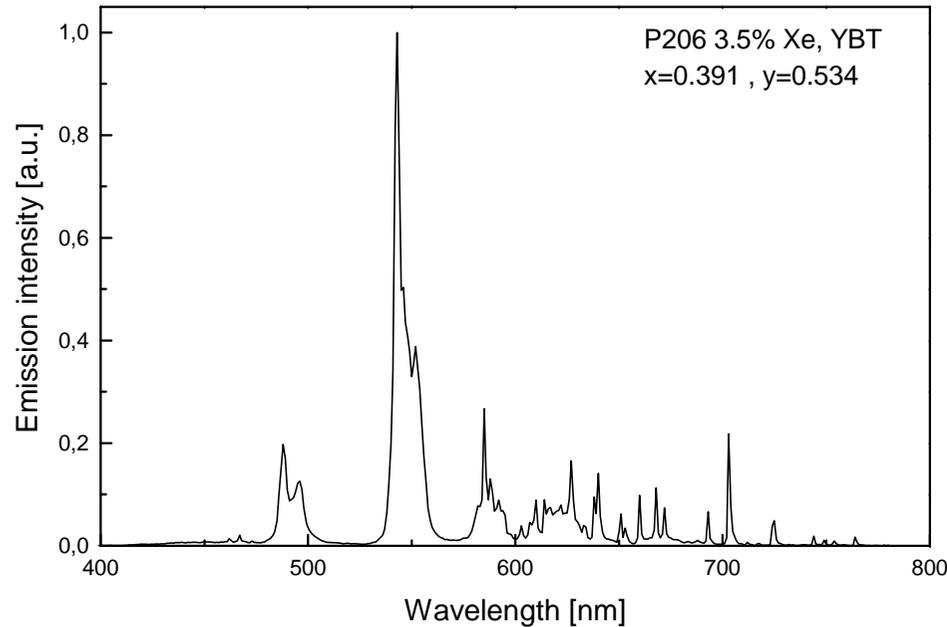
0.34, 0.62

analog zur CRT

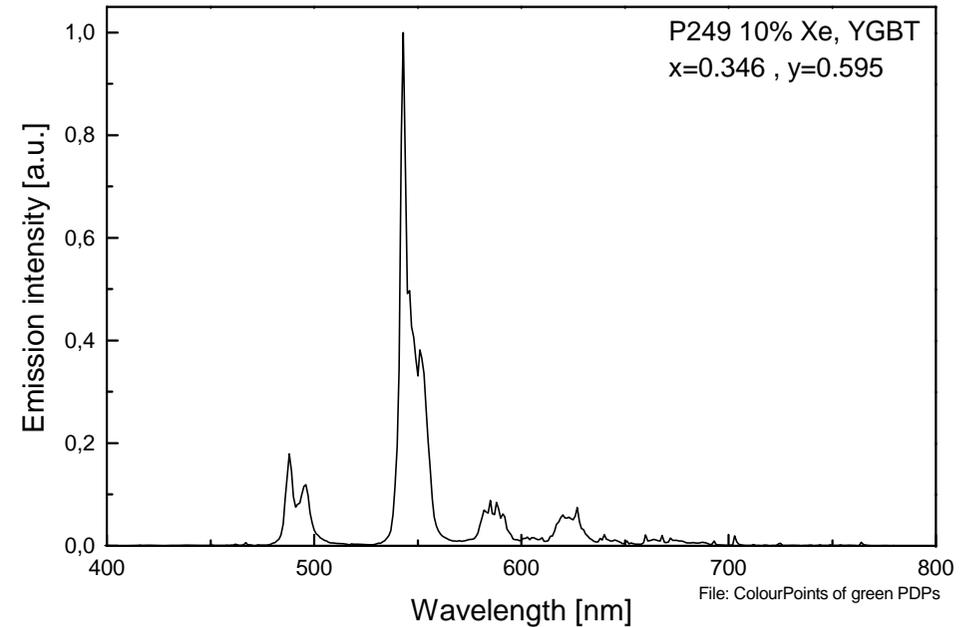
11.9 Grüne PDP Leuchtstoffe

Spektren der grünen PDP-Pixel mit (Y,Gd)BO₃:Tb

3.5 % Xe



10 % Xe



(Y,Gd)BO₃:Tb

- als Pulver
- in PDP 10 % Xe
- in PDP 3.5 % Xe

Farbpunkt x. y

0.34, 0.62

0.35, 0.60

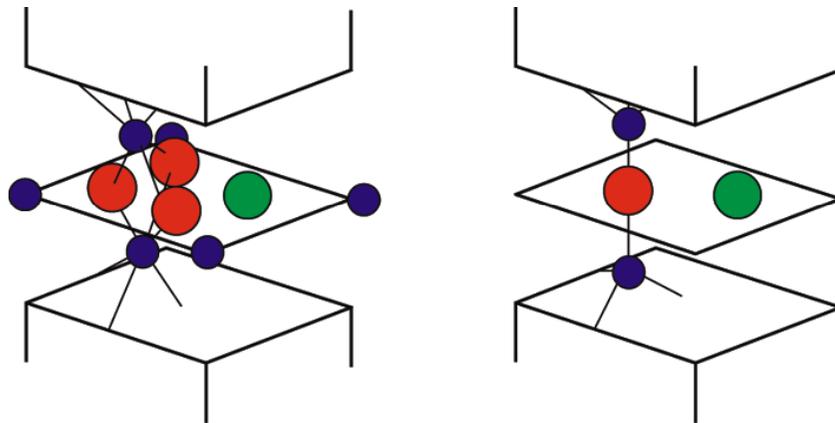
0.39, 0.53

analog zur CRT

11.10 Blaue PDP Leuchtstoffe

Leuchtstoffe im System $\text{MeO-MgO-Al}_2\text{O}_3$

Aufbau der Zwischenschicht



Magnetoplumbit

β -Alumina

Me = Ba (1.34 Å)

- $\text{BaMgAl}_{10}\text{O}_{17}$
- $\text{BaMg}_3\text{Al}_{14}\text{O}_{25}$

BAM

β -Alumina
 β -Alumina

Me = Sr (1.12 Å)

- $\text{SrMgAl}_{10}\text{O}_{17}$
- $\text{Sr}_2\text{MgAl}_{22}\text{O}_{36} = \text{SrMgAl}_{10}\text{O}_{17} + \text{SrAl}_{12}\text{O}_{19}$
 (β -Alumina + Magnetoplumbit)

SAM

