



**Symposium of the ISSA Electricity Section**

**Simposio de la AISS Comité Electricidad**

**Symposium der IVSS-Sektion Elektrizität**

**Simposium du Comité Electricité de l'AISS**

Dresden, 07. - 08.06.2005

BG-Institut Arbeit und Gesundheit - BGAG

## List of contents/índice/Inhaltsverzeichnis/ table de matière

1	Changes in Statutory Accident Insurance ..... 3 Cambios en el seguro de accidentes ..... L'Assurance accident en mutation ..... Die gesetzliche Unfallversicherung im Wandel .....	3
2	Statutory Accident Insurance in Spain ..... 5 Seguro de Accidentes en España ..... L'Assurance accident en Espagne ..... Gesetzliche Unfallversicherung in Spanien .....	5
3	Transposition of the EU-directives regarding occupational safety in the ..... 7 Czech Republic ..... Transposición de la directiva europea para la seguridad en el trabajo en la República Checa ..... Transposition des directives européennes sur la sécurité et la santé au travail en République tchèque ..... Umsetzung der Eu-Richtlinien zum Arbeitsschutz in der Tschechischen Republik.....	7
4	Risks regarding everyday- and professional life for persons with electronical implants in EMF ..... 9 Riesgos en la vida cotidiana y en la vida profesional causados por campos electromagnéticos para personas con implataciones electrónicos ..... Risques dans la vie quotidienne et professionnelle causés par les champs électromagnétiques aux personnes portant des implants électroniques ..... Risiken für Träger elektronischer Implantate in EMF des Alltags und Berufs.....	9
5	Hazards due to electric arc ..... 11 Peligros del arco eléctrico ..... Danger du arc électrique..... Gefahren durch Störlichtbogen .....	11
6	EMF and working conditions in French networks ..... 13 Campos electromagnéticos y condiciones de trabajo en la red francesa..... Champs électromagnétiques et conditions de travail dans le réseau français ..... EMF und Arbeitsbedingungen im französischen Netz.....	13

7	Post-accidental psycho-traumatic occurrences at the workplace ..... 15 Experiencias psicotraumáticas en el trabajo ..... Expériences psycho-traumatiques dans l'entreprise..... Psychotraumatische Erlebnisse im Betrieb .....	15
8	Instruction methods for teamleaders in the field of live working activities on overhead lines ..... 17 Sistemas de instrucción para trabajos con tensión en líneas aéreas para jefes de grupos ..... Systèmes d'instruction pour les travaux sur des lignes aériennes sous tension pour les chefs d'équipes ..... Unterweisungssystem für Teamleiter im Bereich AuS an Freileitungen .....	17
9	Protection from explosion in gas supply - explosion protection document paper ..... 19 Protección contra explosion en el suministro de gas - establecimiento de un documento para la protección..... Protection contre les explosions dans l'approvisionnement en gaz..... Explosionsschutz in der Gasversorgung - Erstellen eines Exschutzdokumentes.....	19
10	Electrical installation on construction- and assembly sites.....21 Instalaciones eléctricos en obras y construcciones ..... Installations électriques dans des chantiers ..... Elektrische Anlagen auf Bau- und Montagestellen.....	21
11	Ergonomics in overhead cable construction .....23 Ergonomía en la construcción de líneas aéreas ..... l'érgonomie dans la construction des lignes aériennes ..... Ergonomie im Freileitungsbau .....	23
12	ISSA-Guideline fpr the assessment of competence of electrically skilled persons .....25 Guía de la AISS para la evaluación de la competencia de electricistas ..... Guide de l'AISS sur l'appréciation de l'habilitation en matière électronique ..... IVSS-Leitlinie zur Beurteilung der Befähigung von Elektrofachkräften.....	25

## **Hazards due to electric arcs**

*Dr. Schau, TU Ilmenau, Ilmenau*

Almost all short-circuits in electric power installations are accompanied by electric fault arcs. These arcs are huge energy sources. Energies converted during an arcing fault at the fault point are in the range of some Megawatts depending on the short-circuit capacity of the electric power system and the clearing time of the protection devices. The temperatures in the arcs exceed 10,000 °C. Besides the thermal and dynamic current effects, fault arcs have direct destroying impacts to the equipment related, and are very dangerous for human injury for this reason. There may be a direct or indirect exposure of persons by the arcs. Exposures are the strong radiation and heat flux, the sound effect, the pressure rise, the hot metal splashes, vapours and particles resulting from the arcs. In the paper, these hazards are analysed, based on extensive investigations in the high power test lab. Exposures are quantified and compared with physiological limits.

## **Gefahren durch Störlichtbogen**

*Dr. Schau, TU Ilmenau, Ilmenau*

Fast jeder Kurzschluss in einer elektrischen Anlage ist von Störlichtbögen begleitet. Diese Lichtbögen setzen große Energien frei. Die Energie, die bei einem Störlichtbogen am Fehlerort umgesetzt wird, liegt im Bereich von einigen Megawatt je nach Höhe der Kurzschlussleistung des elektrischen Netzes und der Ausschaltzeit der Schutzeinrichtungen. Die Temperaturen innerhalb dieser Lichtbögen überschreiten 10000 °C. Neben den thermischen und dynamischen Wirkungen der Kurzschlussströme besitzen Störlichtbögen unmittelbar zerstörende Auswirkungen auf die betroffenen Anlagen und bergen von daher große Verletzungsrisiken für Personen in sich. Die betroffenen Personen können einem Störlichtbogen dabei mittelbar oder unmittelbar ausgesetzt sein. Gefahren durch Störlichtbögen bestehen in einer intensiven Strahlung und einem starken Wärmestrom, einer Schallentwicklung, einem Druckanstieg sowie der Entstehung metallischer Dämpfe, Metallteile und Spritzer. Im Vortrag werden diese Gefahren auf der Basis von umfangreichen Untersuchungen im Hochleistungs-Prüflabor analysiert. Die Lichtbogenwirkungen werden quantifiziert und mit physiologischen Grenzwerten für den Menschen verglichen

# Gefahren durch Störlichtbögen

***PD Dr.-Ing. habil. Holger Schau***

***Institut für Elektrische Energie- und Steuerungstechnik  
FG Elektrische Energieversorgung***



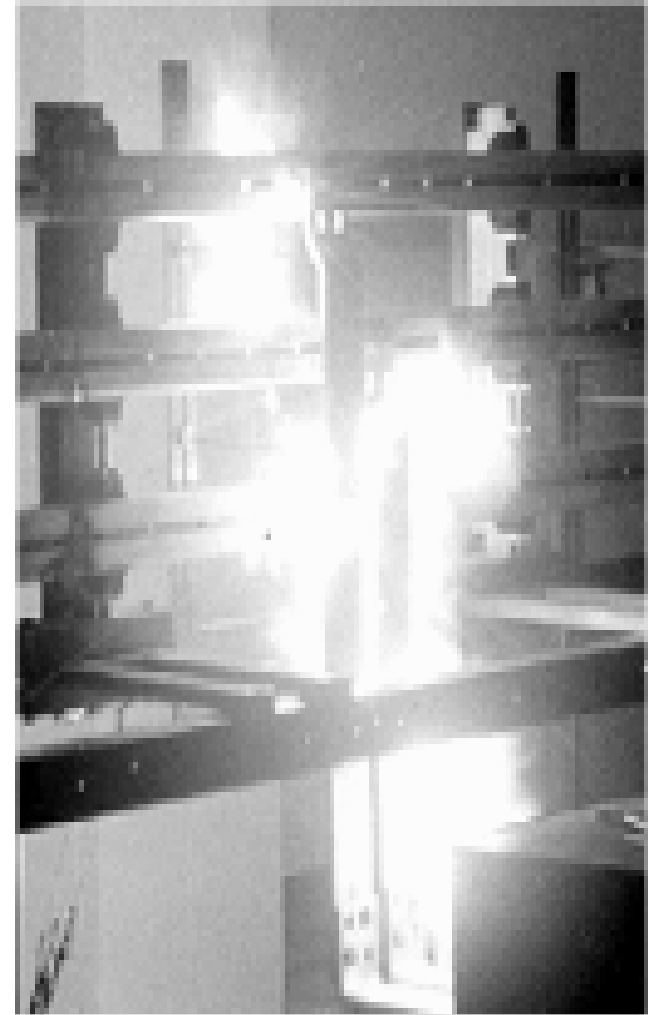
**Technisches Symposium im Rahmen der  
Generalversammlung der IVSS**

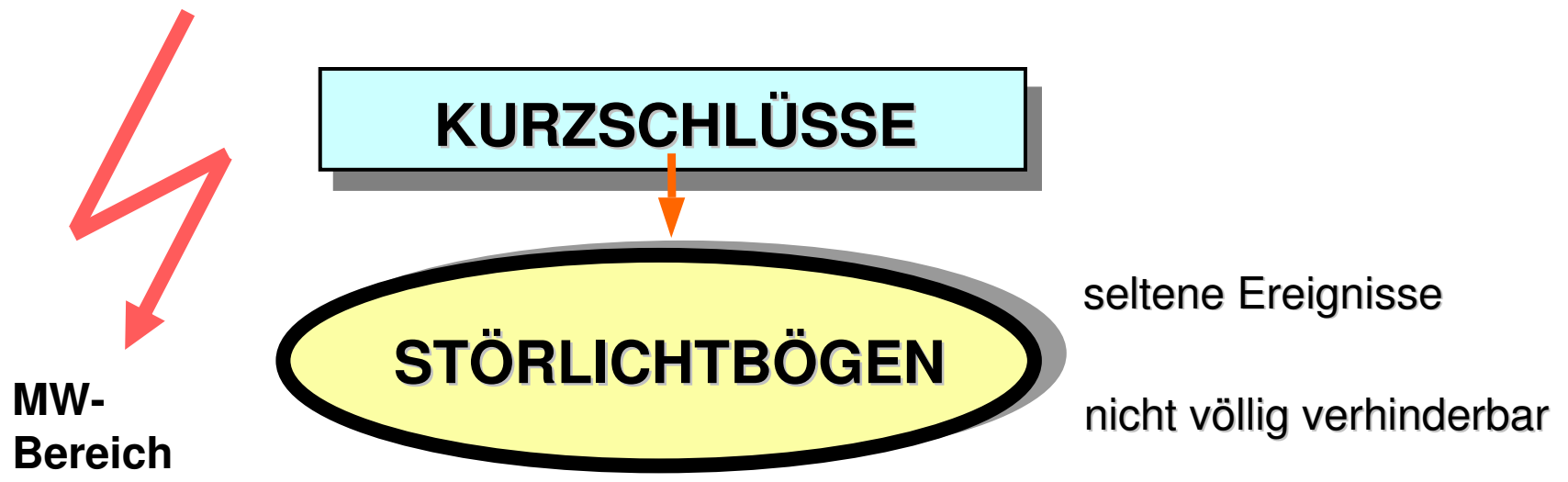
**8. Juni 2005    Dresden**

# Übersicht

---

- Einführung
- Auswirkungen und Folgen von Störlichtbögen
- Optische Strahlung
- Schallwirkung
- Wärmestrom
- Arbeitsschutzbekleidung und deren Prüfung
- Zusammenfassung und Ausblick





primäre Wirkungen	sekundäre Wirkungen
<b>PERSONENSCHÄDEN</b> ANLAGENZERSTÖRUNG VERSORGUNGSAusFALL	<b>verhindern</b> begrenzen minimieren
<b>LICHTBOGENSCHUTZ</b>	

- ✦ besondere Bedeutung im NS- Bereich:
- ✦ 90 % der Unfälle
- ✦ AuS: direkte Exposition



