

KORRELATION RELATIVER FEUCHTE UND STROMUMWANDLUNGSKOEFFIZIENT DER DÜNNSCHICHT-PHOTOVOLTAIK

M. Nikbakhti^{a,d}, M. Rennhofer^a, K. Berger^a, J. Wagner^b, R. Leidl^a, W. Laube^b, D. Baumgartner^c, Ph. Weihs^b, V. Schlosser^d

(a) AIT Austrian Institute of Technology GmbH, Energy Department, Giefinggasse 2, 1210 Vienna, Austria,

(b) Institute for Meteorology, University of Natural Resources and Life Sciences, Peter Jordan Str. 82, 1190 Vienna, Austria;

(c) Observatory Kanzelhöhe, KFU-Graz, Treffen A-9521, Austria

(d) Institute of Physics, university of Vienna, Strudelhofgasse 4, 1090 Vienna, Austria.

E-Mail: Maryam.nikbakhti.fl@ait.ac.at

Zusammenfassung

Im Rahmen des Projektes PV-SPEC wurden an klimatisch und meteorologisch unterschiedlichen Standorten verschiedene Modultypen (Mono, CdTe und a-Si) hinsichtlich ihres Verhaltens bezüglich spektraler Änderungen des einfallenden Sonnenlichtes und klimatischer bzw. meteorologischer Parameter untersucht. Das Ziel der laufenden Arbeit ist Schlussfolgerungen über die Umwandlungseffizienz der Module an einem dieser Standorte zu treffen. Der Schwerpunkt der präsentierten Arbeit ist der Einfluss der relativen Feuchtigkeit der Luft sowie weitere Umgebungsbedingungen auf die elektrischen Modulparameter zu bestimmen. Die Ergebnisse lassen Schlussfolgerungen darüber zu, welche Modulteknologie bei welchen spektralen Bedingungen und welchen Wetterverhältnissen aber vor allem bei welchem Maß der relativen Feuchtigkeit die größte Stromumwandlungseffizienz aufweist.

Einleitung & Outdoor-Experimente

In der Studie wurden Module jeder Type (CdTe, a-Si und monokristallin) mit 35° Neigungswinkel nach Osten, Süden und Westen an einem Hochgebirgsstandort (1600m) und einem Fachlandstandort (170m) über einen Zeitraum von circa. 3 Jahren untersucht [1, 2]. Die Module unterscheiden sich in ihrer Fähigkeit, das Sonnenlicht unterschiedlicher Wellenlängen umzuwandeln, wesentlich. Ihre spektrale Empfindlichkeiten (SR) haben ihre Maxima bei jeweils: Monokristallin (Mono) $\lambda=900$ nm, a-Si: $\lambda=621$ nm und CdTe: $\lambda=790$ nm, siehe Abbildung 1 links. Über den Messzeitraum wurden die Bestrahlungsstärke spektral aufgelöst, $E(\lambda)$, die Modulparameter (im wesentlichen der Kurzschlussstrom I_{SC}), sowie Umgebungsparameter in 1-Minutenintervallen gemessen.

Methodik

Die Auswertung wurde anhand dreier charakteristischer Tagestypen durchgeführt, an denen die Einstrahlungsverhältnisse möglichst verschieden waren (an Tagen mit durchgehendem Sonnenschein [„clear sky“], an teilweise bewölkten Tagen und an Regentagen). Als Daten für die relative Luftfeuchte (RH) wurden für die vorliegenden Auswertungen die Werte aus 200-Meter Höhe eines meteorologischen Tageshöhenprofils der RH herangezogen. Die korrelierenden Umgebungsparameter wurden aus den Tagesgängen entsprechend mit dem 13h-Momentanwert für eine Auswahl an Tagen je Tagesklasse getroffen. Die Bewertung des Sonnenspektrums erfolgt mittels des allein beschreibenden Parameters λ_{ape} siehe Abbildung 1 rechts. Es gilt [3]: $APE = h \cdot c_0 / \lambda_{ape}$