β -Alumina

Me = Ca (0.99 Å)

- $\text{CaMgAl}_{14}\text{O}_{23}$
- $\text{CaMg}_2\text{Al}_{16}\text{O}_{27}$
- $\text{CaMgAl}_{10}\text{O}_{17}$

CAM

Magnetoplumbit
 Magnetoplumbit
 β -Alumina

(nicht stabil → Magnetoplumbit)

11.10 Blaue PDP Leuchtstoffe

Struktur von $\text{BaMgAl}_{10}\text{O}_{17}$

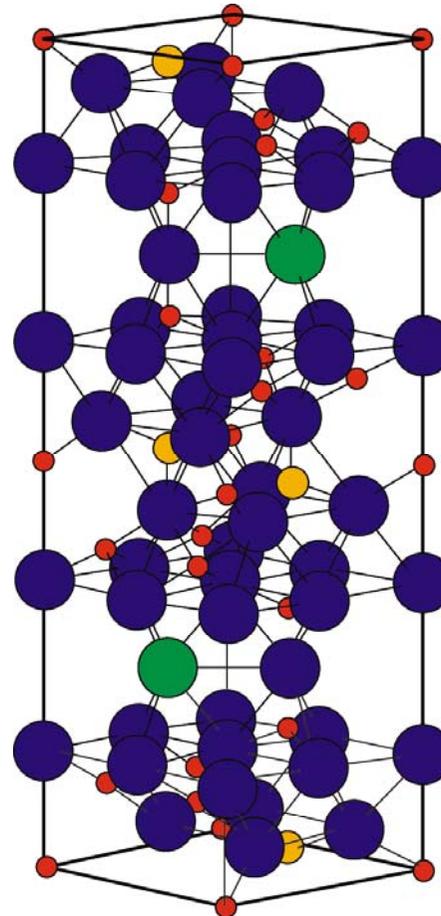
Lokalisation des Europiums

- Eu^{2+} Zwischenschichten
- Eu^{3+} Spinellblöcke

Mögliche Nebenphasen

- Al_2O_3
- BaAl_2O_4
- MgAl_2O_4
- $\text{EuAl}_{11}\text{O}_{18}$
- EuAlO_3
- $\text{EuMgAl}_{11}\text{O}_{19}$
- $\text{Ba}_{0.75}\text{Al}_{11}\text{O}_{17.25}$
-

Elementarzelle



Spinellblock $\text{MgAl}_{10}\text{O}_{16}$

Zwischenschicht BaO

Spinellblock $\text{MgAl}_{10}\text{O}_{16}$

Zwischenschicht BaO

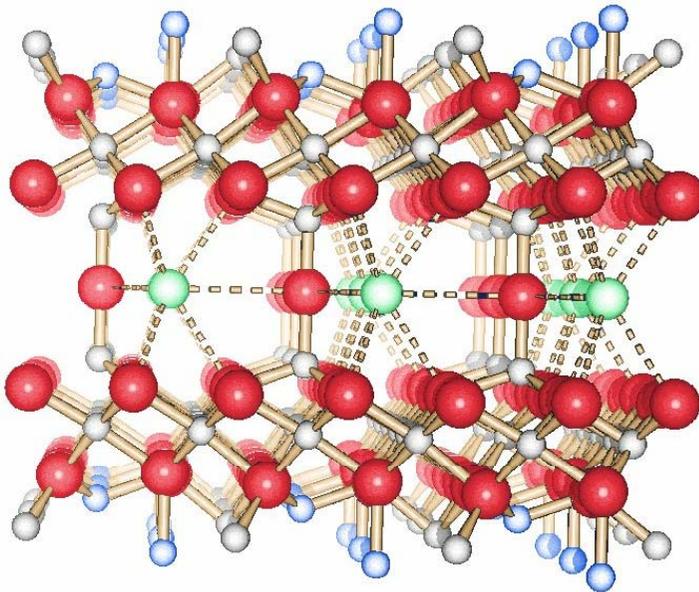
Spinellblock $\text{MgAl}_{10}\text{O}_{16}$