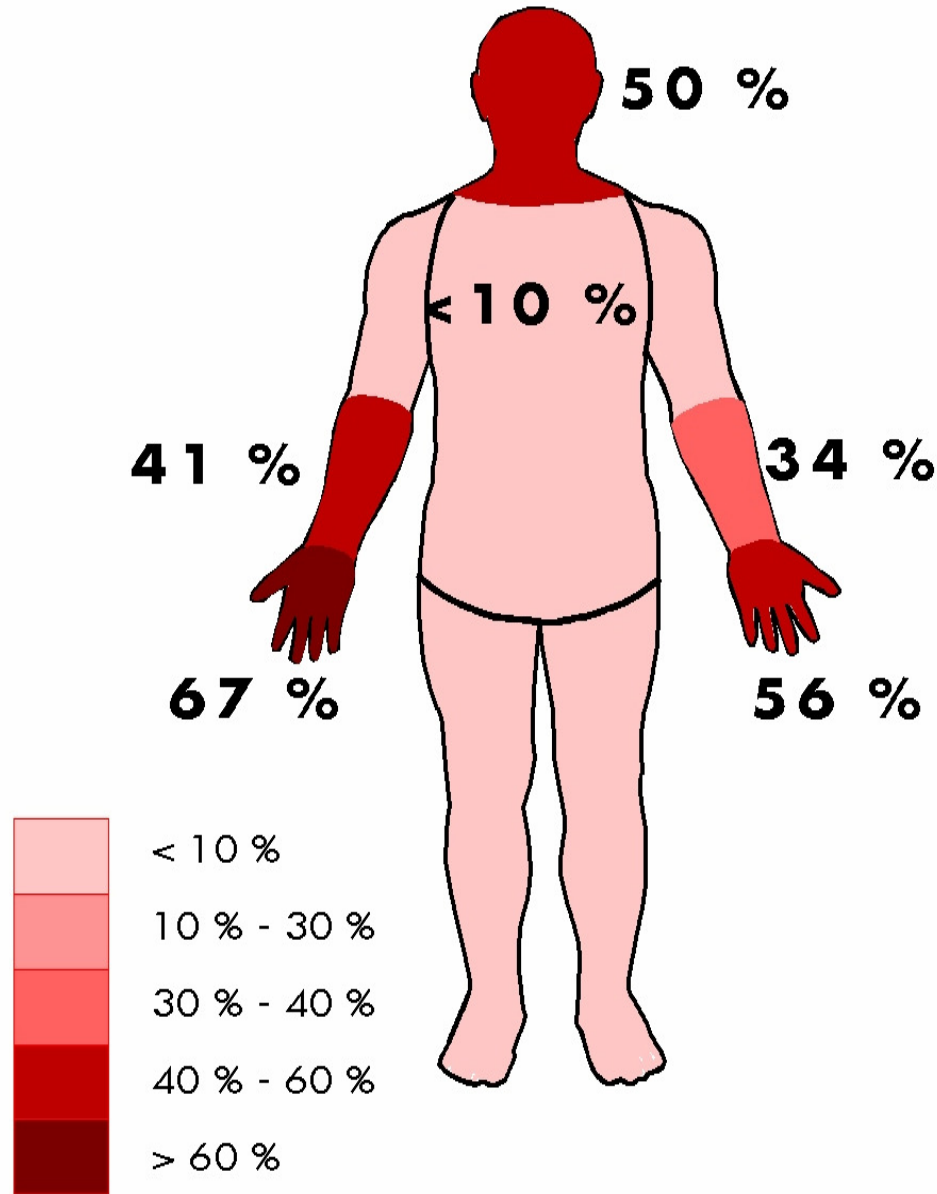
# Übersicht

---

- Einführung
- Auswirkungen und Folgen von Störlichtbögen
- Optische Strahlung
- Schallwirkung
- Wärmestrom
- Arbeitsschutzbekleidung und deren Prüfung
- Zusammenfassung und Ausblick



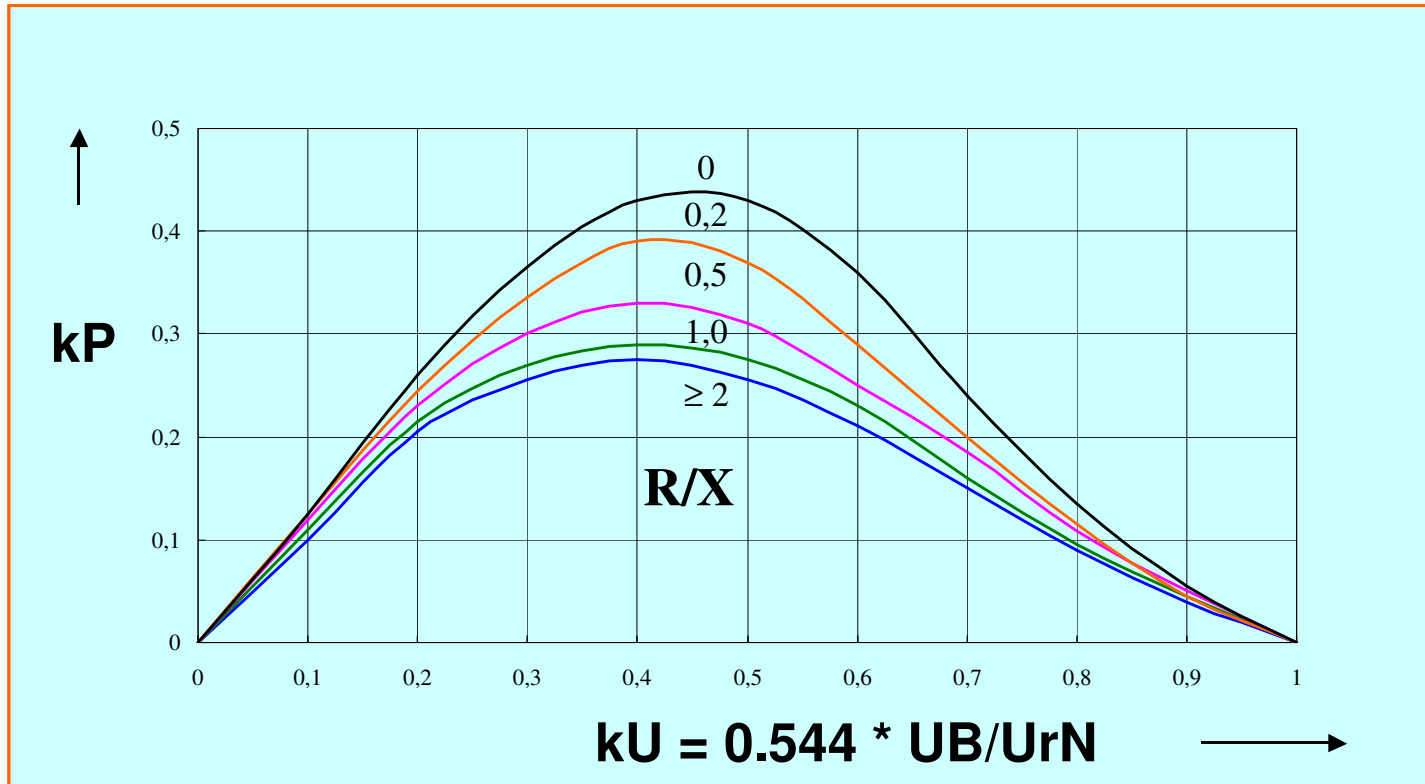




## Verteilung der Hautverbrennungen infolge von Störlichtbögen

Quelle: IVSS

# LICHTBOGENLEISTUNG UND -ENERGIE



**NS:**  
meist  
 $kP = 0.22...0.27$

**MS:**  
 $kP = 0.1$

**Lichtbogenspannung:  $UB = f(d, UrN, Ik'', R/X)$**

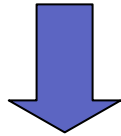
**Lichtbogenleistung:  $P = kP * Sk''$**

**Lichtbogenenergie:  $W = kP * Sk'' * tk$**

$d$  – Elektrodenabstand  
 $UrN$  – Netznennspannung  
 $Ik''$  – prosp. Kurzschlußstrom  
 $R/X$  – Resistanz-Reaktanz-Verhältnis  
 $Sk''$  – Netzkurzschlußleistung

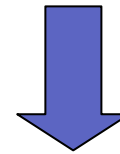
# LICHTBOGENWIRKUNGEN

Geschlossene  
Anlage



indirekte Exposition

Geöffnete  
Anlage



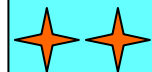
direkt Exposition



OPTISCHE STRAHLUNG



WÄRMEFLUSS



SCHALL



KRAFTWIRKUNG AUF DEN KÖRPER



METALLDAMPF und HEISSE PARTIKEL



# Experimentelle Untersuchungen

**Hochleistungsprüffeld**

**400 V**

**1...100 kA**

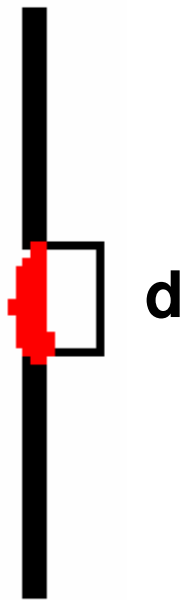
**verschiedene Anlagenkonstruktionen und Elektrodenanordnungen:**

Prüfanordnungen (PA)						Elektrodenanordnungen (EA)			
PA	EA	V [m <sup>3</sup> ]	A [m <sup>2</sup> ]	h [m]	Prüfanordnung		Bezeichnung	Art	d [mm]
1	1	0,1	0,275	0,89	<b>MODAN</b>  <b>6000</b>	3200 Mitte	EA 1	3p koplanar	30
2	2	0,142	0,413	1,42		3200 oben	EA 2	3p koplanar	40
3	3	0,088	0,263	1,42		2000 oben	EA 3	3p koplanar	50
4	4	0,023	0,059	1,06		1600 Mitte	EA 4	3p triangular	50
<b>6b</b>	<b>6</b>	-	-	-	<b>Box</b>		EA 5	3p triangular	50
7a	6	0,1	0,25	1,05	<b>Schalt- anlagen- modell</b>	40 cm tief	EA 6	2p	30
7b	6	0,15	0,25	1,05		60 cm tief			
7c	6	0,2	0,25	1,05		80 cm tief			
<b>8a</b>	<b>5</b>	<b>0,218</b>	<b>0,205</b>	<b>1,175</b>	<b>modifizierter  Schaltschrank</b>				
<b>8b</b>	<b>5</b>	<b>0,436</b>	<b>0,41</b>	<b>1,175</b>					
<b>8c</b>	<b>5</b>	<b>0,436</b>	<b>0,205</b>	<b>1,175</b>					

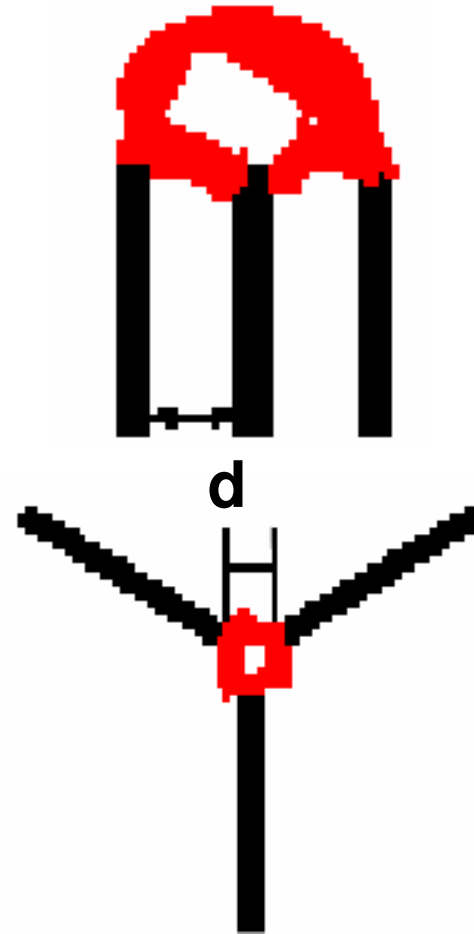
# EXPERIMENTELLE UNTERSUCHUNGEN

## Elektrodenanordnungen

d –  
Elektrodenabstand



1- bzw. 2-phasige  
Anordnung



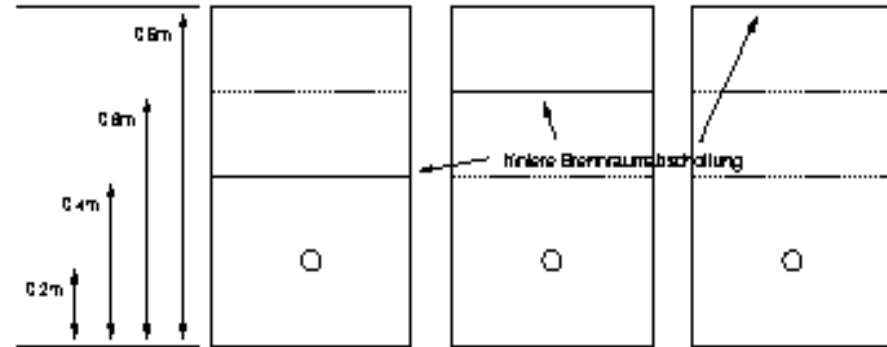
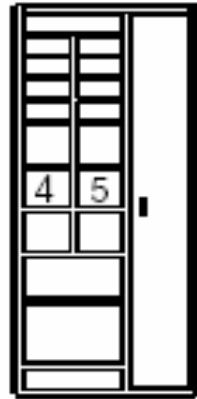
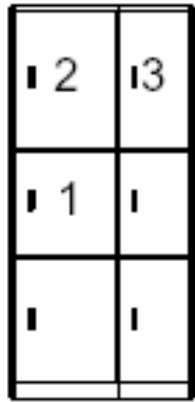
koplanar

triangular

3-phasige Anordnung

# EXPERIMENTELLE UNTERSUCHUNGEN

## Untersuchte Anlagenkonstruktionen



PA 7

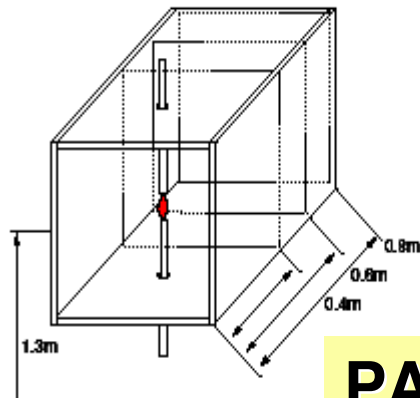
PA 7a

PA 7b

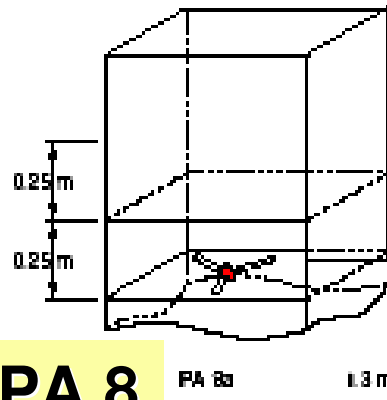
PA 7c

Reale Schaltfelder (PA 1 – 5)