Ergebnisse

Vor allem die Korrelation zwischen λ_{ape} und E – Abbildung 2, links – RH und E – Abbildung 2, rechts – RH und λ_{ape} – Abbildung 3, links – haben interessante Ergebnisse geliefert. Diese Diagramme stellen rein meteorologische Kenngrößen dar. Weiter zeigt Abbildung 3, rechts, die starke Abhängigkeit von I_{SC} der einzelnen Technologien von RH, normiert auf STC-Bedingungen. Bei der Analyse wird die relative Änderung des Stromwerts normiert auf den Kurzschlussstrom der jeweiligen Module unter Standardbedingungen $I_{SC}(STC)$ dargestellt, siehe Abbildung 3, rechts. Die Abhängigkeit der Stromproduktion für alle Technologien hat einen ähnlichen aber nicht identen linearen Verlauf. Die Regressionen haben fast dieselbe Steigung mit einer relativen Änderung von 0,02 / % und ~0,5% Abweichung voneinander. Durch die Normierung in Abbildung 3, rechts, bleibt als einzige Abhängigkeit der Darstellung der Einfluss von RH auf das in Modulebene eintreffende spektrale Sonnenlicht (siehe Abbildung 3, links) übrig [3, 4].

Feuchte und Umwandlungseffizienz

In der Folge wurde die Stromumwandlungseffizienz η_{ISC} der 3 Technologien mittels

$$\eta_{ISC} = [I_{ISC} / I_{ISC}(STC)] * [E(STC) / E_{exp}]$$

berechnet und deren Korrelation zu RH dargestellt, siehe Abbildung 4, links.

η_{ISC} jeder Modulteknologie steigt mit steigender RH. Diese Steigung ist sehr klein und bei der kristallinen Technologie am geringsten. Bei a-Si und CdTe ist die Steigung 3 bis 4 mal größer als bei der kristallinen Technologie. Bemerkenswerter Weise kann an Tagen mit erhöhtem RH, auch ein erhöhtes η_{ISC} auftreten, siehe z.B. auch [5]. Der Mehrgewinn an η_{ISC} mit steigendem RH der Dünnschicht gegenüber der kristallinen Technologie wird nochmals durch Normierung auf die kristalline Technologie deutlich, Abbildung 4, rechts.

Zusammenfassung

Bisher konnte in der Studie gezeigt werden, dass

- RH und Modulparametern sowie Umgebungsvariablen korrelieren.
- η_{ISC} für Dünnschichttechnologien mit RH stark steigt
- η_{ISC} für monokristalline Technologie mit RH schwach steigt
- $\eta_{ISC}(RH)$ der Dünnschichttechnologien sich deutlich unterscheidet

Referenzen

[1] M. Rennhofer, K. Berger, J. Wagner, R. Leidl, S. Zamini, W. Laube, D. Baumgartner, Ph. Weihs; proceedings to the “Thin Film Conf” – München, p 56-62 (2011)

[2] J. Wagner, S. Hasel, P. Weihs, M. Rennhofer, K. Berger, R. Leidl, W. Laube, D.J. Baumgartner. 26th European PVSEC and Exhibition, 5-9. Sept. 2011, Hamburg, Germany (2011)

