

<b>Inhaltsverzeichnis</b>	<b>Seite</b>
<b>Einleitung</b>	<b>1</b>
<b>1 Grundlagen zu atmosphärischen Blitzentladungen und zur Photovoltaik</b>	<b>3</b>
1.1 Atmosphärische Blitzentladung	3
1.1.1 Blitztypen	4
1.1.2 Gefährdungsdaten von Blitzen	5
1.2 Grundzüge der Photovoltaik	7
1.2.1 Halbleiterphysikalische Grundlagen	7
1.2.2 Funktionsweise und Aufbau von Silizium-Solarzellen	10
1.2.3 Solarzellen-Ersatzschaltbild	13
1.2.4 Aufbau von Solarmodulen	16
1.3 Blitz-Beeinflussung von Photovoltaik-Anlagen	18
1.3.1 Blitzhäufigkeit	18
1.3.2 Blitzgefährdung	18
1.3.3 Blitzschutz	19
1.3.4 Ziel der Arbeit	20
<b>2 Versuchs- und Meßeinrichtungen</b>	<b>22</b>
2.1 Stoßstromkreis mit kapazitivem Energiespeicher	22
2.1.1 Aufbau	22
2.1.2 Funktionsweise	23
2.1.3 Auswahl der Stromform	23
2.2 Meßsysteme	24
2.2.1 Messung der Ladespannung	25
2.2.2 Messung des Störstroms	25
2.2.3 Messung der Solarmodul-Ausgangsspannung	25
2.3 Versuchsanordnung	26
<b>3 Induktive Beeinflussung von Silizium-Solarmodulen</b>	<b>27</b>
3.1 Versuchsdurchführung und -auswertung	27

---

3.2	c-Si-Solarmodule	29
3.2.1	Grundlegende Untersuchungen an Einzelmodulen	29
3.2.2	Qualitative Deutung des Beeinflussungsvorgangs	30
3.2.3	Einflußfaktoren auf die induzierte Spannung	37
3.2.4	Untersuchungen zur Beeinflussung verschalteter Module	41
3.3	a-Si-Solarmodule	43
4	<b>Rechnerische Bestimmung der induzierten Spannungen</b>	46
4.1	Berechnungsgrundlagen	46
4.2	Magnetisches Feld der Versuchsanlage	47
4.3	Vergleich gemessener und berechneter Spannungen	52
4.3.1	c-Si-Solarmodule	52
4.3.2	a-Si-Solarmodule	58
5	<b>Übertragung auf reale Photovoltaik-Anlagen</b>	61
5.1	Extrapolation induzierter Spannungen	61
5.2	Betrachtung des Gefährdungspotentials	62
5.3	Empfehlungen zum konstruktiven Aufbau von Solarmodulen	65
	<b>Zusammenfassung</b>	67
	<b>Anhang 1</b> (Bestimmungsgleichungen für die Meßimpedanz $Z_B$ )	72
	<b>Anhang 2</b> (Bestimmungsgleichungen für die Modulrahmenimpedanz $Z_R$ )	73
	<b>Bildteil</b>	75
	<b>Literaturverzeichnis</b>	111