Schaltanlagenmodelle (PA 6 – 8)



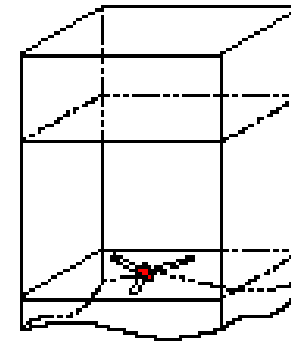
PA 6



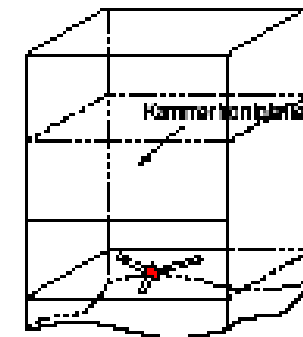
PA 8

PA 8a

1.3 m



PA 8b



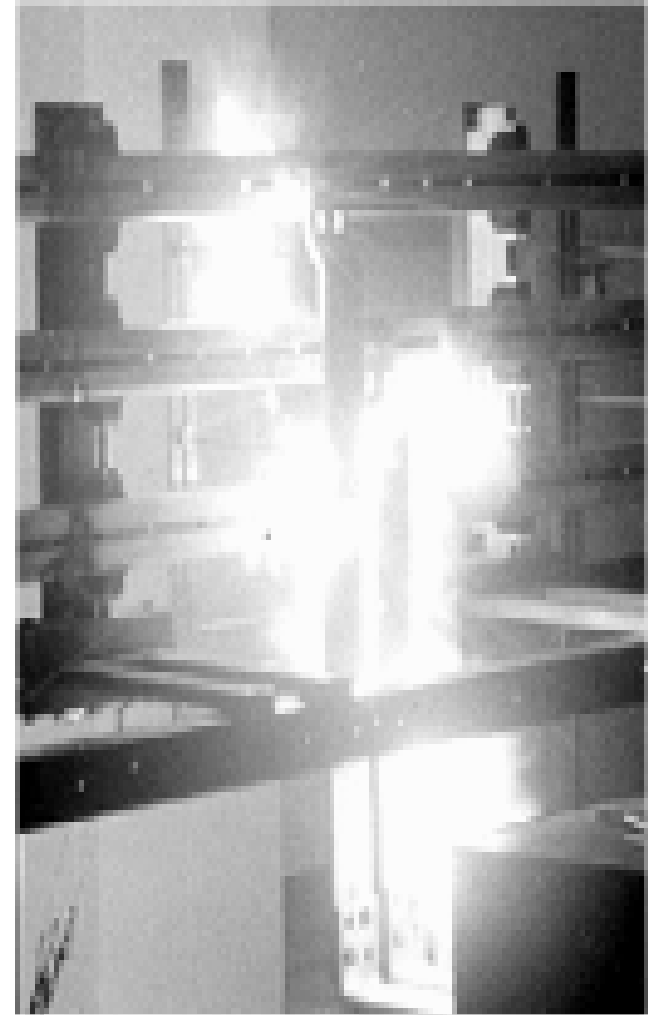
PA 8c

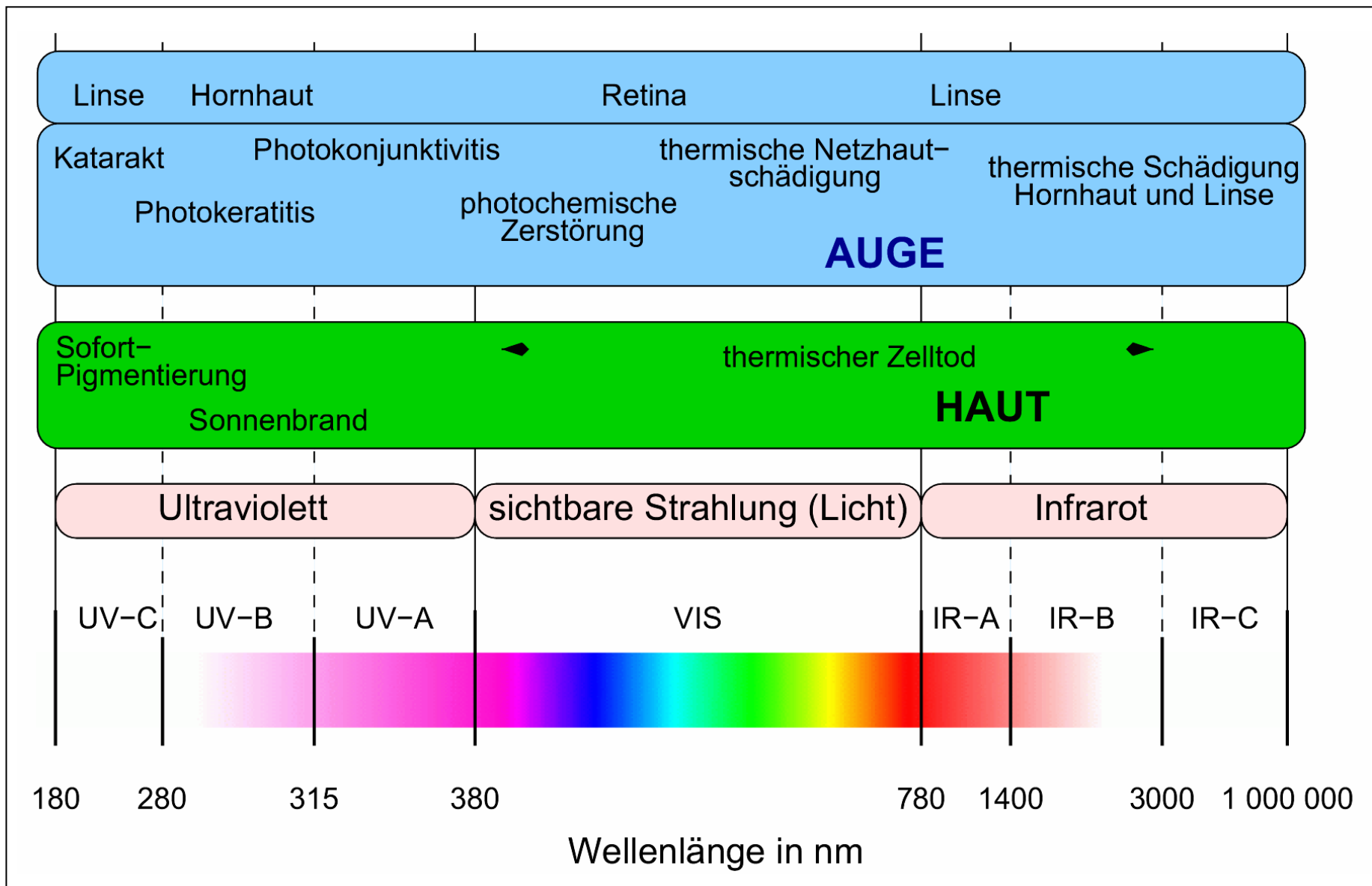


# Übersicht

---

- Einführung
- Auswirkungen und Folgen von Störlichtbögen
- **Optische Strahlung**
- Schallwirkung
- Wärmestrom
- Arbeitsschutzbekleidung und deren Prüfung
- Zusammenfassung und Ausblick