Isostrukturell zu β -Alumina $\text{NaAl}_{11}\text{O}_{17}$

11.10 Blaue PDP Leuchtstoffe

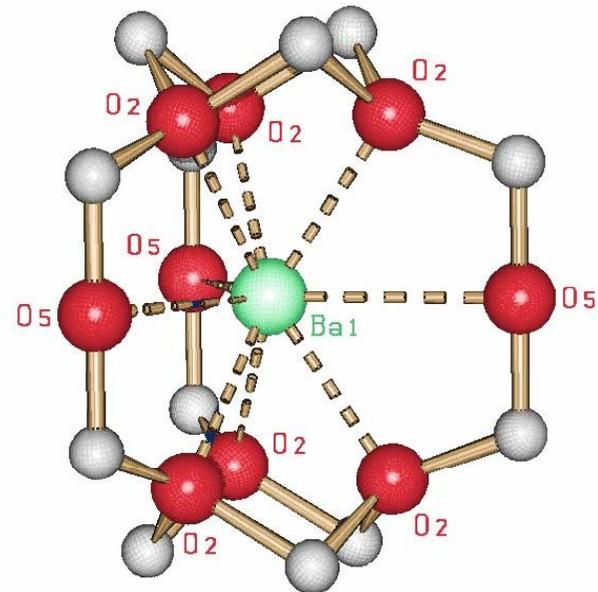
Struktur von $\text{BaMgAl}_{10}\text{O}_{17}$