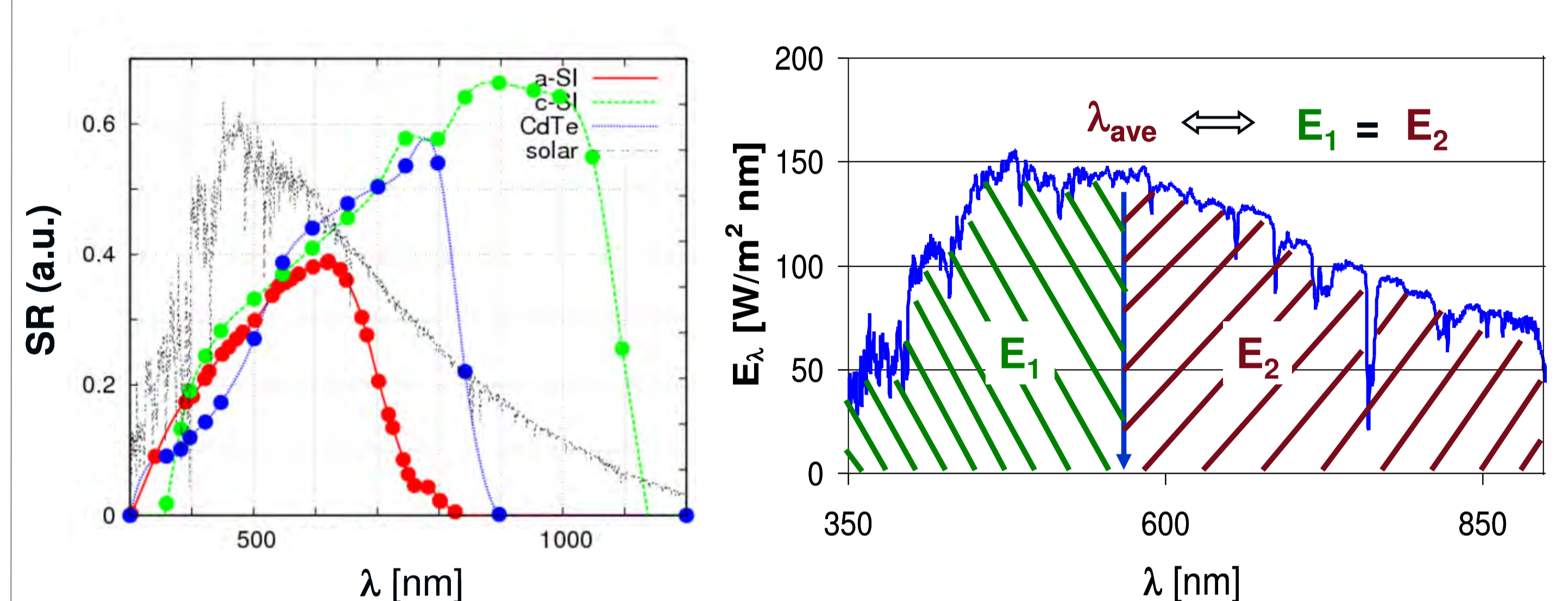


Abb. 1: Links: spektrale Empfindlichkeit der untersuchten Modultypen. Rechts: Definition der Schwerpunktswellenlänge λ_{ape} ($\lambda_{ape} = \lambda_{ave}$)