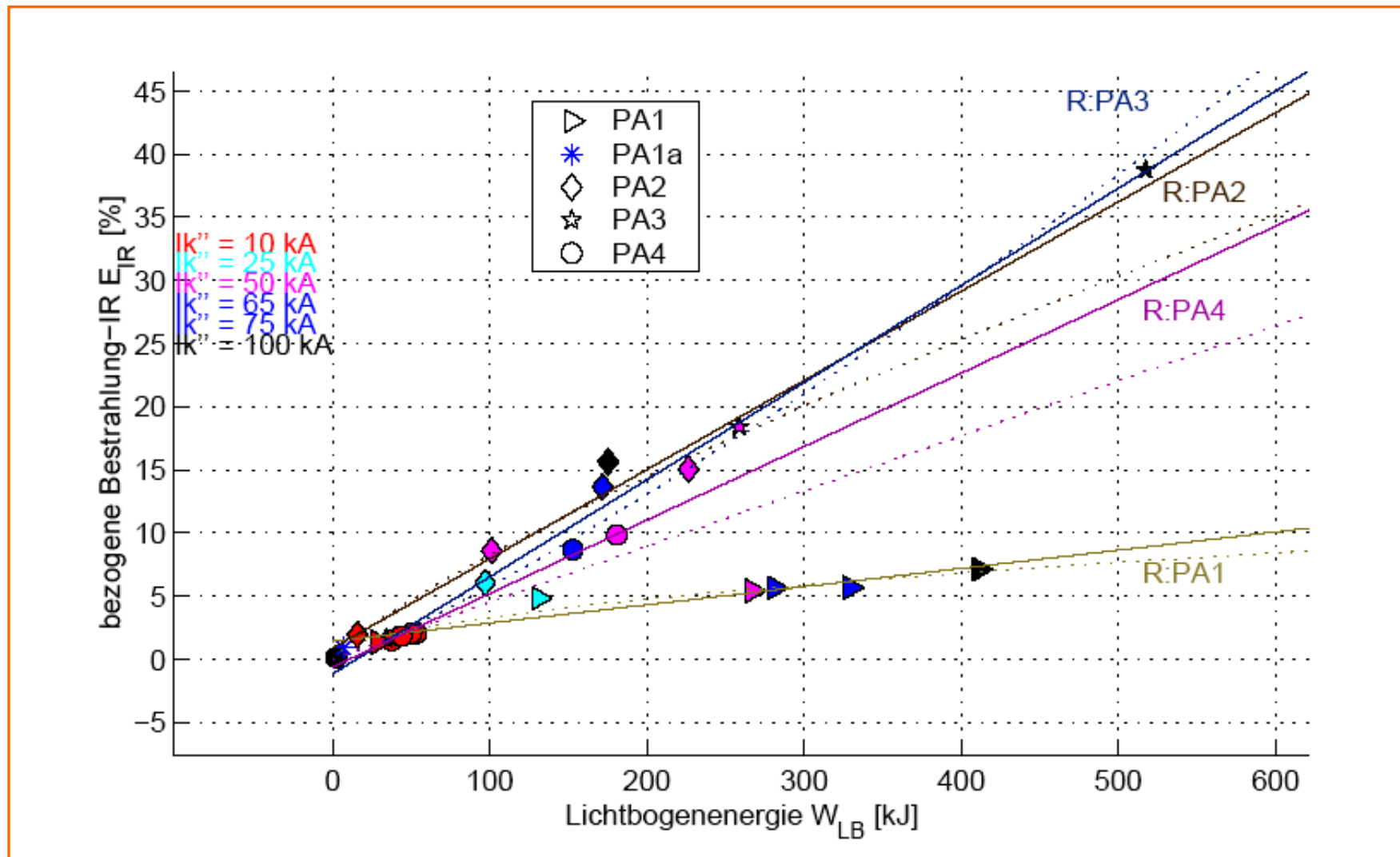




# OPTISCHE STRAHLUNG

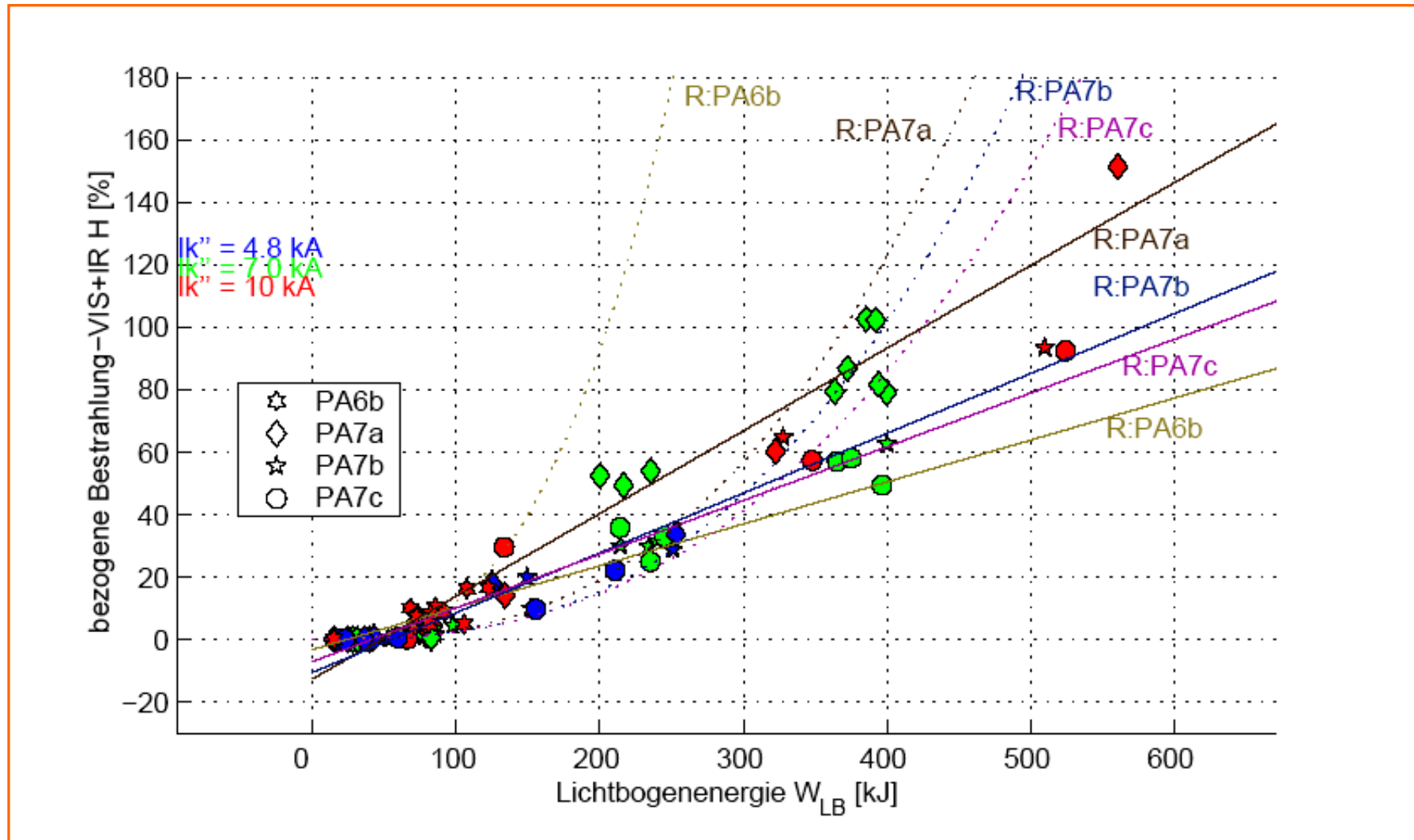
## KENNGRÖSSEN

	$\lambda/\text{nm}$	Bestimmungs- und Wichtungsfunktion	Grenzwert
Spektrale Bestrahlung (Auge und Haut, UV) <b>Heff</b>	180...400	$H_{\text{eff}} = \sum_{\lambda=180 \text{ nm}}^{400 \text{ nm}} H_{\lambda} \cdot S_{\lambda} \cdot \Delta\lambda$	$30 \frac{\text{J}}{\text{m}^2}$
Bestrahlung im UV-Bereich (Auge) <b>HUV</b>	315...400	$H_{\text{UV}} = \sum_{\lambda=315 \text{ nm}}^{400 \text{ nm}} H_{\lambda} \cdot \Delta\lambda$	$10^4 \frac{\text{J}}{\text{m}^2}$
Spektrale Strahlungsdichte Blaulicht (Netzhaut fotochemisch) <b>LB</b>	300...700	$L_B = \sum_{\lambda=300 \text{ nm}}^{700 \text{ nm}} L_{\lambda} \cdot B_{\lambda} \cdot \Delta\lambda$	$\frac{10^6}{t} \frac{\text{W}}{\text{m}^2 \cdot \text{sr}}$
Spektrale Strahlungsdichte VIS/IR-A (Netzhaut therm.) <b>LRTH</b>	380...1400	$L_{\text{RTH}} = \sum_{\lambda=380 \text{ nm}}^{1400 \text{ nm}} L_{\lambda} \cdot R_{\lambda} \cdot \Delta\lambda$	$\frac{5 \cdot 10^4}{C_{\alpha} \cdot t^{0.25}} \frac{\text{W}}{\text{m}^2 \cdot \text{sr}}$
Bestrahlungsstärke IR-A u. IR-B (Auge:Hornhaut thermisch) <b>EIR</b>	780...3000	$E_{\text{IR}} = \sum_{\lambda=780 \text{ nm}}^{3000 \text{ nm}} E_{\lambda} \cdot \Delta\lambda$	$\frac{1.8 \cdot 10^4}{t^{0.75}} \frac{\text{W}}{\text{m}^2}$
Gesamtbestrahlung Haut VIS/IR (thermische Wirkung) <b>H</b>	380...3000		



Bezogene Bestrahlung IR (780 ... 3000 nm, Gefährdung Hornhaut und Linse) – Prüfanordnungen PA 1-4

Bezugsbasis: Grenzwert MPE



Bezogene Bestrahlung VIS + IR (380 ... 3000 nm, thermische Gefährdung Haut) – Prüfanordnungen PA 6 und 7

Bezugsbasis: Grenzwert MPE

# OPTISCHE STRAHLUNG

**Strahlungskenngrößen R:** Bestrahlung H  
Bestrahlungsstärke L  
Bestrahlungsleistung E

**Abhängigkeit von der Lichtbogenenergie W**

$$R = f(W) = a + b \cdot W$$

**Abhängigkeit von der Entfernung x**

$$R = f(x) = R_0 \cdot \frac{1}{x^2}$$

# Optische Strahlung

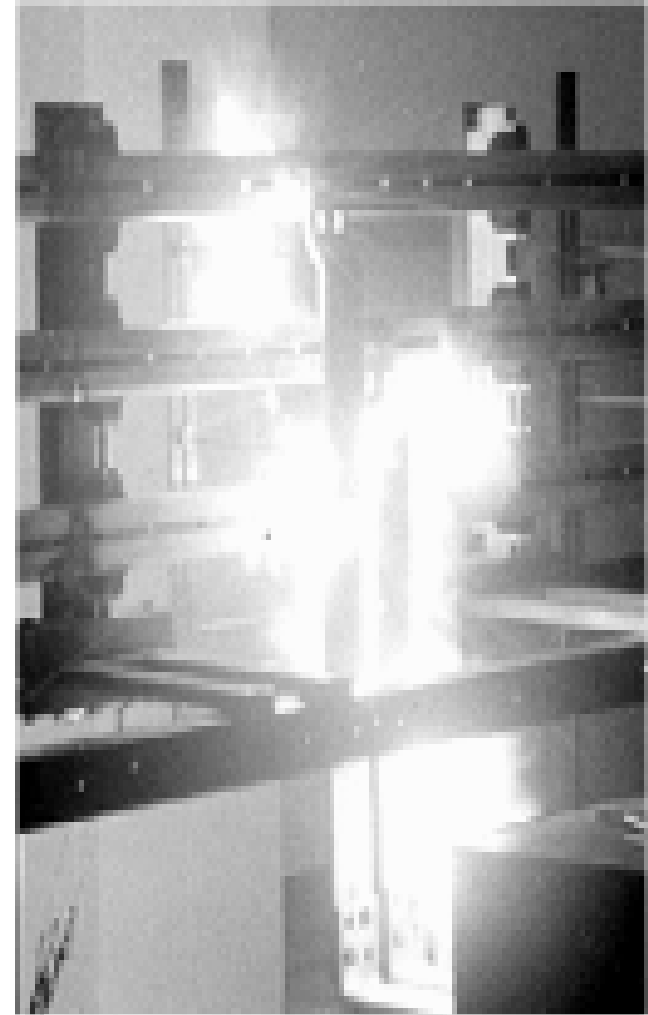
Umrechnung der bezogenen Werte	
$E_{IR} = E'_{IR} \cdot \frac{0,25 \text{ m}^2}{(\text{Abstand [m]})^2}$	$H = H' \cdot \frac{0,25 \text{ m}^2}{(\text{Abstand [m]})^2}$

	bezogene Bestrahlung IR für 0,5 m Abstand			bezogene Bestrahlung VIS + IR für 0,5 m Abstand			Gültigkeitsbereich $W_{LB}$ [kJ]
	$E'_{IR} = a + b \cdot W_{LB}$			$H' = a + b \cdot W_{LB}$			
Prüfan- ordnung	a [%]	b [%/kJ]	p [%]	a [%]	b [%/kJ]	p [%]	
PA 1	1,42	0,014	0,73	2,79	0,15	4,08	0 ... 400
PA 2	0,88	0,071	1,58	7,96	0,08	11,43	0 ... 250
PA 3	- 1,17	0,077	0,27	2,64	0,02	1,18	0 ... 500
PA 4	- 0,63	0,058	0,34	- 0,53	0,13	0,76	0 ... 200
PA 6b	0,0	2,91	3,0	- 3,2	0,13	2,83	0 ... 120
PA 7a	- 15,85	0,29	10,4	- 12,6	0,26	9,43	0 ... 600
PA 7b	- 12,93	0,21	7,2	- 10,5	0,19	5,48	0 ... 600
PA 7c	- 9,86	0,19	7,1	- 7,1	0,17	7,08	0 ... 600
	thermische Hornhautgefährdung			thermische Hautgefährdung			

# Übersicht

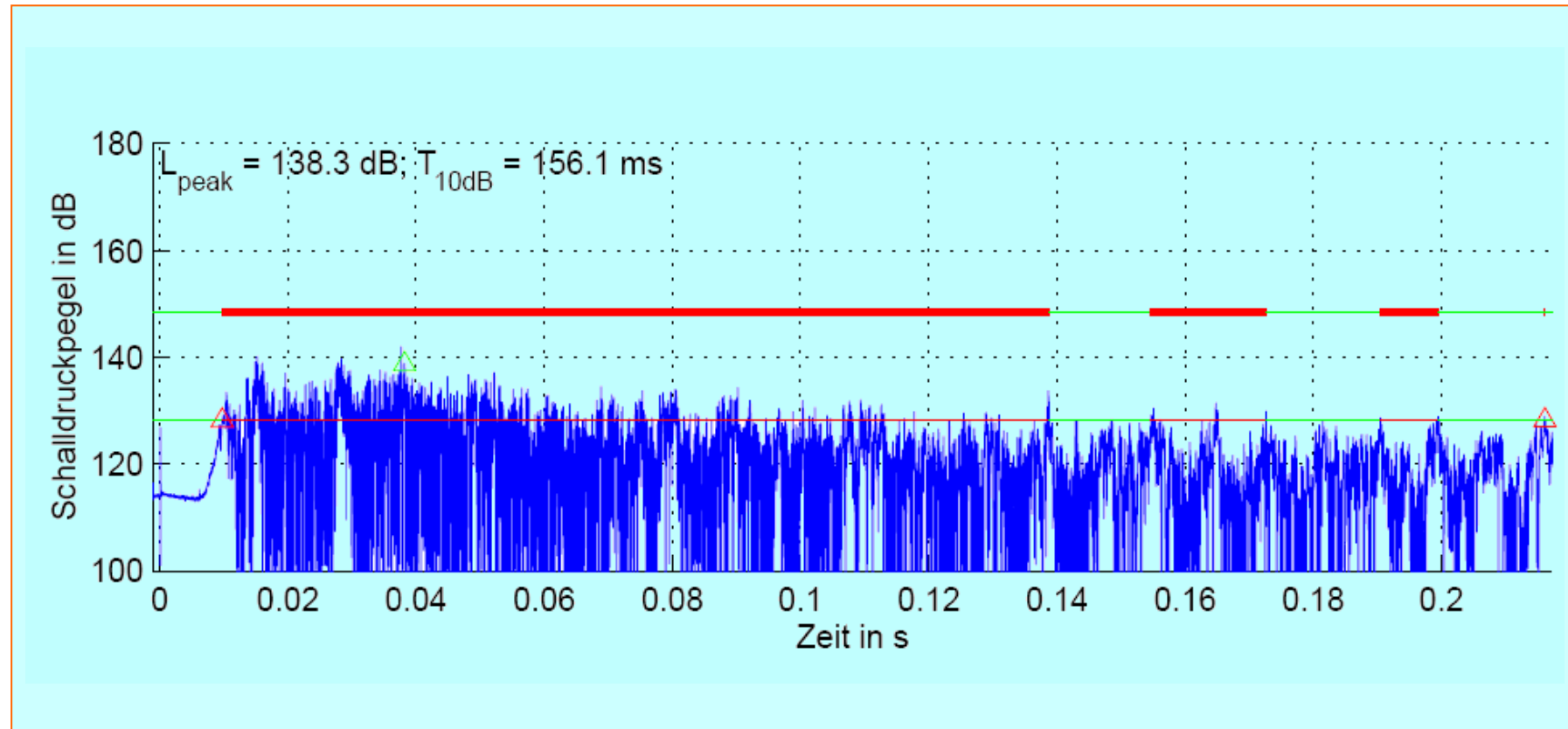
---

- Einführung
- Auswirkungen und Folgen von Störlichtbögen
- Optische Strahlung
- Schallwirkung
- Wärmestrom
- Arbeitsschutzbekleidung und deren Prüfung
- Zusammenfassung und Ausblick