Schichtstruktur



SCHAKAL

Ba^{2+} Umgebung

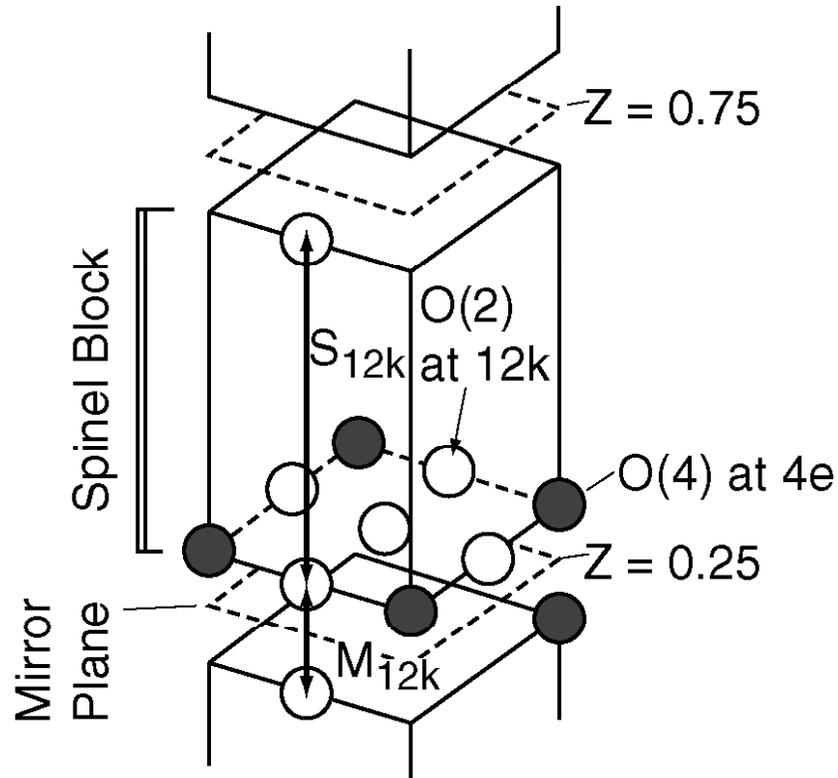


SCHAKAL

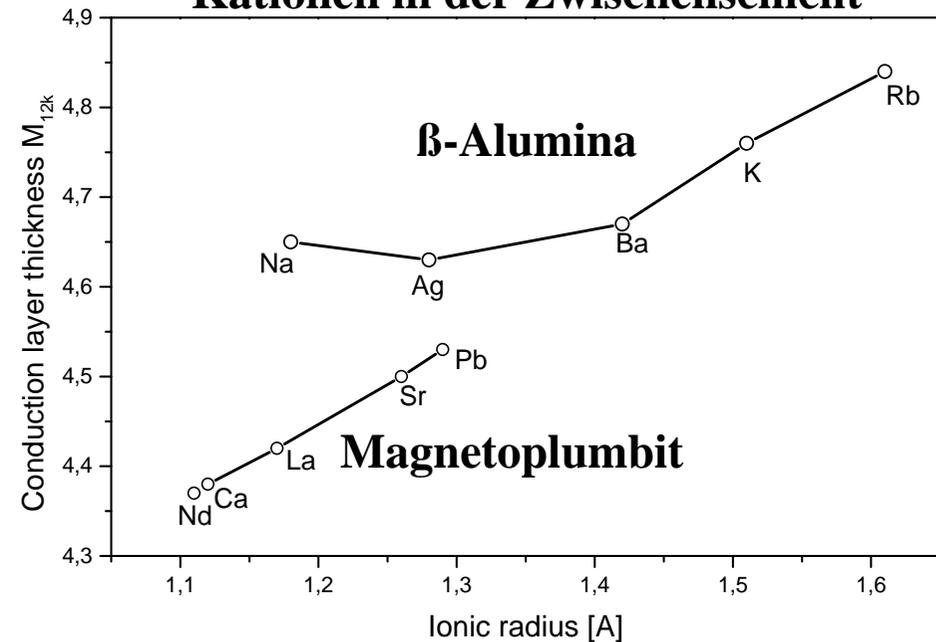
$\text{Ba}^{2+}(\text{Eu}^{2+})$ ist neunfach koordiniert (tri-capped trigonales Prisma D_{3h})
 \Rightarrow Relativ geringe Kristallfeldaufspaltung \Rightarrow blaue Emissionsbande

11.10 Blaue PDP Leuchtstoffe

Thermodynamische Stabilität von β -Alumina



Struktureller Einfluss der Kationen in der Zwischenschicht



Stabilitätsgrenze der β -Alumina Phase liegt bei $M_{12k} > 4.6 \text{ \AA}$

Eu^{2+} ($r_0 = 1.17 \text{ \AA}$) ist kleiner als Sr^{2+} ($r_0 = 1.26 \text{ \AA}$)

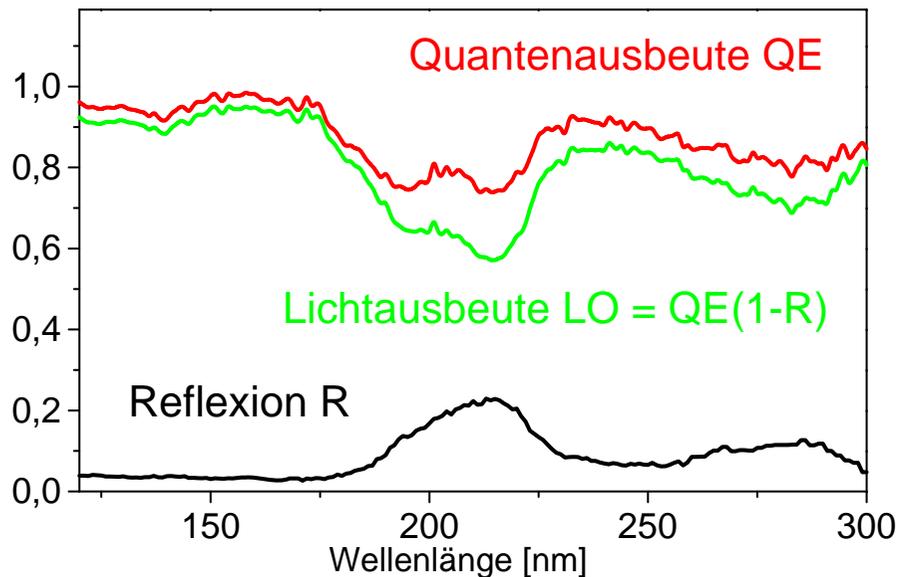
Also: Eu^{2+} -Einbau destabilisiert die β -Alumina Phase

Einbau großer Kationen stabilisiert die β -Alumina Phase (Rb^+ , K^+)

