



# Genauigkeit und Grenzen bei der Messung von UV-Strahlung

W. Mohr

VDD Seminarreihe Oktober 2009



## **Eltosch – ist ab Mai 2008 Mitglied in der Gruppe der Dr. Höhle AG**

Höhle (München) mit (UV-Anlagen in Rolle, Inkjet, Flexodruck, EVG + Reflektorproduktion)

Eltosch (UV/IR/TL-Anlagen), printconcept (UV-Anlagen), Panacol (UV-Klebstoffe + Vergußmassen) und aladin (Strahlerfertigung)

Statement zur allgemeinen Energiediskussion:

- Die Energiereduzierung durch Systemoptimierung ist bei ist für Eltosch / Dr. Hönle AG immer ein Basisthema
- Die Zertifizierung „Energiereduzierter UV-Druck“ durch die BG ist erfolgt
- Eltosch ist ein Partner im Verbundprojekt „Nanocure“. Projektträger ist der VDI in Düsseldorf, Physikalische Technologien

1. Weshalb gerade dieses Thema?
2. Ursachen für die oft fehlerhafte Beurteilung der angezeigten Meßwerte
3. Warum ist die Strahlungsmessung so schwierig?
4. Die physikalischen Größen bei der UV-Messung
5. Die verschiedenen Meßsysteme mit ihren Toleranzen

6. Grenzen der Messungen und deren Vergleichbarkeit untereinander
7. UV-Messungen – notwendig und sinnvoll
8. Ansprechpartner

# Warum dieses Thema?



- Bewertung der Meßergebnisse in der Praxis oftmals nicht korrekt
- Ursache ist oft keine ausreichende Kenntnis über die Meßmethodik
- Alle am UV-Prozeß Beteiligten sollten ein Interesse an korrekten Daten und Vergleichen haben
- Die Beurteilung der Härtung ist ein anderes Thema und wird hier nicht behandelt

Die fehlerhafte Beurteilung der Meßwerte hat verschiedene Gründe:

- Kenntnis + Verständnis über die Strahlungsmessung fehlen
- Digitale Anzeigen täuschen absolute Werte vor
- Physikalische Randbedingungen sind unklar
- Die Betriebsanleitungen wurden nicht gelesen!
- In den Anleitungen fehlen häufig wichtige Daten

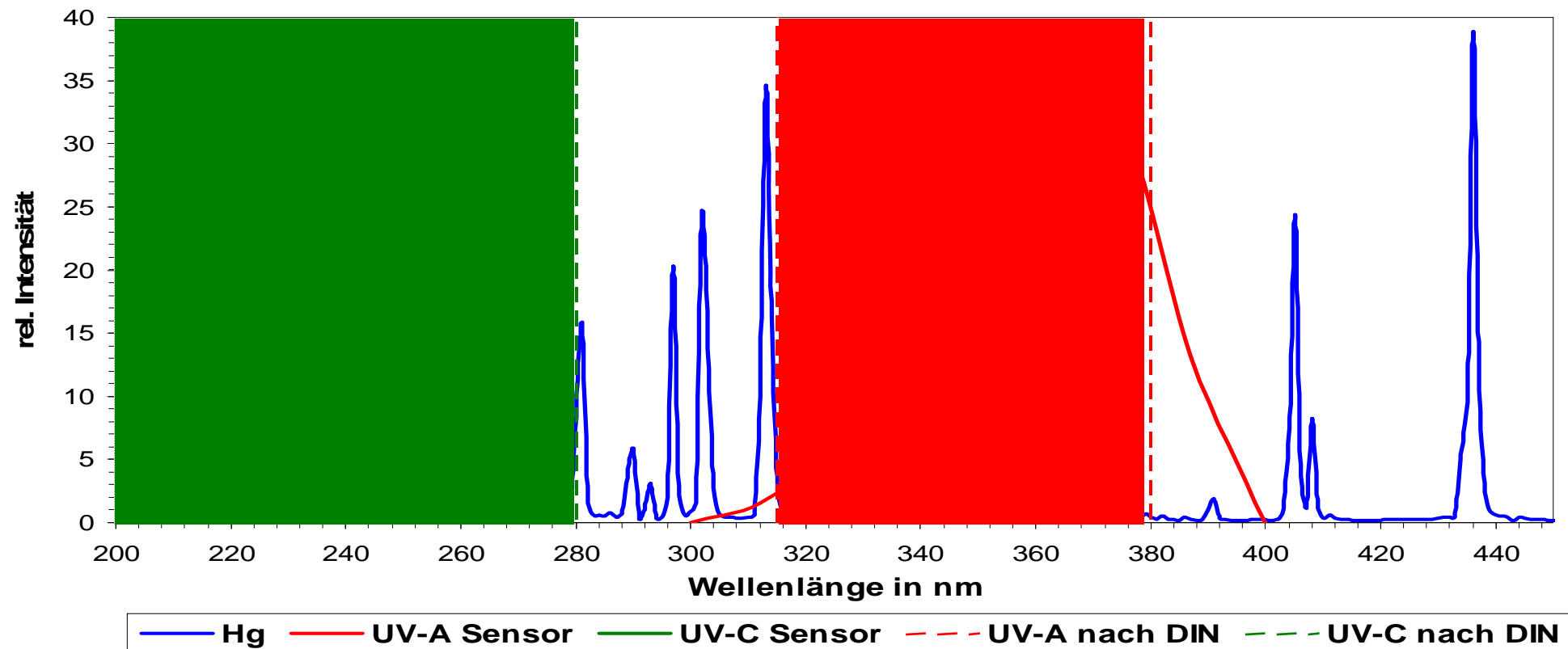
Messung einer unsichtbaren Größe  
(Elektromagnetische Welle)