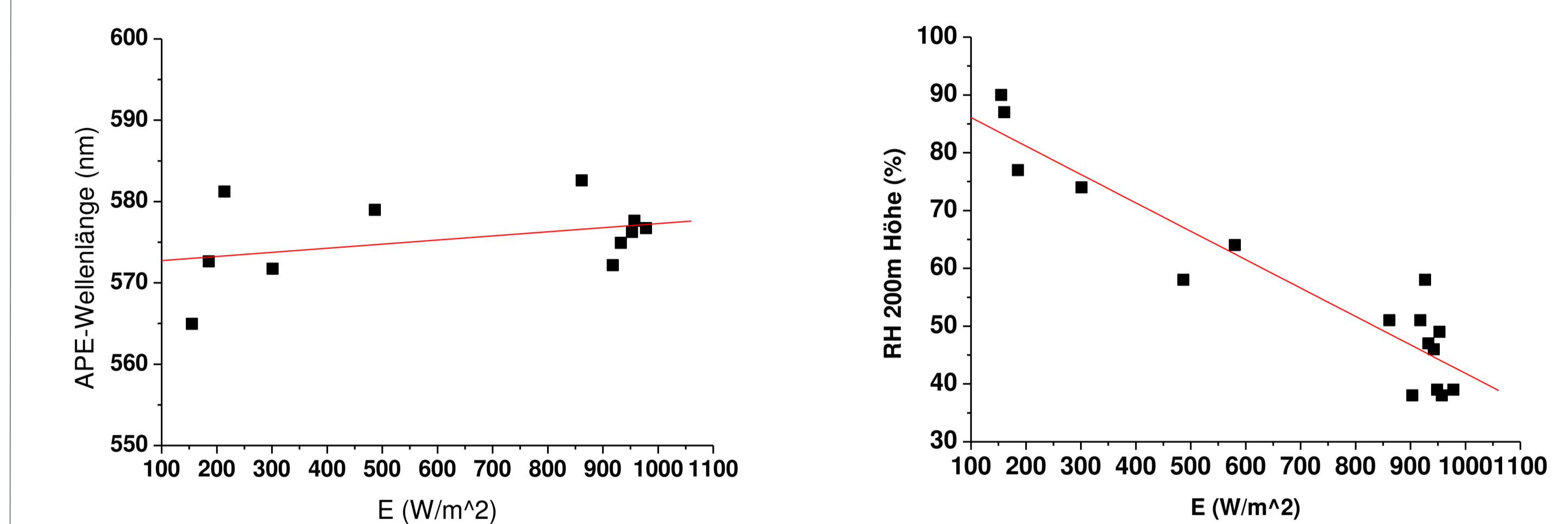


Abb.2: Meteorologische Parameter für die untersuchten Tage. Links: λ_{ape} vs. E und rechts RH vs. E. Die Linien sind Regressionen. Die Diagramme zeigen Werte für aller Tagesklassen.

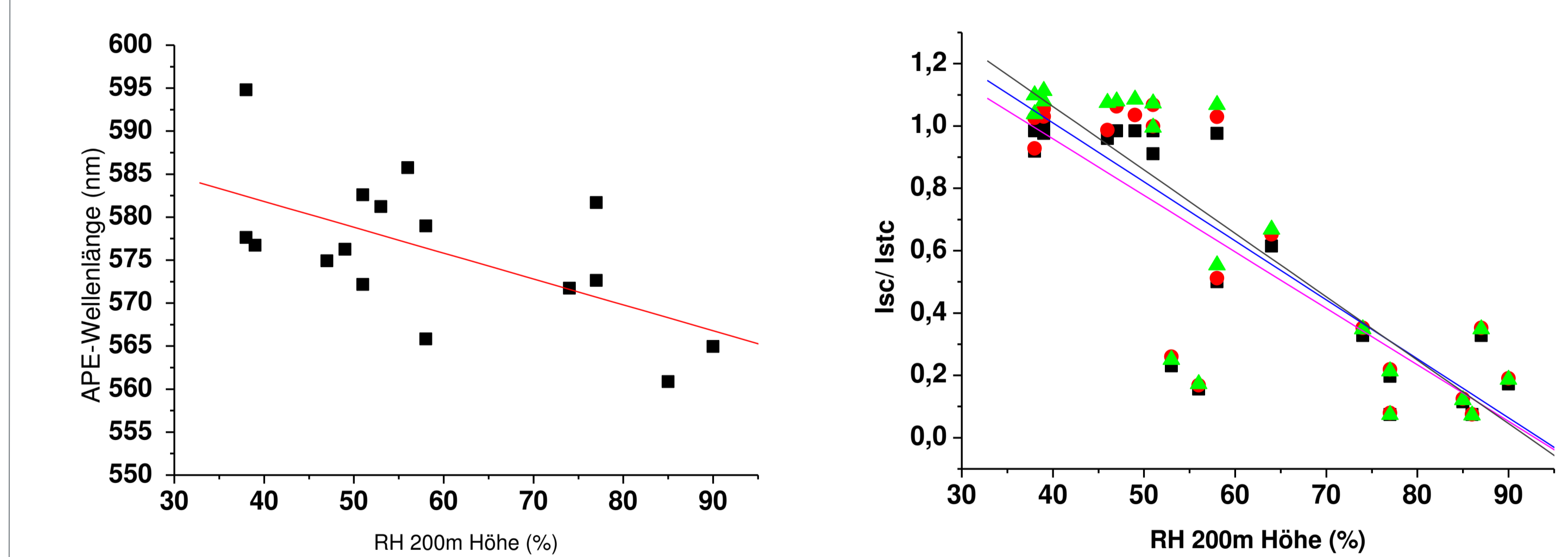


Abb.3: Links: λ_{ave} als Funktion von RH; Rechts: $I_{SC}/I_{SC}(STC)$ vs. RH mit : (■) CdTe, (●) a-Si, (Δ) Mono. Die Linien sind lineare Regressionen. Die Diagramme zeigen Werte für Tage aller Tagesklassen.