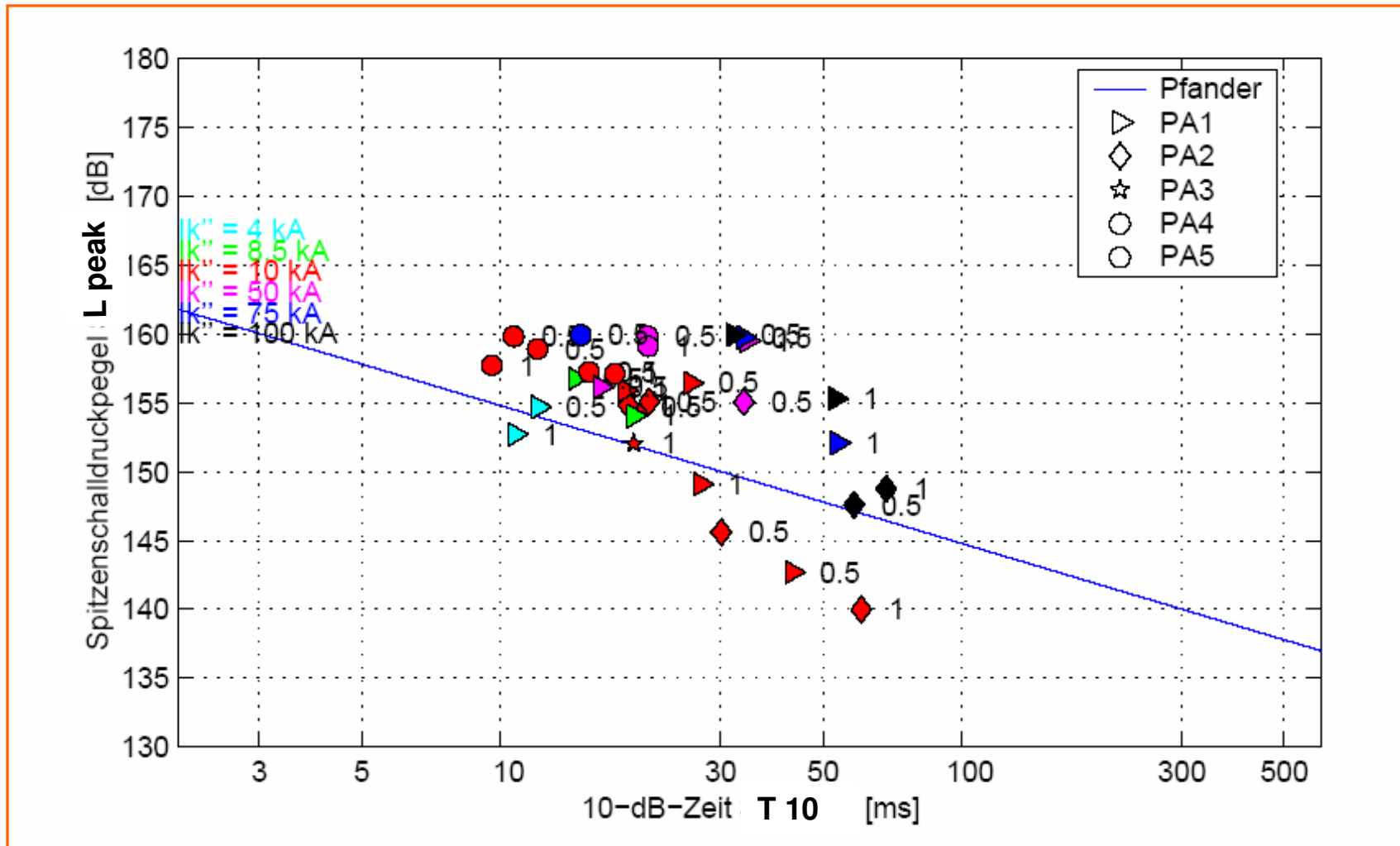




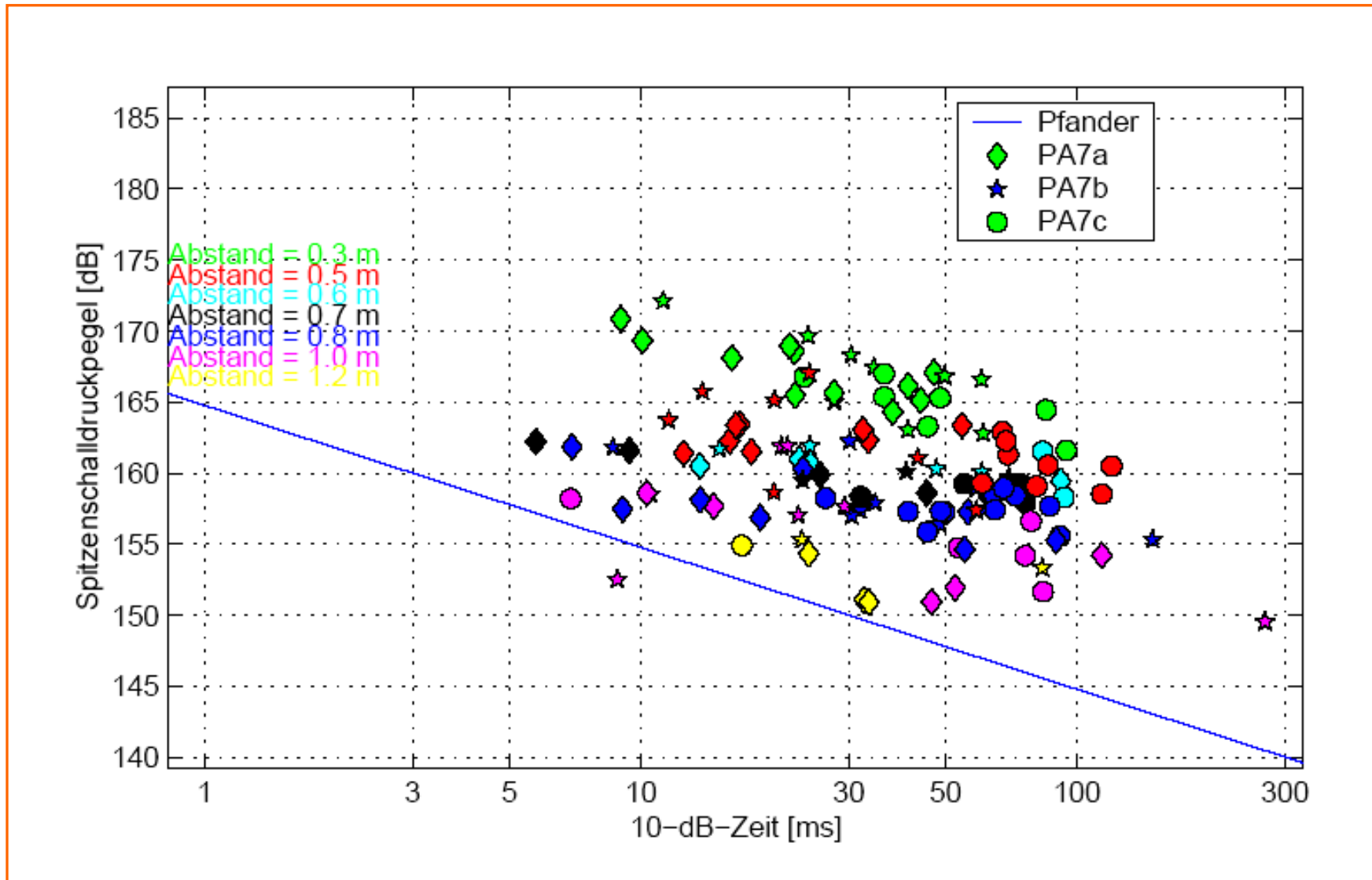
# Gemessenes Schallsignal



**Bestimmung der Parameter  $L_{\text{peak}}$  und  $t_{10 \text{ dB}}$  für die Bewertung nach PFANDER**



## Schallparameter bei Schaltschranken (PA1 - PA5) im Abstand 0,5 m und 1,0 m



## Schallparameter in Abhängigkeit vom Abstand (Prüfanordnung PA7)

# SCHALLEMISSION

Schalldruckpegel

$$L(t)$$

PFANDER Kriterium

$$L_{peak} = f(T_{10dB})$$

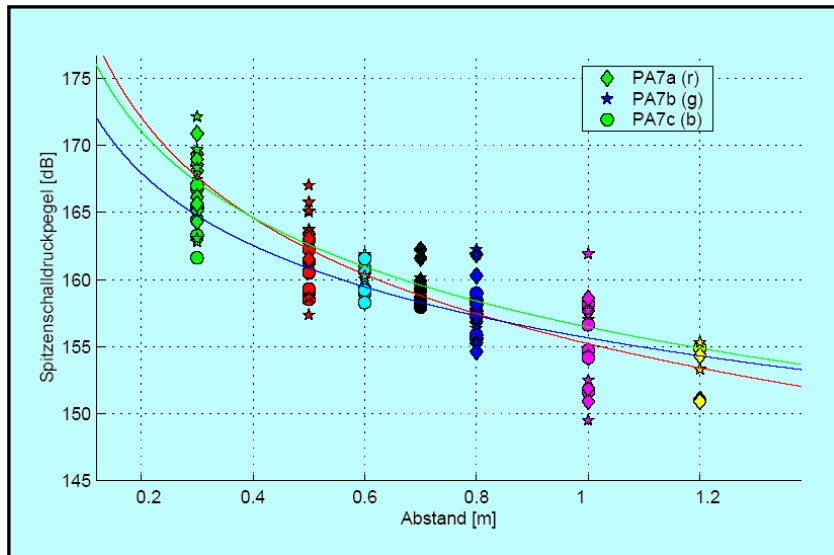
Abhängigkeit von der Entfernung  $x$

$$L = a + x^b$$

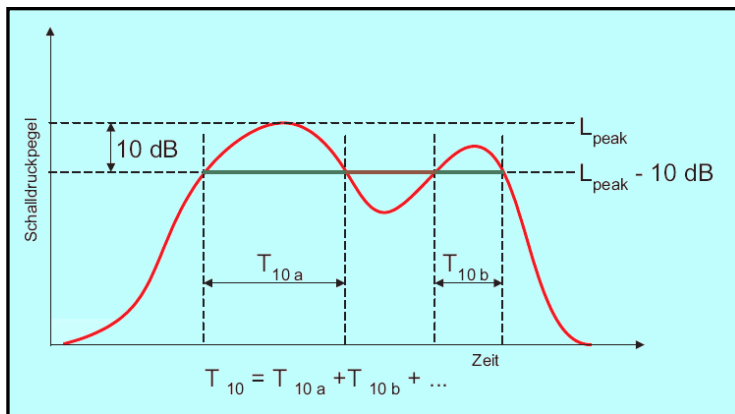
Abhängigkeit von der Lichtbogenleistung  $P$

$$L = a \cdot P_{LB} + b$$

# Schallemission



**Abhängigkeit des Spitzen-Schalldruckpegels vom Abstand**



**Bestimmung der Parameter Spitzenschalldruckpegel und 10-dB-Zeit nach PFANDER**

## Schalldruckspitzenpegel

$$L_{\text{peak}} = a \cdot (\text{Abstand})^b$$

Prüfanordnung	a [dB]	b · 10 <sup>-2</sup>	p [dB]
---------------	--------	----------------------	--------

**Gültigkeitsbereich  $P_{LB} = 0,2 \dots 1,2 \text{ MW}$**

PA 7a	155,2	- 6,4	2,0
PA 7b	156,4	- 5,6	2,9
PA 7c	155,6	- 4,7	1,5

**Gültigkeitsbereich  $P_{LB} = 1,9 \dots 2,3 \text{ MW}$**

PA 8a	153,6	- 10	2,2
PA 8b	153,4	- 8,8	2,3
PA 8c	151,6	- 11,1	2,8

$t_{\text{KLB}}$

$t_{10\text{dB max}}$

< 20 ms

$1,5 \cdot t_{\text{KLB}}$

≥ 20 ms

$t_{\text{KLB}}$

# Übersicht

---

- Einführung
- Auswirkungen und Folgen von Störlichtbögen
- Optische Strahlung
- Schallwirkung
- **Wärmestrom**
- Arbeitsschutzbekleidung und deren Prüfung
- Zusammenfassung und Ausblick