- Die Sensitivität der Filter-Sensor Anordnung ist wellenlängenabhängig
- Die Grenzwerte der Sensoren sind sehr unterschiedlich (von Gerät zu Gerät und von Hersteller zu Hersteller)



## Beispiel für die reale Sensitivität von Sensoren

Spektrale Empfindlichkeit zweier UV-Sensoren im Wellenlängenbereich [200 - 450 nm] eines Hg Strahlers  
relative spektrale Intensitätsverteilung

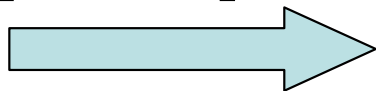


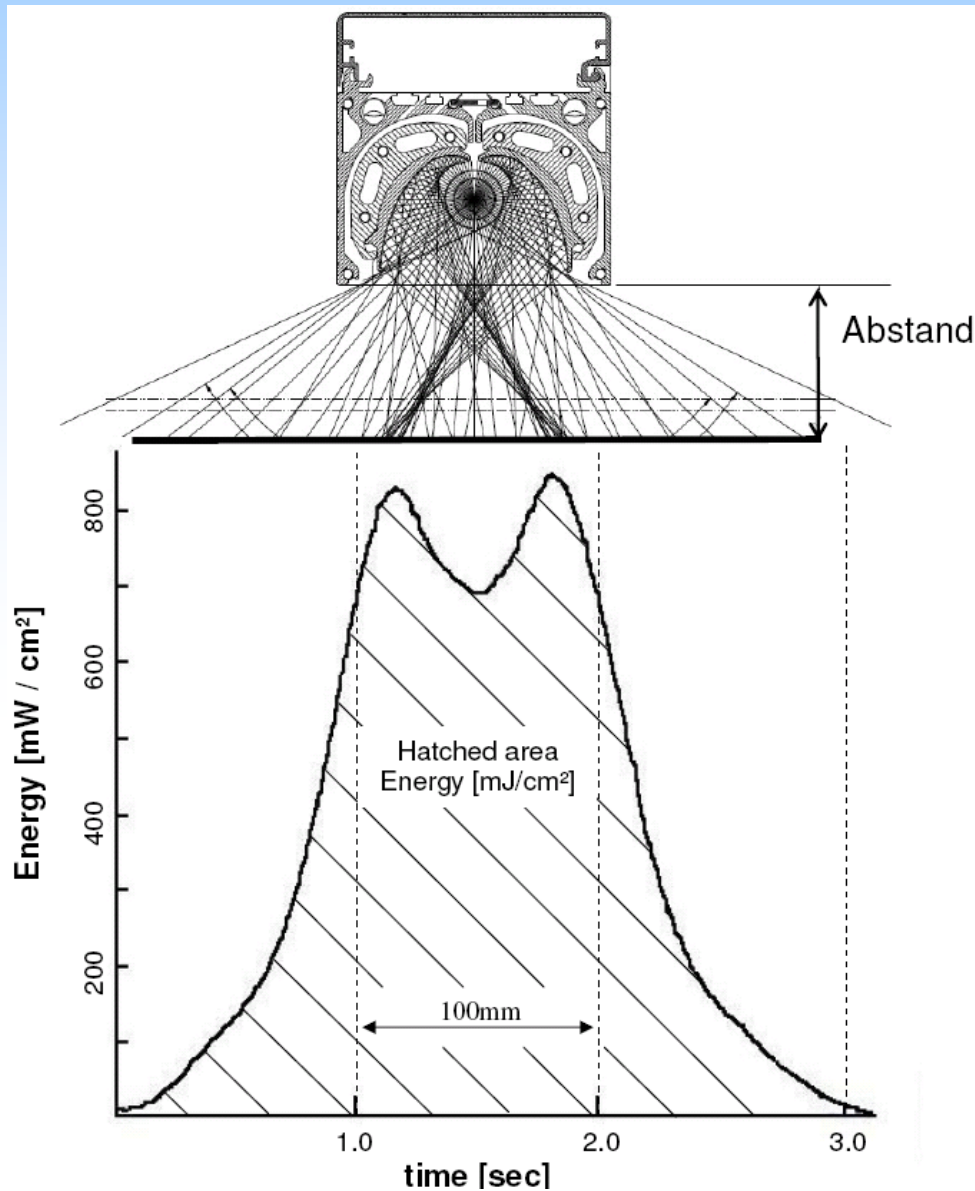
- Die Kalibrierung der Geräte erfolgt nach länderspezifischen Standards
- Auch bei gleicher Kalibrierung zeigen die Meßgeräte verschiedener Hersteller unter gleichen Bedingungen sehr unterschiedliche Werte an (bis zu ca. 100%).