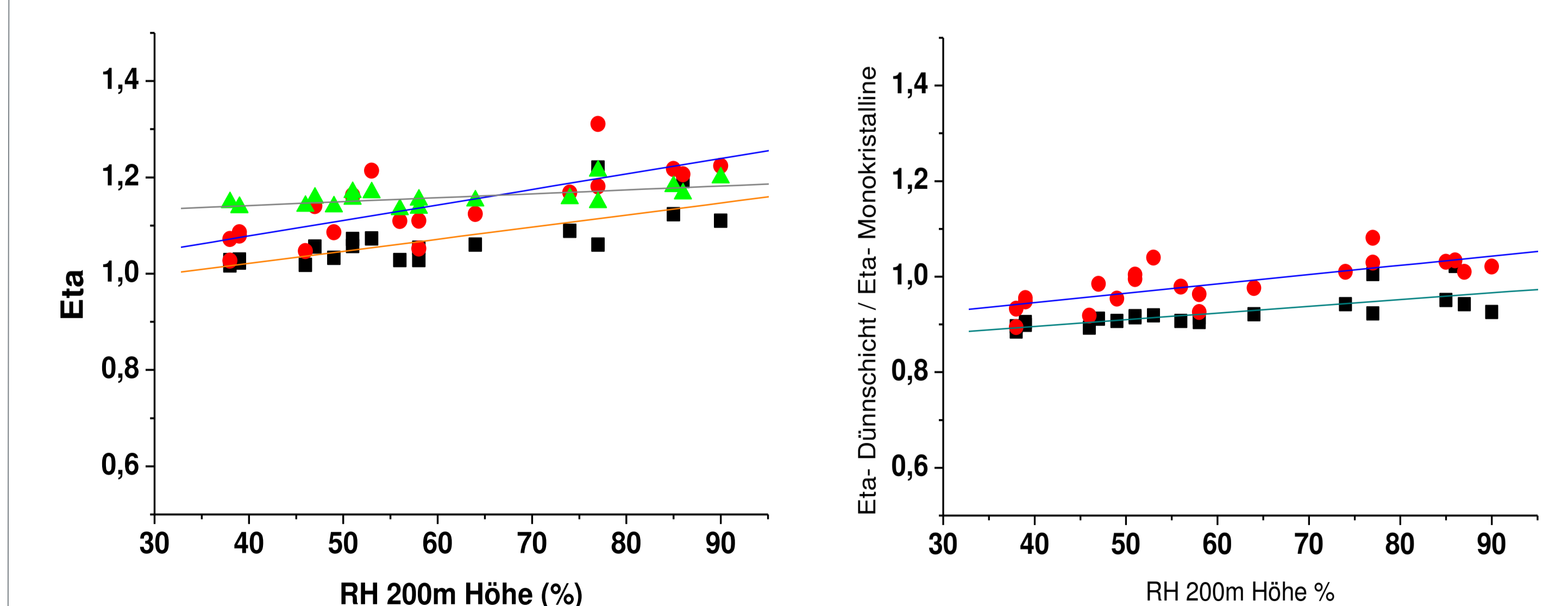


Abb. 4: Links: η_{ISC} als Funktion von RH (■) CdTe, (●) a-Si, (Δ) Mono. Und Rechts: η_{ISC} als Funktion von RH normiert auf die monokristalline Technologie (■) CdTe, (●) a-Si

[3] C. F. Bohren, D. R. Huffman: Absorption and scattering of light by small particles. New York, Wiley-Interscience (1983)

[4] Stoecker H., Taschenbuch der Physik, Frankfurt am Main, (1997)

[5] H. D. Mohring, “Betriebsergebnisse von Dünnschichtphotovoltaikanlagen. 5th User Forum Thin Film Photovoltaics, 26-27.1. 2009, Würzburg, p 77-86 (2009).