# WÄRMESTROM

Einwirkenergie

$$E_{i0} = k \cdot dT_{\max}$$

STOLL/CHIANTA

Kriterium:  $dT_{\max} = f(t_{\max})$   
Hautverbrennungen 2. Grades

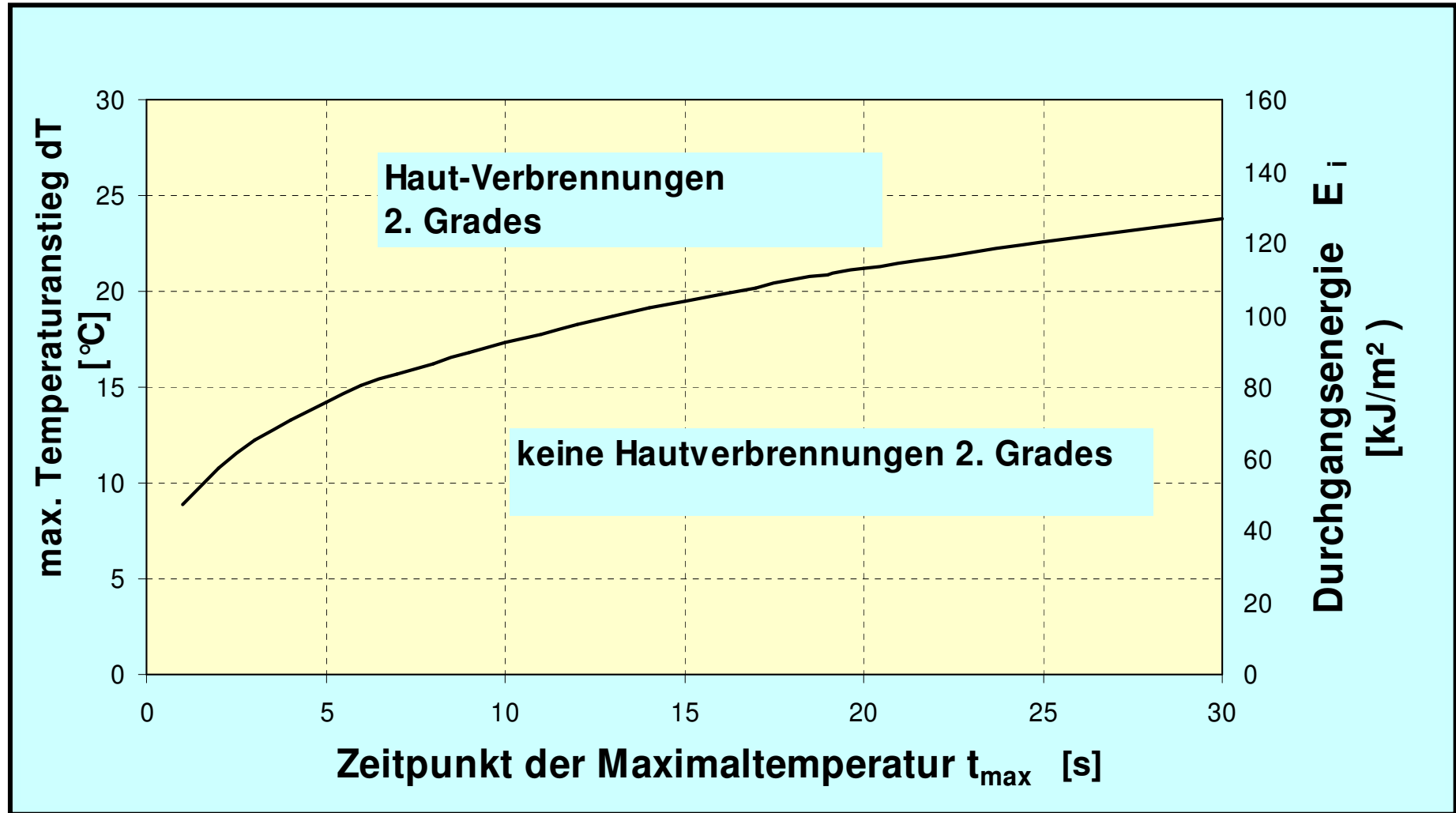
Abhängigkeit von der Lichtbogenenergie  $W$

$$W \cdot d + a = 0j \mathfrak{E}$$

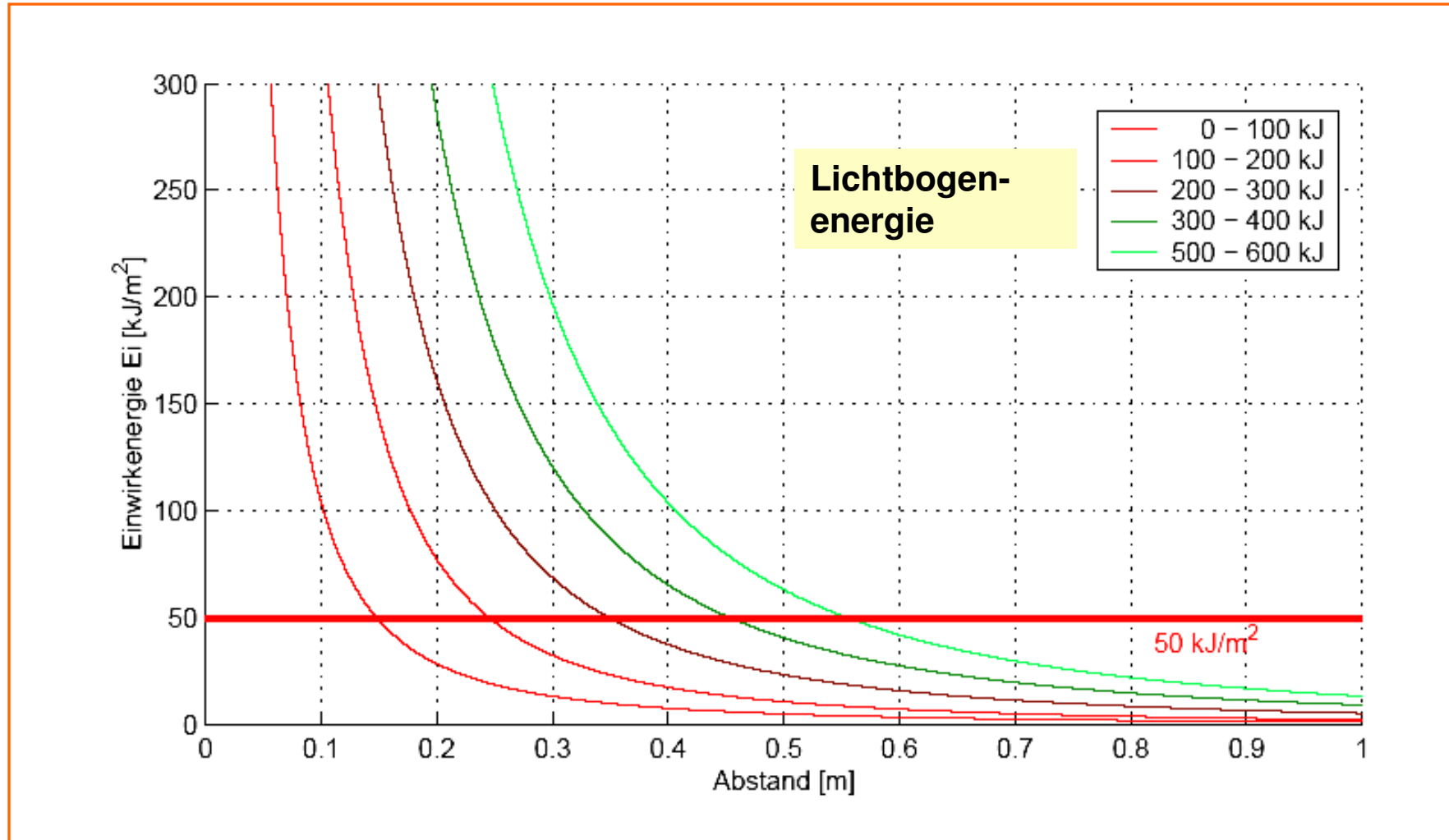
Abhängigkeit vom Abstand  $x$

$$E_{i0} = a \cdot x^b$$

# STOLL- CHIANTA -Kriterium







## Einwirkenergie in Abhängigkeit des Abstandes Prüfanordnung PA7

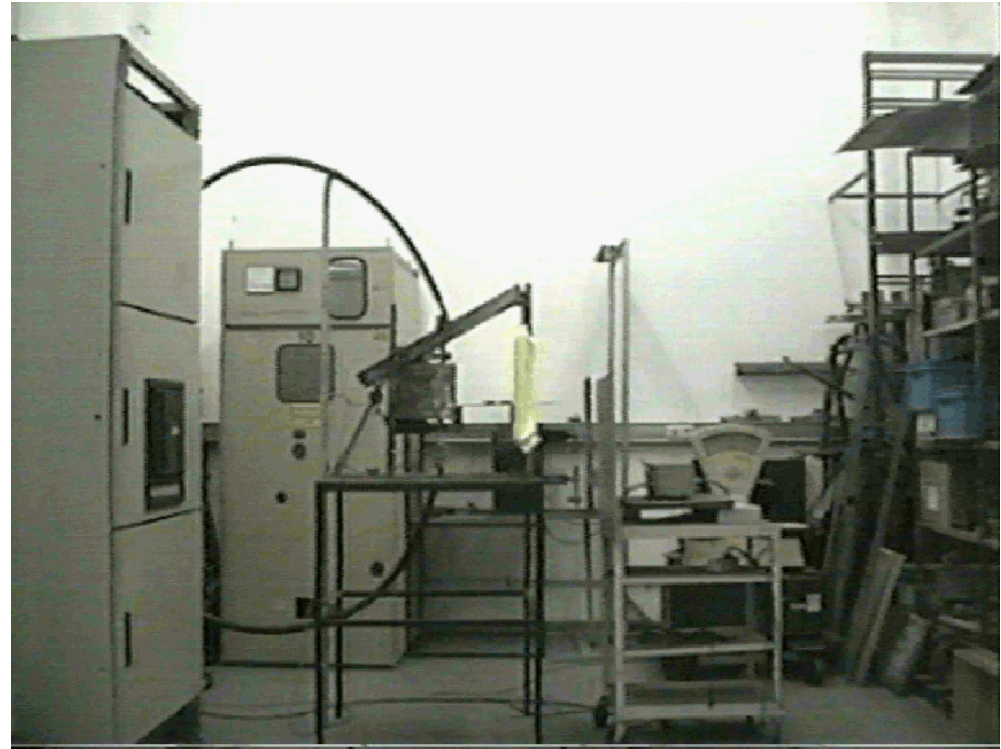
# Wärmestrom

Einwirkenergie				Einwirkenergie			
$E_i = a \cdot (\text{Abstand})^b$				$E_i = a + b \cdot W_{LB}$			
$W_{LB}$ [kJ]	A [kJ/m <sup>3</sup> ]	b	p [kJ/m <sup>2</sup> ]	Abstand [m]	a	b [kJ/m <sup>2</sup> ]	p
Prüfanordnung PA 7, Abstand = 0,3 ... 1,2 m				Prüfanordnung PA 7, $W_{LB} = 0 \dots 0,5$ MJ			
0 ... 100	1,43	- 1,86	4,55	0,3	- 11,62	35,72	12,1
100 ... 200	2,50	- 2,13	4,44	0,4	- 7,64	20,20	4,3
200 ... 300	5,50	- 2,10	0	0,5	- 6,89	14,69	5,9
300 ... 400	9,35	- 2,13	8,75	0,6	- 2,41	8,81	2,7
400 ... 500	13,56	- 2,22	7,98	0,7	- 1,69	6,35	2,7
Prüfanordnung PA 8, Abstand = 0,6 ... 1,0 m				0,8	- 1,69	5,06	1,5
0 ... 200	1,54	- 3,03	2,2	1,0	- 1,07	2,90	1,3
200 ... 400	6,38	- 2,71	8,5	1,2	- 0,40	1	2,6
400 ... 600	19,74	- 2,14	9,1	Prüfanordnung PA 8, $W_{LB} = 0 \dots 1,4$ MJ			
600 ... 800	28,97	- 2,15	15,7	0,6	- 44,58	0,23	24,6
800 ... 1000	52,73	- 1,91	23,6	0,8	- 27,41	0,13	18,6
1000 ... 1200	72,20	- 1,95	34,0	1,0	- 17,78	0,08	12,5
1200 ... 1400	112,97	- 1,98	0,0				

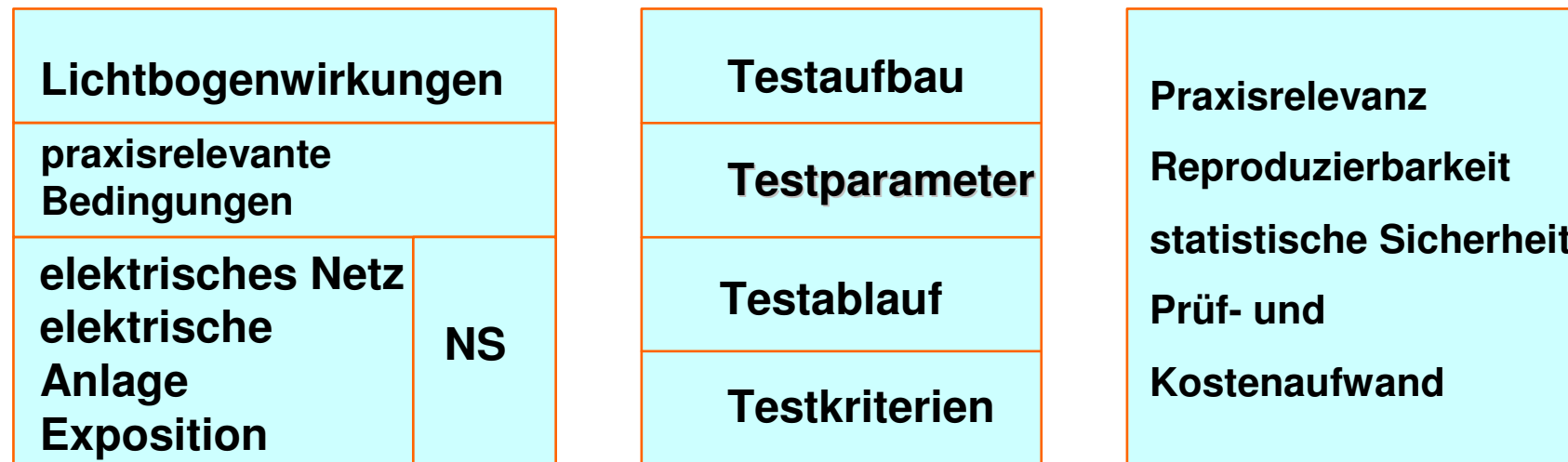
# Übersicht

---

- Einführung
- Auswirkungen und Folgen von Störlichtbögen
- Optische Strahlung
- Schallwirkung
- Wärmestrom
- Arbeitsschutzbekleidung und deren Prüfung
- Zusammenfassung und Ausblick