- Aufgenommene spezifische elektrische Leistung (Linienstrahler) in  $[\text{W}/\text{cm}]$
- **Abgegebene Strahlungsleistung** in  $[\text{W}/\text{cm}^2]$  oder  $[\text{mW}/\text{cm}^2]$ , auch als **Intensität** bezeichnet ist wellenlängenabhängig



- **Strahlungsenergie (Dosis)** in  $[\text{Ws}/\text{cm}^2] = [\text{J}/\text{cm}^2]$  oder  $[\text{mWs}/\text{cm}^2] = [\text{mJ}/\text{cm}^2]$



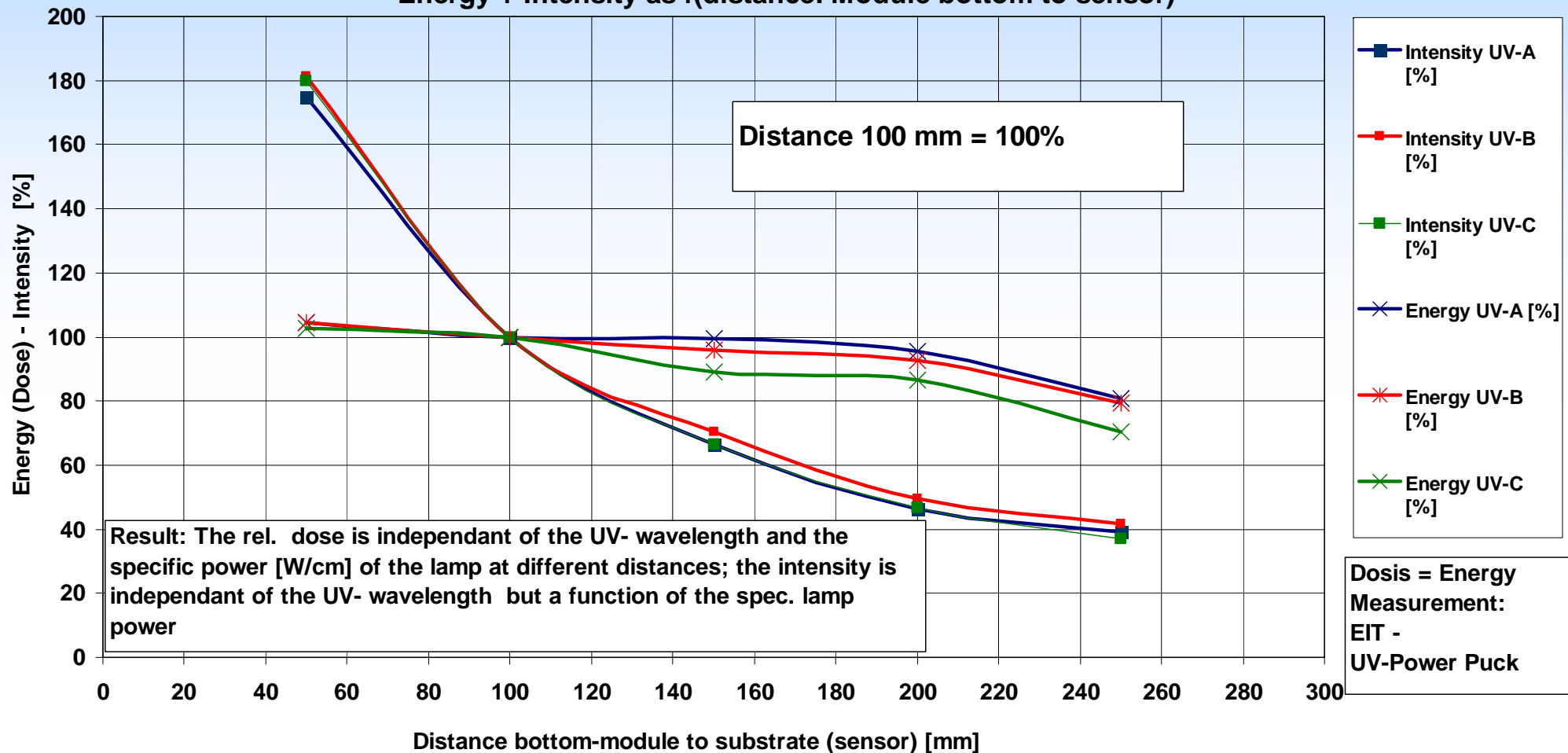


- Darstellung der spez. Strahlungsleistung
- Intensität = Kurve
- Energie = Fläche unter der Kurve
- Intensität ist je nach Meßort sehr unterschiedlich