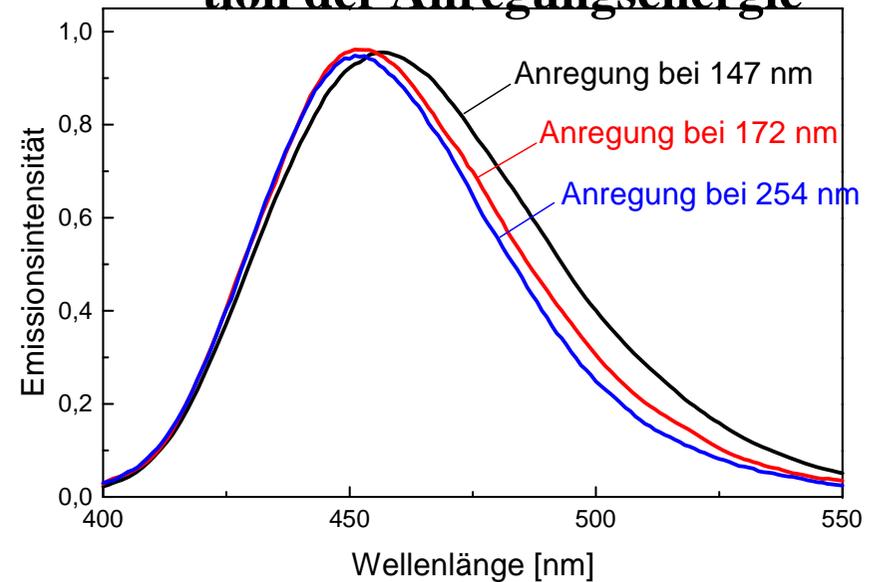
11.10 Blaue PDP Leuchtstoffe

Lumineszenzspektren von $\text{BaMgAl}_{10}\text{O}_{17}:\text{Eu}^{2+}$

Effizienz und Reflexion



Emissionsspektren als Funktion der Anregungsenergie



Hohe VUV-Absorption und Quantenausbeute nahe 100 %

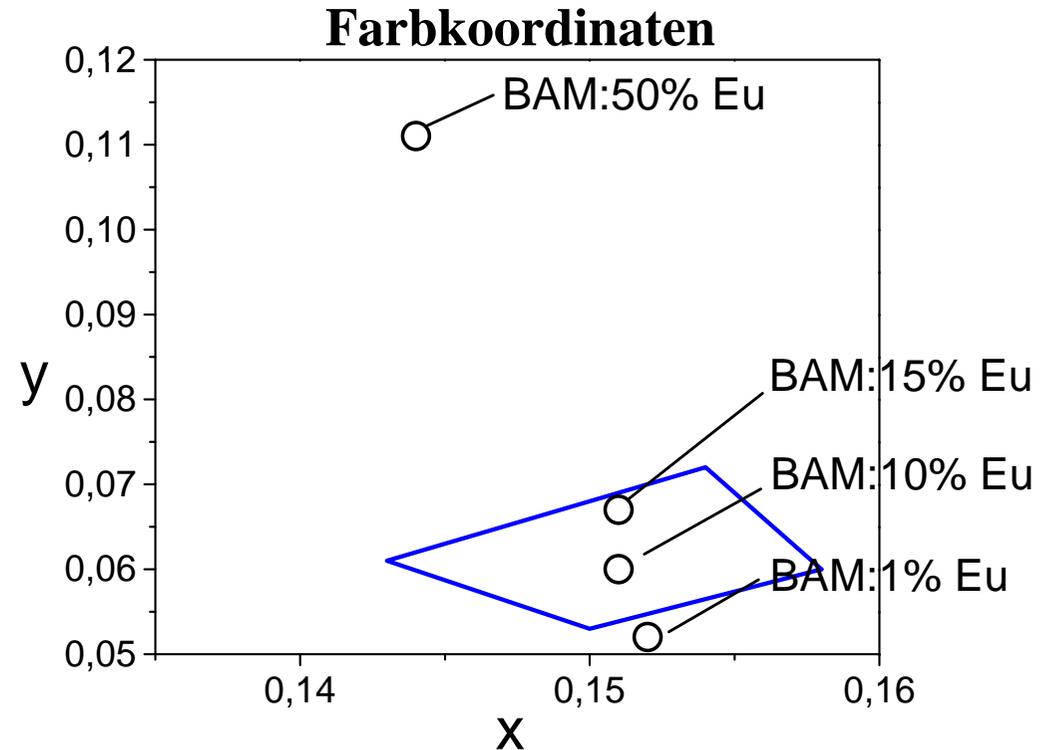
Halbwertsbreite der Emissionsbande steigt mit der Anregungsenergie