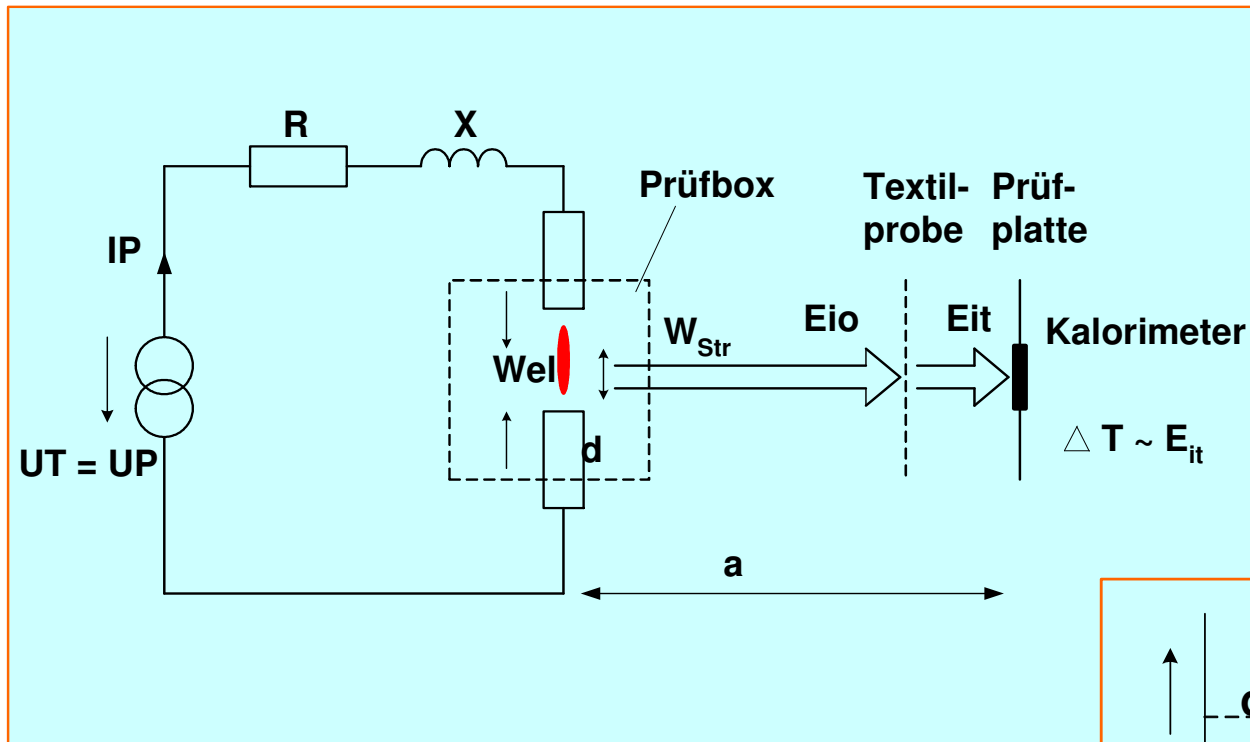


# Anforderungen an TESTVERFAHREN

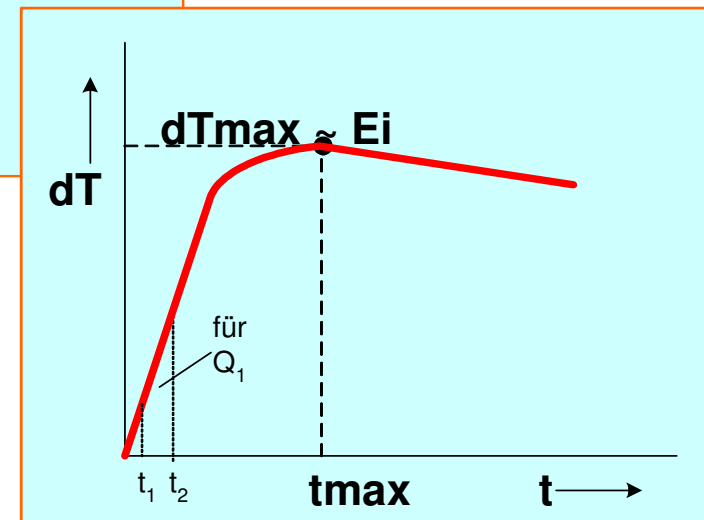


**CLC/TS 50354 +  
WÄRMEFLUSSMESSUNG**

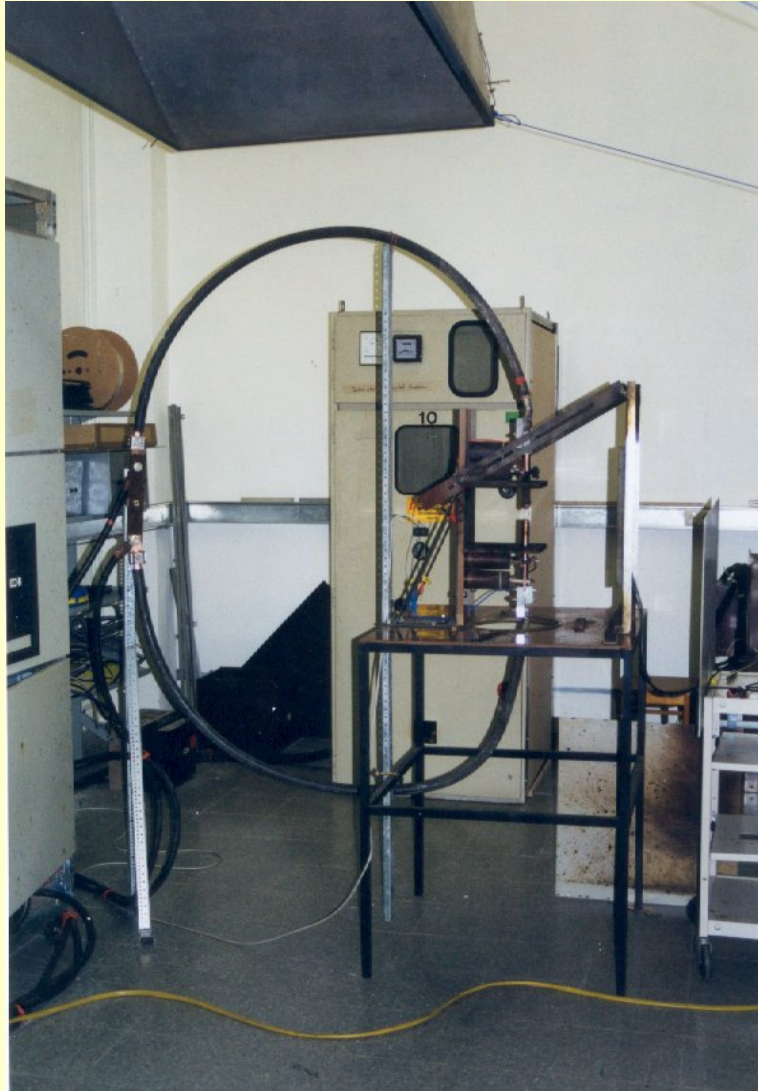
# Prüfverfahren CLC/TS 50354 Lichtbogentest