## Dosis + Intensität = f (Abstand – Modul – Substrat)

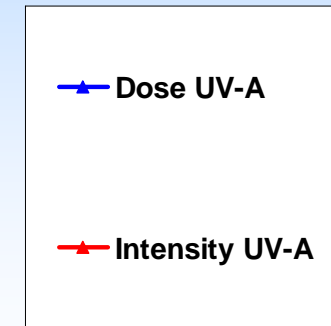
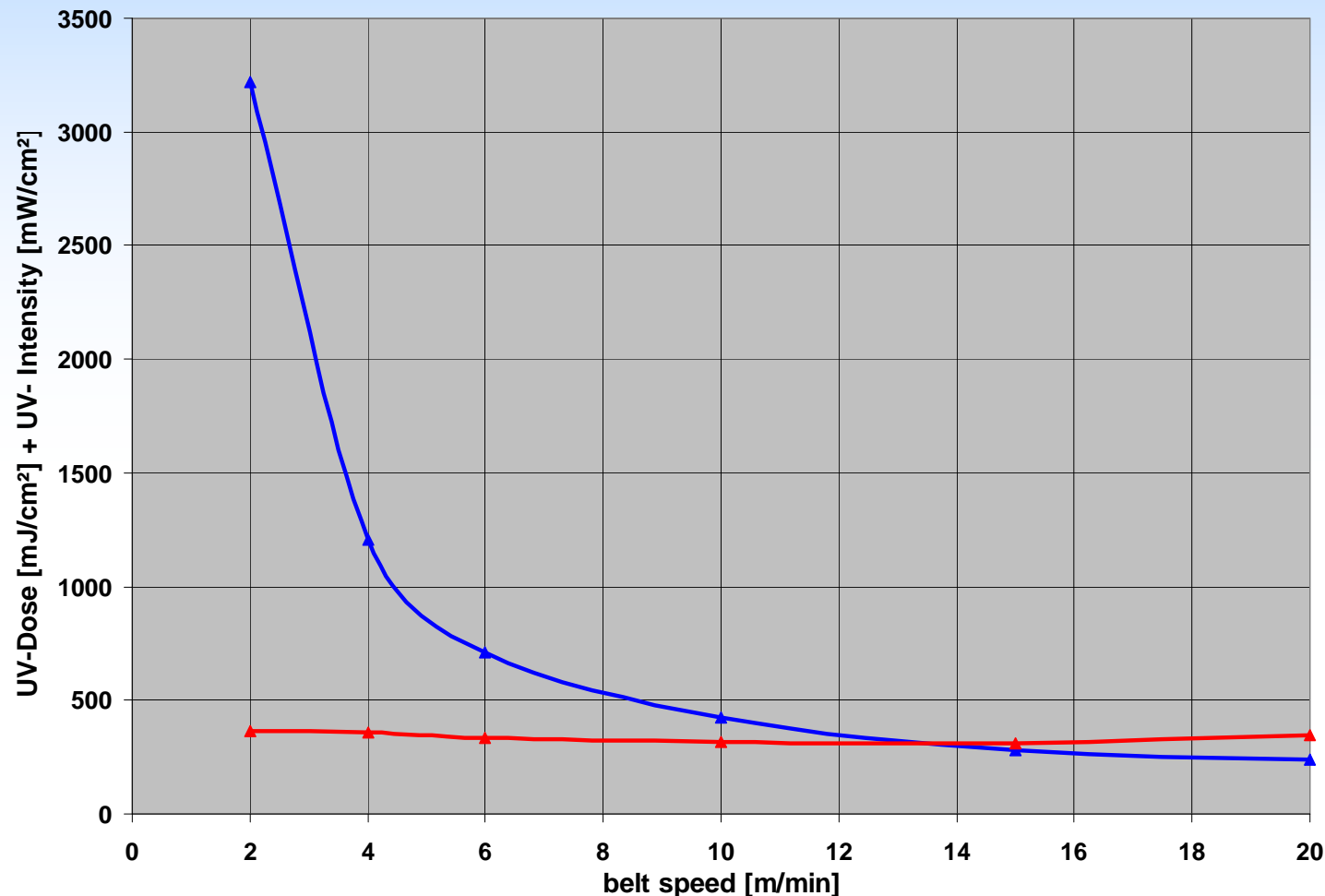
UV - module

Energy + Intensity as f(distance: Module bottom to sensor)



## Dosis + Intensität = f (Geschwindigkeit m/min)

Instituts-Laborförderband Energie + Intensity (Peak) als f(v)  
Bandgeschwindigkeit: 2 - 20 m/min, Meßgerät EIT PowerPuck Eltosch



**Hinweis:**  
Unter 4 m/min werden wegen der Steilheit der Kurve die Ergebnisse sehr ungenau. Diesen Meßbereich sollte man vermeiden.