11.10 Blaue PDP Leuchtstoffe

Farbpunkt: Einfluss der Eu^{2+} -Konzentration

Kation	Radius [\AA]
• Ba^{2+}	1.34
• Sr^{2+}	1.12
• Ca^{2+}	0.99
• Eu^{2+}	1.09

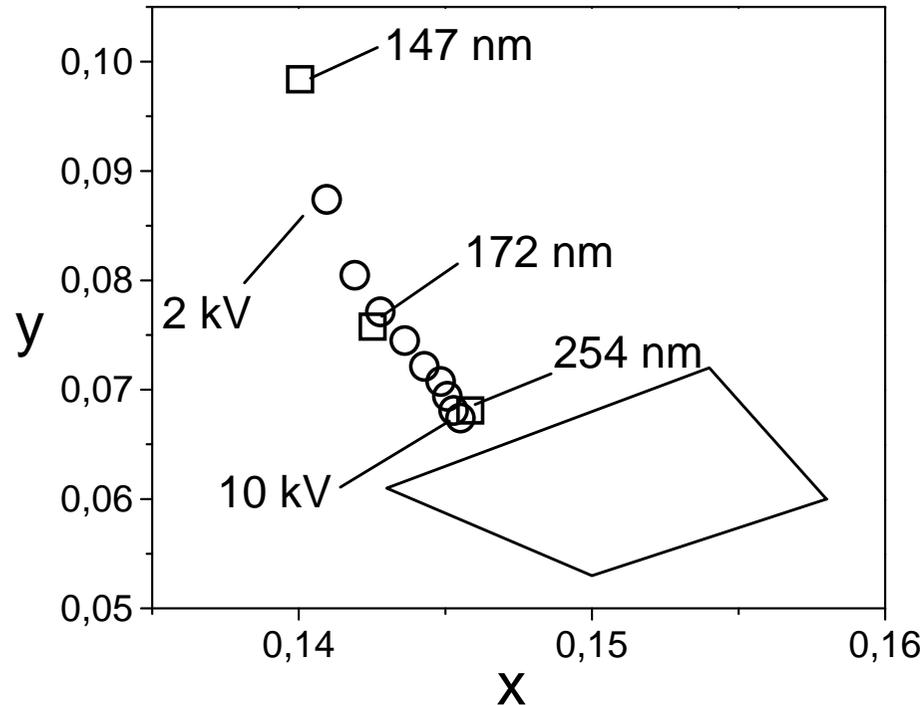
BAM:x% Eu^{2+}	x, y
• 1%	0.152, 0.052
• 10%	0.151, 0.060
• 15%	0.151, 0.067
• 50%	0.144, 0.111



Grünverschiebung des Farbpunktes durch Erhöhung der Eu^{2+} Konzentration \Rightarrow Einbau von Eu^{2+} destabilisiert die BAM Phase und führt zur Bildung von $\text{BaAl}_2\text{O}_4:\text{Eu}$

11.10 Blaue PDP Leuchtstoffe

Farbpunkt: Einfluss der Anregungsenergie



Feldman Gleichung
 $R = 0.046 * U^{5/3} / \rho \text{ [}\mu\text{m]}$

254 nm exc. x = 0.146, y = 0.068 ~ 10 kV Elektronen (400 nm)

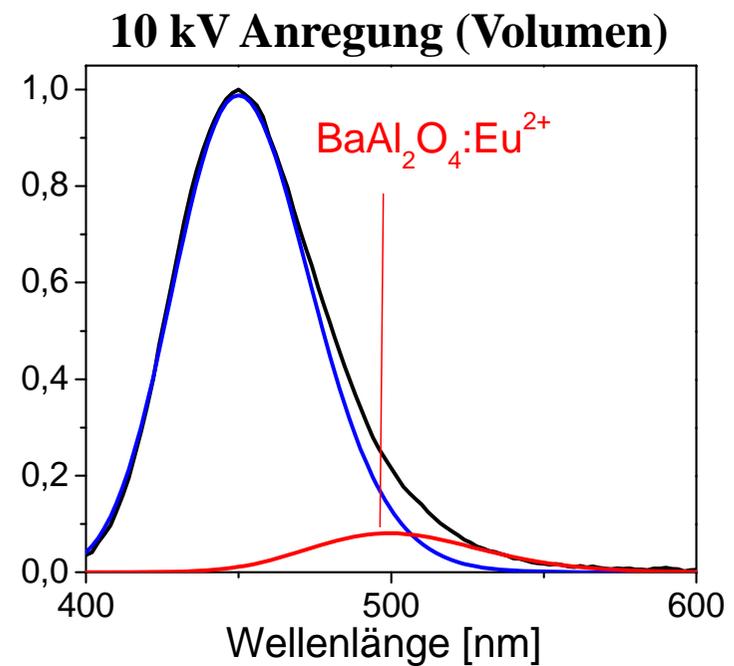
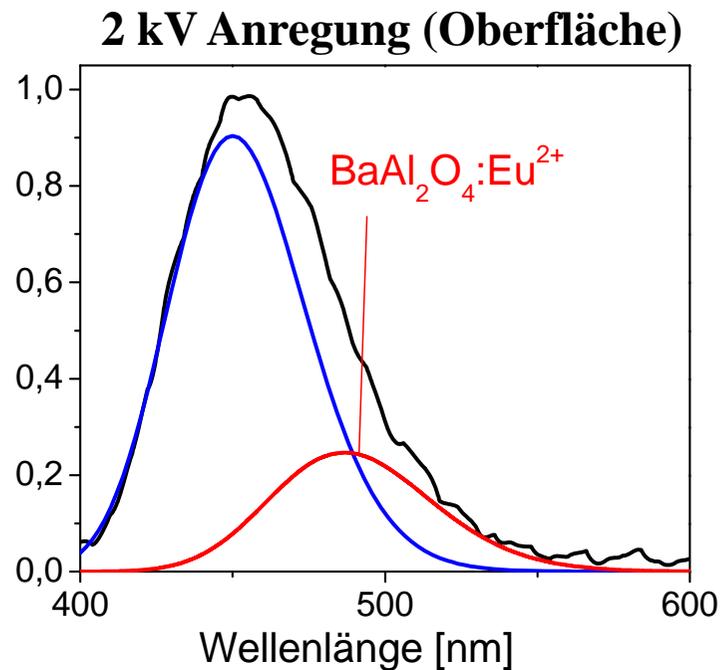
Aktivatoranregung \Rightarrow hohe Eindringtiefe