**Erweiterung durch  
Wärmeflussmessung**

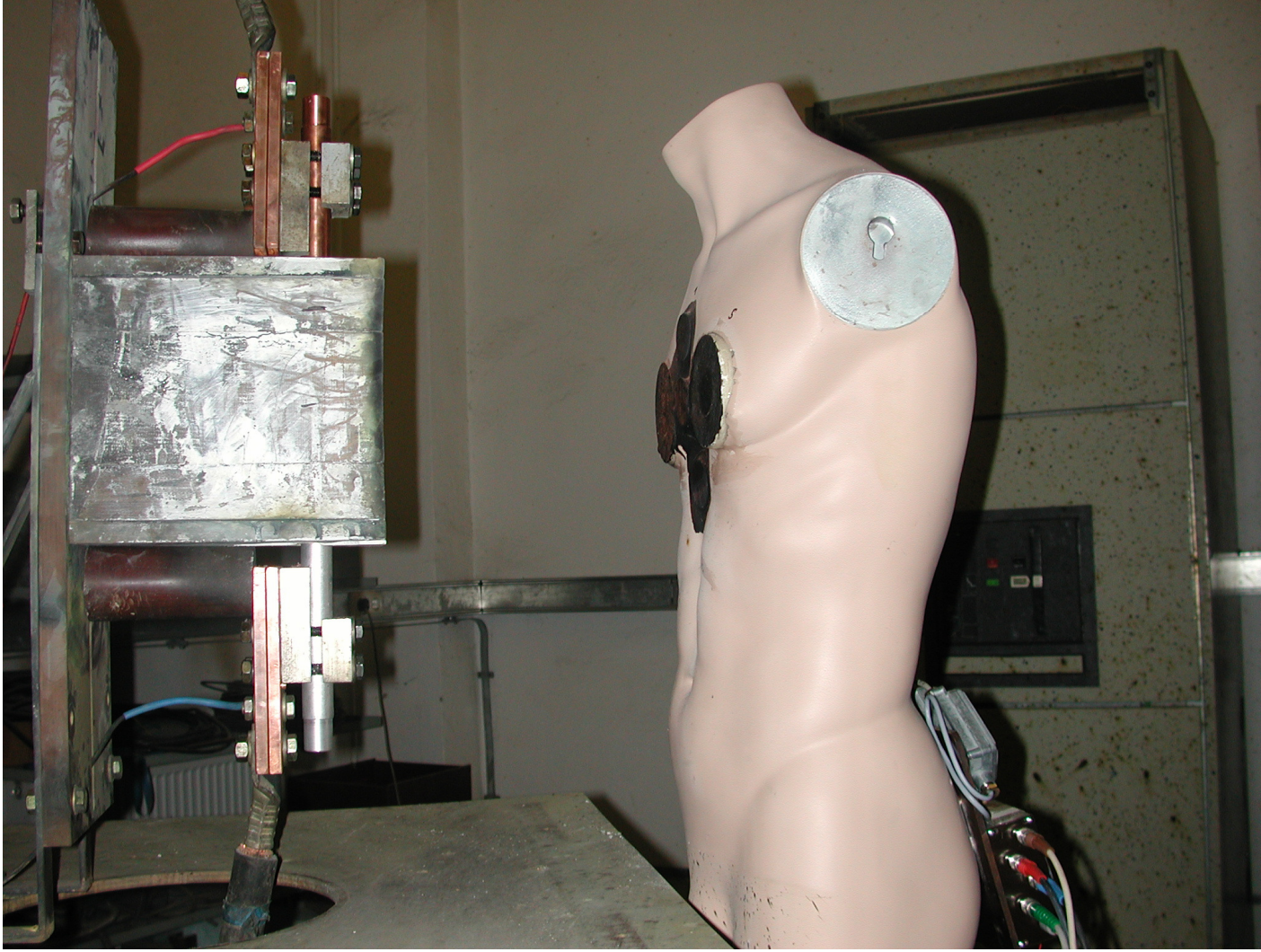


# PRÜFAUFBAU

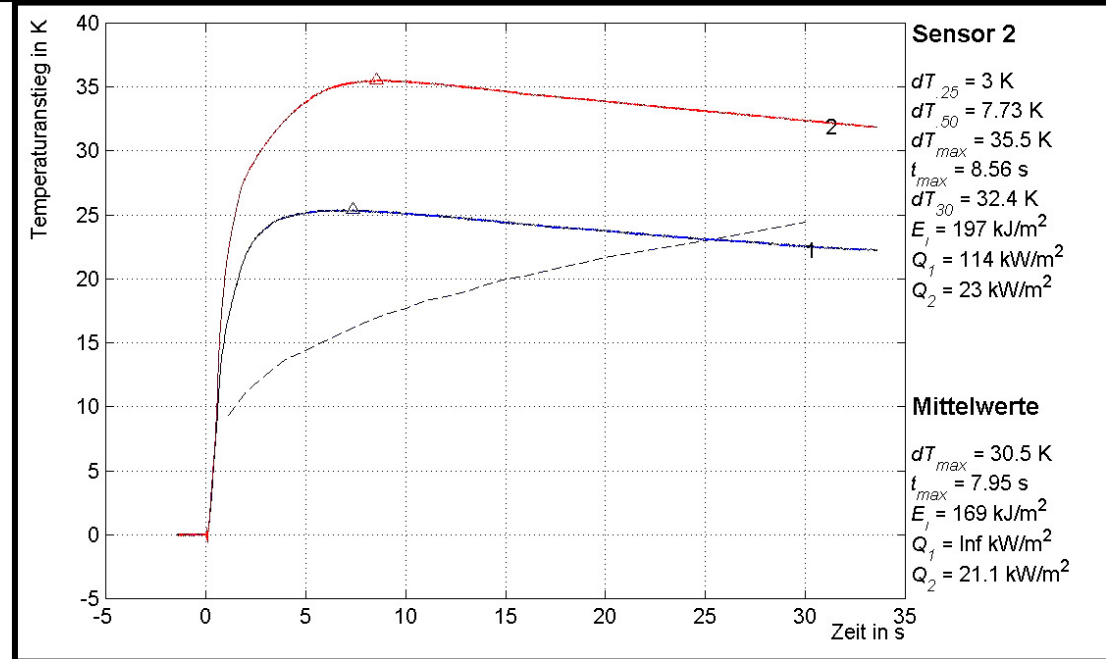
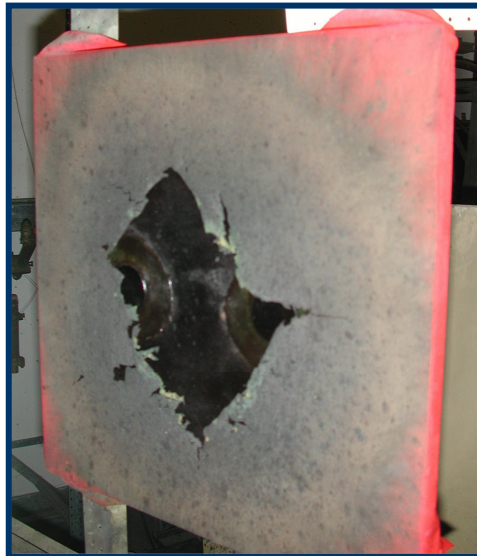
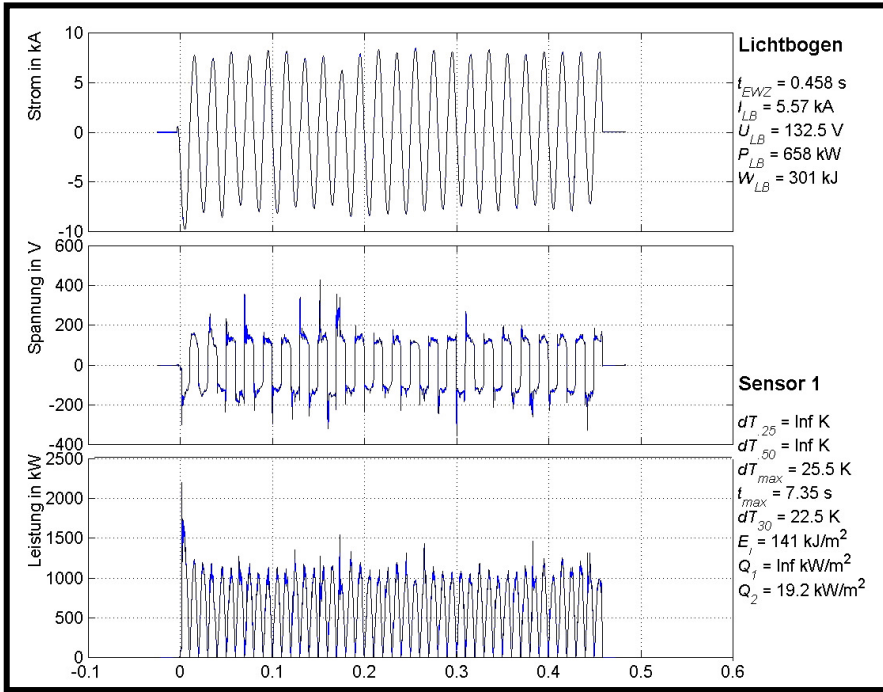


# Prüfparameter

Prüfspannung		400 V $\pm$ 5 % 50 Hz $\pm$ 0,1 Hz
Prüfstrom (prospektiv)		Klasse 1: 4 kA $\pm$ 5 % Klasse 2: 7 kA $\pm$ 5 %
Lichtbogendauer		500 ms $\pm$ 0,5 %
Elektroden	Abstand Materialien	30 mm $\pm$ 1 mm Al und Cu
Prüfplatte		400 x 400 mm ( $\pm$ 10 mm)
	Abstand zum Lichtbogen	300 mm $\pm$ 5 mm



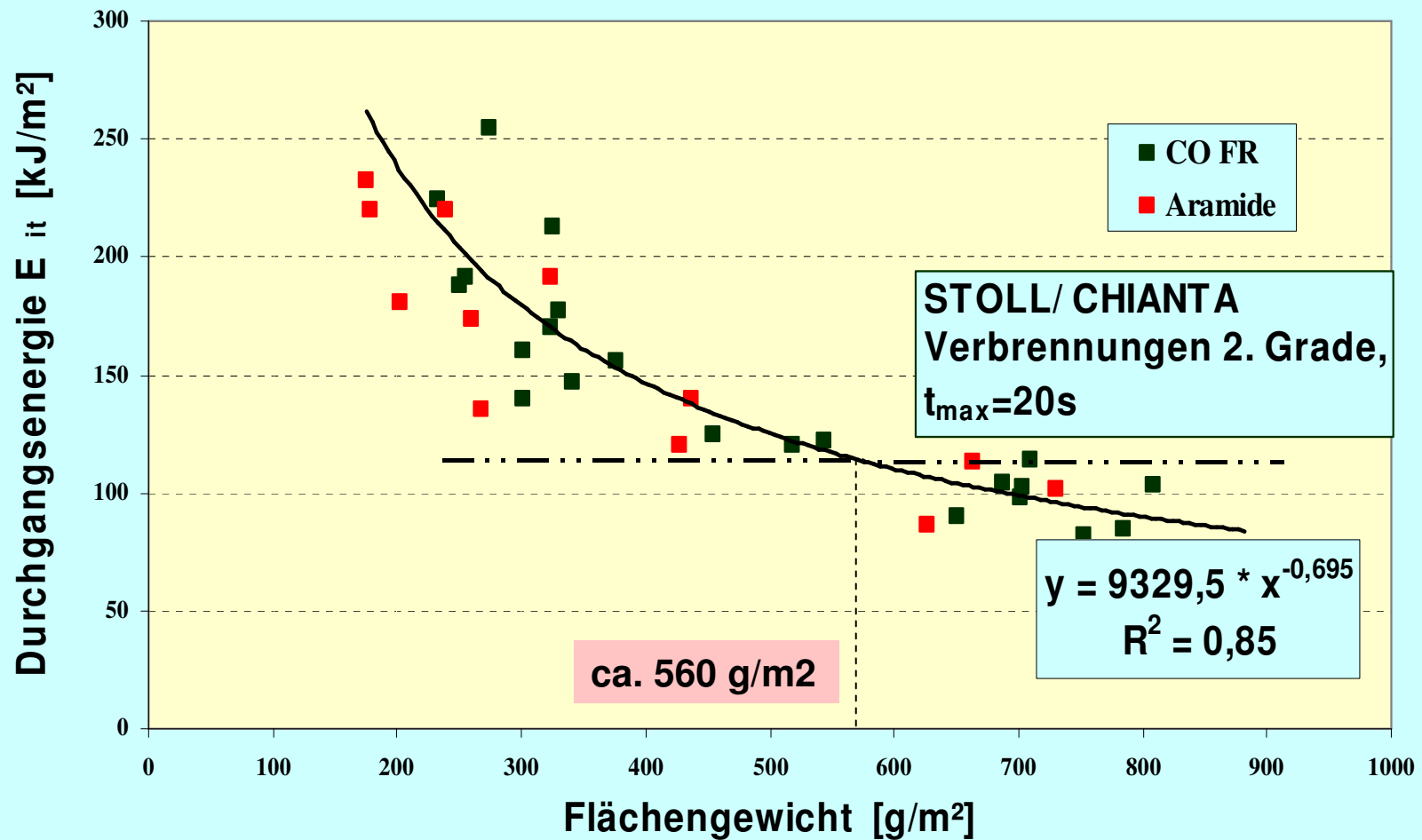






# Durchgangsenergie wärmebeständiger Fasern in Abhängigkeit vom Flächengewicht

CLC/TS 50354: 2001, Klasse 2: 7 kA; 0,5 s



# BOX - TEST

nach CLC/TS 50354 (vormals ENV 50354)  
mit Erweiterung durch Wärmeflussmessung

- **große Praxisrelevanz**  
(Netz- und Anlagenparameter, Expositionsbedingungen, NS, AuS)
- **gute Reproduzierbarkeit**
- **statistische Sicherheit**
- **akzeptable Prüf-/Kosten-Aufwands-Relation**

wird in Prüfungen und Zertifizierung von Arbeits- und Schutzkleidung seit Jahren angewendet

# PRÜFVERFAHREN

## Normen

gegenwärtig

zukünftig

- ATPV-Test  
(DuPont)

IEC 61842-1

IEC 61842-1-1

- Test nach RWE  
Eurotest

- Box-Test

TS 50354  
verbindlich

- erweiterter  
Box-Test  
(mit  
Wärmeflussmessung)

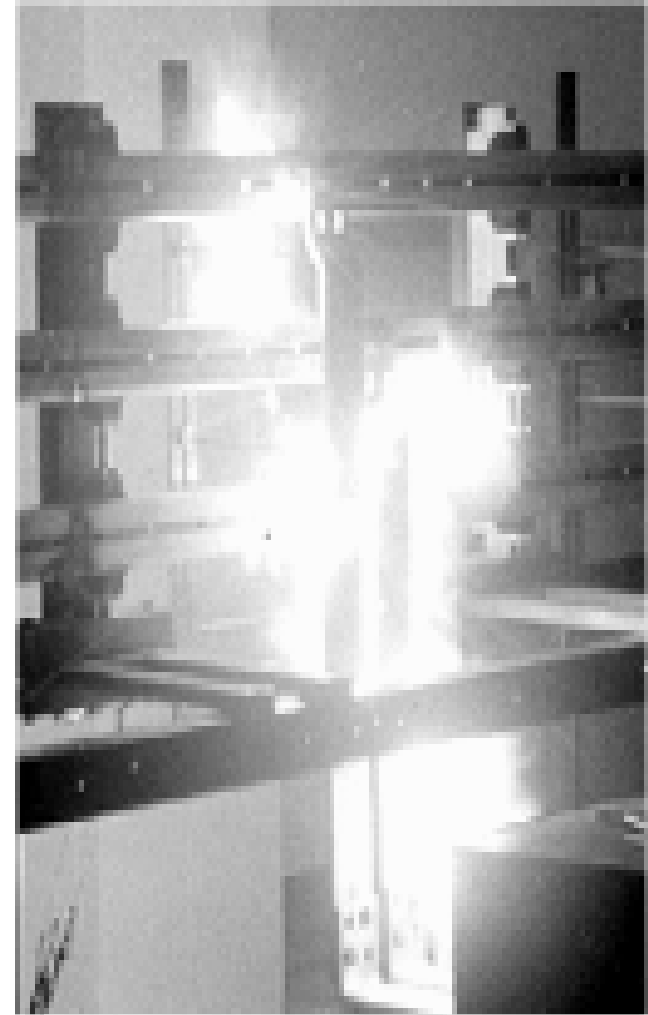
EN 50354

IEC 61842-1-2

# Übersicht

---

- Einführung
- Auswirkungen und Folgen von Störlichtbögen
- Optische Strahlung
- Schallwirkung
- Wärmestrom
- Arbeitsschutzbekleidung und deren Prüfung
- Zusammenfassung und Ausblick



# Zusammenfassung und Ausblick

## Elektrische Störlichtbögen

- sind ein potentiell Risiko für Personen
- besonders bei direkter Exposition

## Wirkungen

### **STRAHLUNG, SCHALL und WÄRMEFLUSS:**

- Abhängigkeiten von den Lichtbogenparametern und Abständen analysiert
  - empirische Bestimmungsgleichungen ermittelt
  - statistische Sicherung vorgenommen
- physiologische Grenzwerte sind bekannt

### **KRAFTWIRKUNG, HEISSE GASE und PARTIKEL:**

- Untersuchungen notwendig
- keine Grenzwerte bekannt

## Reduzierung der Gefährdungen durch

- Persönliche Schutzausrüstungen (Kleidung, Handschuhe, Helme, Gesichtschutz, Augenschutz etc.)
- Schnell wirkende Kurzschluss-Schutzeinrichtungen (ms-Bereich)

**Danke für Ihre  
Aufmerksamkeit !**