## Meßsysteme mit Halbleiter-Sensoren

- Feste Installation: Intensität [ $\text{W}/\text{cm}^2$ ] oder [ $\text{mW}/\text{cm}^2$ ] wird gemessen
- Exakte mechanische Fixierung für vergleichende Messungen notwendig
- Große Strahlerleistungen erzeugen hohe Temperaturen an den Meßköpfen i.d.R. nur Kurzzeitmessungen möglich
- Dauerbetrieb mit Sonderausführungen möglich





UV Meßgerät  
mit verschiedenen  
Sensoren

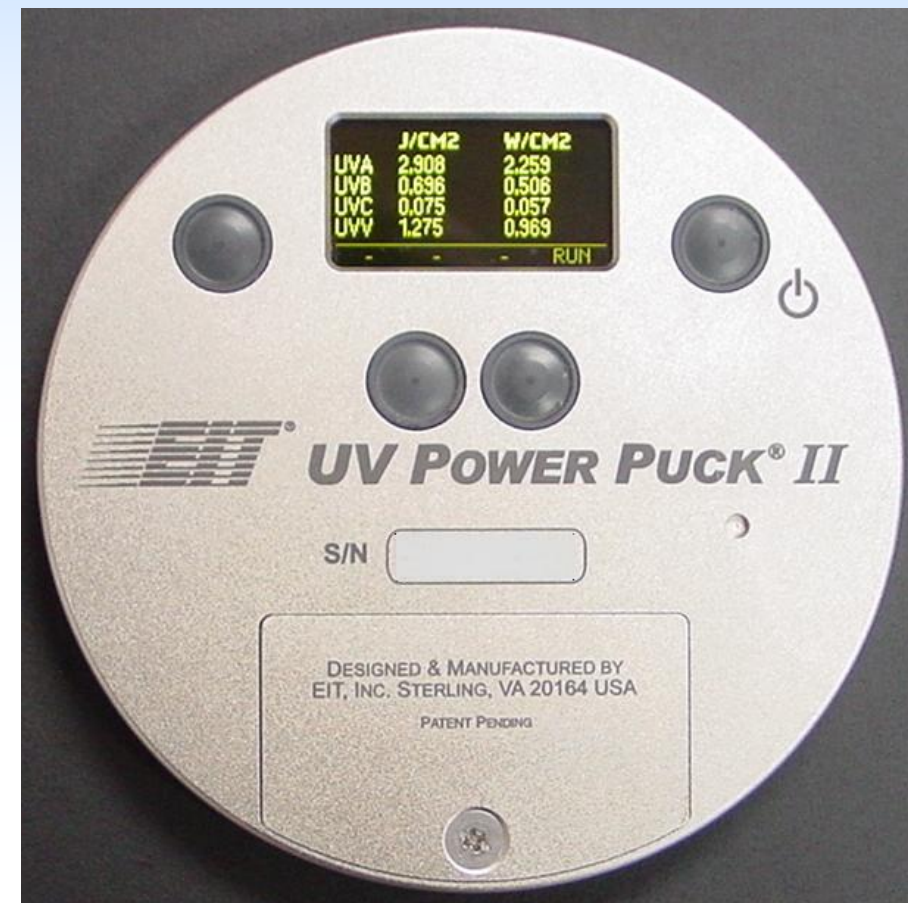


## Meßsysteme mit Halbleiter-Sensoren

- **Durchlaufmeßgeräte** (Integratoren)
- Wichtig bei diesen Systemen: Die Abtastrate (Messung/s) im Verhältnis zur Transportgeschwindigkeit beachten!
- Messungen von Intensität, Dosis
- verschiedene Wellenlängenbereiche
- Aufnahme von Strahlungsprofilkurven

## Meßsysteme mit Halbleiter-Sensoren

- Durchlaufmeßgeräte (Integratoren)



## Meßtoleranzen Halbleitersensoren

- Die Toleranzen der Systeme liegen nach Angabe der Handbücher im Bereich von + / - 5 bis 10 %.
- Dieses Toleranzfeld wird durch unsere Erfahrung bei Wiederholungsmessungen mit dem gleichen Meßgerät unter gleichen Bedingungen bestätigt.
- Wichtig ist unbedingt die Einhaltung aller Randparameter!