147 nm exc. x = 0.140, y = 0.098 ~ 2 kV Elektronen (30 nm)

Bandanregung \Rightarrow geringe Eindringtiefe

11.10 Blaue PDP Leuchtstoffe

Kathodolumineszenz von $\text{BaMgAl}_{10}\text{O}_{17}:\text{Eu}^{2+}$

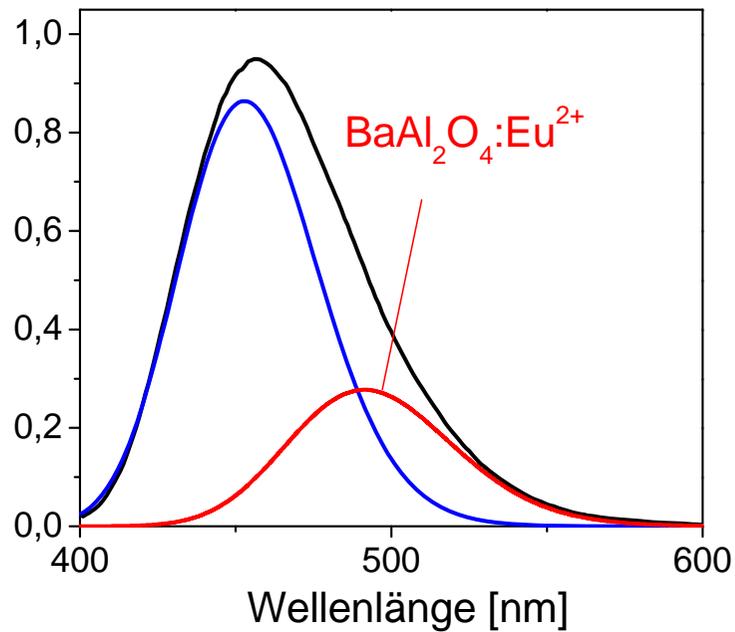


Die Nebenphase $\text{BaAl}_2\text{O}_4:\text{Eu}^{2+}$ macht sich im Emissionsspektrum bemerkbar

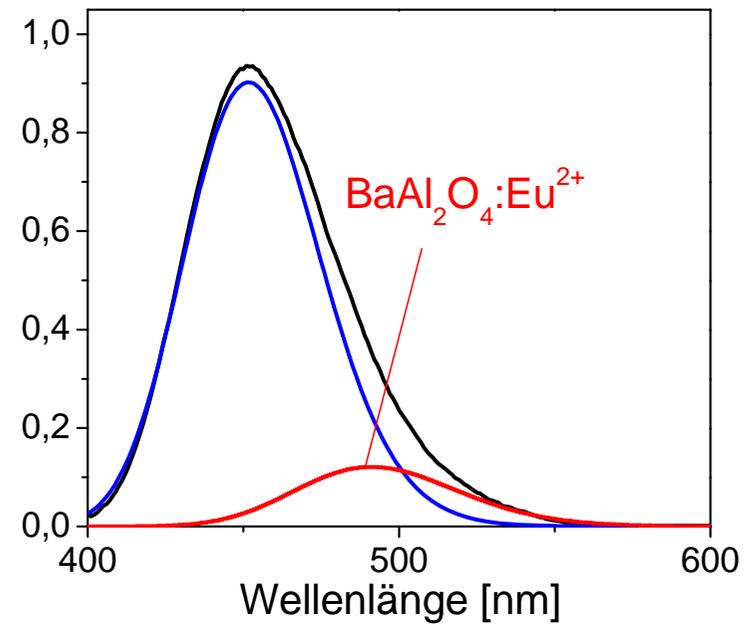
11.10 Blaue PDP Leuchtstoffe

Photolumineszenz von $\text{BaMgAl}_{10}\text{O}_{17}:\text{Eu}^{2+}$

147 nm Anregung (Oberfläche)