## Meßtoleranzen Halbleitersensoren

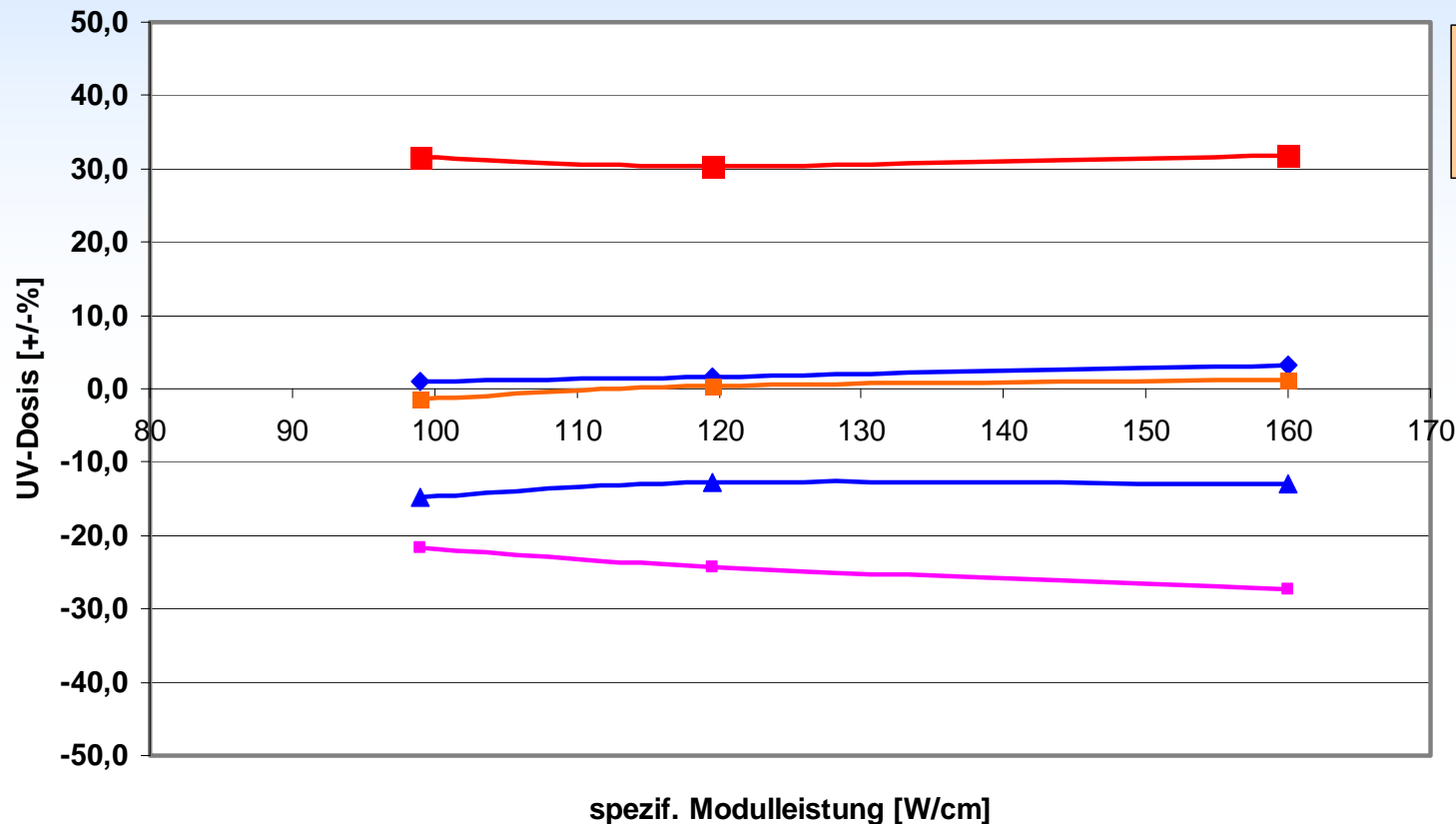
- Vergleichsmessungen mit Geräten gleichen Typs, gleicher Kalibrierung zeigen unter gleichen Strahlungsbedingungen Abweichungen im Bereich von +/- 15 bis +/- 20 %.
- Bei Geräten anderen Typs oder von anderen Herstellern ergeben i.d.R. sich erheblich größere Abweichungen (bis zu ca. 100 %).
- Vergleichende Messungen sind nur mit gegenseitigem Kalibrieren möglich.

## UV-A Dosis = f (Leistung) bei div. Meßgeräten

UV-A Dosis in Abhängigkeit der Leistung bei unterschiedlichen Messgeräten

UV Modul mit Hg-Strahler, Förderbandgeschwindigkeit: 12 m/min Meßbereich: UV-A

Meßwerte bezogen auf die Mittelwerte aller zugeordneten Messungen



Spektrale Empfindlichkeiten UV-A  
PowerPuck, UVI-Map: UV-A; 320-390 nm  
Integrator Typ I und II: UV-A; 315-410 nm

Die maximalen Abweichungen  
zwischen zwei Messgeräten  
liegen bei über 50%

- PowerPuck Nr. 1
- UVI-Map
- PowerPuck Nr. 2
- Integrator Typ 1
- Integrator Typ 2

## Meßstreifen mit Auswerteeinheit

- Es sind **nur Dosismessungen** möglich

Zwei Typen am Markt:

- Radchecksystem – basiert auf Messung der Extinktion (Durchlässigkeit) des Meßstreifens
- System Tesa / Hönle – Bestrahlung färbt Film rot. Rotfärbung wird ausgewertet (Meßgerät von Hönle)





## **Für auswertbare Messungen sind einige Randbedingungen einzuhalten**

- Es ist nur ein eingegrenzter Dosisbereich meßbar
- Alle Randparameter sind bei Wiederholungsmessungen unbedingt gleich zu halten
- Es sind nur Relativmessungen möglich

## Meßstreifenmeßgerät UV-Scan Tesa / Hönle





## Meßtoleranzen bei Strip - Systemen

- Bei dem Extinktionsmeßgerät (UV-A) liegt der Toleranzbereich praktisch bei +/- 20 - 25 %
- Bei dem Tesa-Hönle Meßsystem (UV-C) ist mit maximal bis zu +/- 15 % und minimal +/- 5 mJ/cm<sup>2</sup> zu rechnen.
- Messung und Toleranzfeld sind signifikant besser als beim Extinktionsmeßgerät
- Systeme mit optischer Beurteilung (Auge) eines Farbumschlages haben ein nicht zu definierendes Toleranzfeld

## UV-Strahlungsmessung

- Gibt einen Hinweis auf den Zustand der UV-Anlage (Qualitätsprüfung)
- Garantiert keine Härtung – dazu müssen auch alle anderen Parameter (Maschine - Chemie etc.) einwandfrei sein

## Messung mit Sensorgeräten in Anlagen

- Praktisch nur Relativmessungen möglich, neues UV-System = 100%
- Mindestens 2 Messungen unter gleichen Bedingungen durchführen, bei signifikanten Abweichungen weitere Messungen
- Für Absolutmessungen und vergleichende Messungen den Fachmann zu Rate ziehen

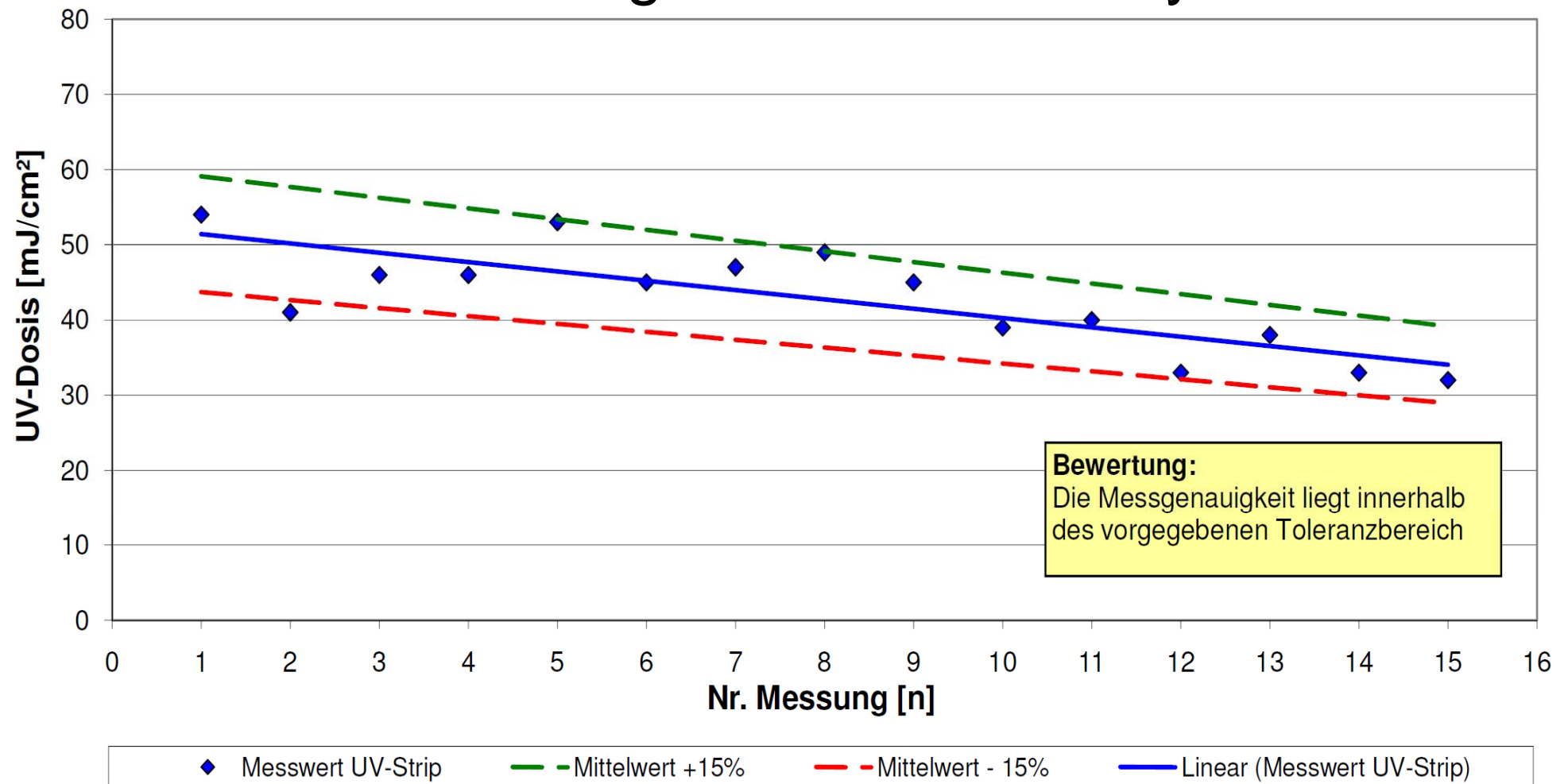
## Messung mit Meßstreifen in Anlagen

- Nur Relativmessungen möglich, neues System = 100 %
- Am besten 3 Messungen unter gleichen Bedingungen durchführen, „Ausreißer werden sofort erkannt“
- Bei signifikanten Abweichungen weitere Messungen
- Generell: Mittelwertbildung der Meßwerte

## Messung mit Meßstreifen in Anlagen

- Relativmessung bezieht sich auch auf die UV-Modulposition und Modultyp
- Es sind keine vergleichenden Messungen zwischen verschiedenen Maschinen, Modulpositionen und Modultypen zulässig
- Ursache: Die verschiedenen Strahlungsprofile wirken sich unterschiedlich auf den chemischen Prozeß aus

## Kundenmessung mit Meßstreifensystem



Sie sehen: Trotz der relativ großen Toleranzen bei der UV-Strahlungsmessung:

**Es ergeben sich durch kontinuierliche Messungen aussagekräftige Informationen über die UV- Anlage**

- Durch Aufklärung der Bediener über die Grenzen der Meßmethodik können die Streuung der Meßwerte und Fehler eingegrenzt werden

- Die UV-Meßtechnik ist ein Baustein zur Qualitätssicherung – in der Klebservernetzung und Beschichtungsindustrie schon heute ein Standard
- Nur durch Anwendung in der Praxis werden verbesserte Systeme entstehen
- Eine zusätzliche Härtungsmessung des Produktes wäre ein weiterer Meilenstein



- Wenn Sie Fragen zur UV-Meßtechnik haben
- Wenn Sie weitergehende Informationen und Ideen zum Thema UV-Messung haben
- Bitte melden bei:  
[wolfgang.mohr@eltosch.de](mailto:wolfgang.mohr@eltosch.de)

Vielen Dank  
für Ihre  
Aufmerksamkeit

- **Abgegebene Strahlungsleistung** in  $[\text{W}/\text{cm}^2]$  oder  $[\text{mW}/\text{cm}]$ , auch als **Intensität** bezeichnet ist wellenlängenabhängig
- UV Intensität ist eine Funktion u.a. von:
  - spezifischen Strahlerleistung
  - Strahlercharakteristik – z.B. undotiert / dotiert
  - Reflektorgeometrie, Art und Güte
  - Meßort im Strahlungsbereich
  - Entfernung zur Strahlenquelle



**Strahlungsenergie (Dosis)** in  $[\text{Ws}/\text{cm}^2] =$   
 $[\text{J}/\text{cm}^2]$  oder  $[\text{mWs}/\text{cm}^2] = [\text{mJ}/\text{cm}^2]$

- Eine Funktion u.a. von:
  - spezifischen Strahlerleistung (proportional)
  - Strahlercharakteristik – z.B. undotiert / dotiert
  - Güte des Reflektors
  - Zeiteinwirkung – Durchlaufgeschwindigkeit

**Praktisch unabhängig von der Entfernung**

**Strahlungsenergie (Dosis)** in  $[\text{Ws}/\text{cm}^2] = [\text{J}/\text{cm}^2]$   
oder  $[\text{mWs}/\text{cm}^2] = [\text{mJ}/\text{cm}^2]$

- **Dosismessung:** Häufig wird nicht direkt die Einwirkzeit auf das Substrat gemessen, sondern als Parameter dient die Durchlaufgeschwindigkeit

- **Dosis = Strahlungsleistung / Geschwindigkeit**  
 $[\text{W}/\text{cm}] / [\text{cm}/\text{s}] = [\text{Ws} / \text{cm}^2] = [\text{J} / \text{cm}^2]$



## Meßsysteme – mit Meßstreifen (Strips)

- Die Meßstreifen werden aufgeklebt und zur Auswertung wieder abgezogen
- Es kann direkt auf Substrathöhe gemessen werden
- Es können somit auch Messungen in Bogenoffsetmaschinen oder unter anderen schwierigen Bedingungen erfolgen
- Zusätzliche Bedienungsinformationen sind bei Eltosch erhältlich – siehe Kontaktadresse