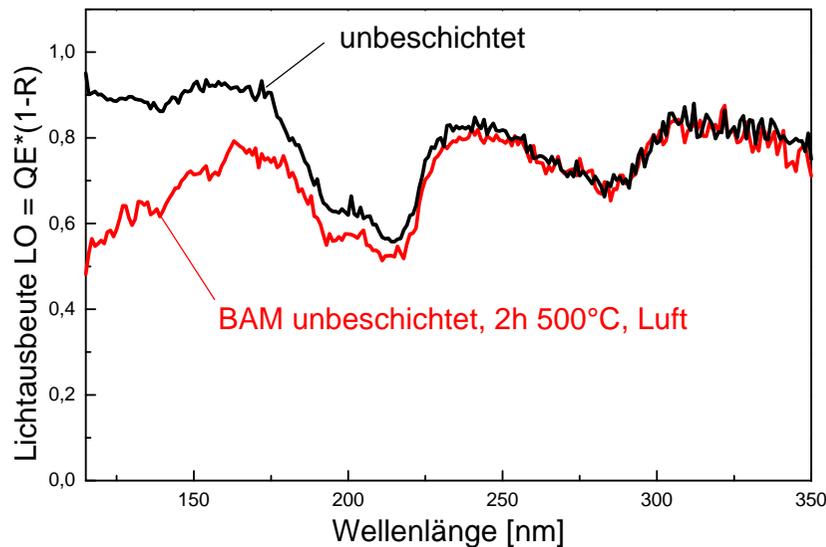
254 nm Anregung (Volumen)



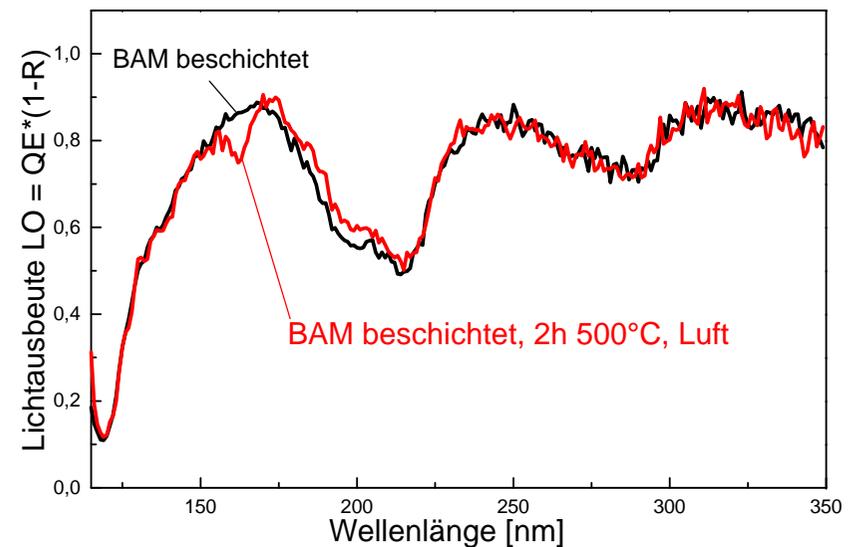
11.10 Blaue PDP Leuchtstoffe

BaMgAl₁₀O₁₇:Eu²⁺: Stabilitätsverbesserung durch Teilchenbeschichtung

Anregungsspektren
unbeschichtetes Pulver



Anregungsspektren
beschichtetes Pulver



Teilchenbeschichtung bestehend aus einem inerten Material wirkt als Barriere für

a) Sauerstoff

b) 74 nm (147 nm) Strahlung

Keine thermische Degradation

verringerte Photodegradation

Materialien: Al₂O₃, AlPO₄, Ca₂P₂O₇, SiO₂, MgO

11.11 Status und Ausblick

Vergleich zwischen CRTs und PDPs (Stand 2008)

	PDP-TV	CRT-TV
Bildschirmdiagonale	80 cm - 750 cm (32" - 300")	max. 90 cm (max. 36")
Luminanz (1% weißer Bildschirm)	100 - 150 Cd/m²	100 - 130 Cd/m²
Peak-Luminanz (weißer Bildschirm)	1000 Cd/m²	500 Cd/m²
Effizienz	3 - 5 lm/W	2 - 3 lm/W
Leistungsaufnahme im typischen TV Betrieb	150 - 300 W	200 - 300 W
Lebensdauer	> 30000 h	> 30000 h
Gewicht	20 - 30 kg (42")	≈ 80 kg (36")
Dicke	< 10 cm	≥ 60 cm (36")

11.11 Status und Ausblick

Künftige Maßnahmen zur Verbesserung der Bildqualität von PDPs

Gasentladung

- **Höherer Xe-Partialdruck (höhere Treiberspannung)**
- **Optimierung der Oberflächen (Materialien mit hohem γ -Koeffizient)**

Zellgeometrie und Optik

- **Verbesserung der Umsetzung erzeugter VUV Photonen**
- **Verbesserung der Lichtauskopplung zur Frontplatte (Reflektorschichten)**
- **Erhöhung des Kontrasts: Bildschirmglasdotierung, Farbfilter, Black-Matrix**

Leuchtstoffe

- **Verbesserung der Photostabilität der blauen Leuchtstoffe**
- **Verkürzung der Abklingzeit der grünen Leuchtstoffe**
- **Verbesserung des Farbpunktes und Verkürzung der Abklingzeit des roten Leuchtstoffes**
- **Erhöhung des Kontrasts durch farbige Leuchtstoffe**