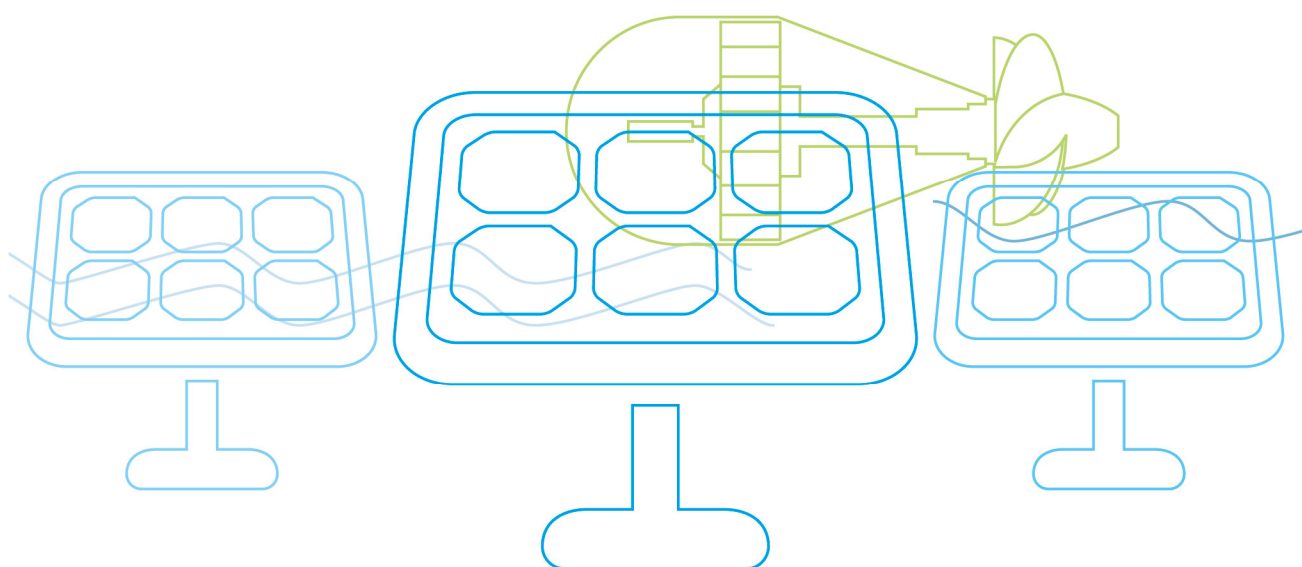




Solarthermische Systeme aus Polymerwerkstoffen - Teil 1

Wissenschaftliche und methodische Voraussetzungen und ökologische und ökonomische Folgewirkungen



VORWORT

Die Publikationsreihe **BLUE GLOBE REPORT** macht die Kompetenz und Vielfalt, mit der die österreichische Industrie und Forschung für die Lösung der zentralen Zukunftsaufgaben arbeiten, sichtbar. Strategie des Klima- und Energiefonds ist, mit langfristig ausgerichteten Förderprogrammen gezielt Impulse zu setzen. Impulse, die heimischen Unternehmen und Institutionen im internationalen Wettbewerb eine ausgezeichnete Ausgangsposition verschaffen.

Jährlich stehen dem Klima- und Energiefonds bis zu 150 Mio. Euro für die Förderung von nachhaltigen Energie- und Verkehrsprojekten im Sinne des Klimaschutzes zur Verfügung. Mit diesem Geld unterstützt der Klima- und Energiefonds Ideen, Konzepte und Projekte in den Bereichen Forschung, Mobilität und Marktdurchdringung.

Mit dem **BLUE GLOBE REPORT** informiert der Klima- und Energiefonds über Projektergebnisse und unterstützt so die Anwendungen von Innovation in der Praxis. Neben technologischen Innovationen im Energie- und Verkehrsbereich werden gesellschaftliche Fragestellung und wissenschaftliche Grundlagen für politische Planungsprozesse präsentiert. Der **BLUE GLOBE REPORT** wird der interessierten Öffentlichkeit über die Homepage www.klimafonds.gv.at zugänglich gemacht und lädt zur kritischen Diskussion ein.

Der vorliegende Bericht dokumentiert die Ergebnisse eines Projekts aus dem Forschungs- und Technologieprogramm „Neue Energien 2020“. Mit diesem Programm verfolgt der Klima- und Energiefonds das Ziel, durch Innovationen und technischen Fortschritt den Übergang zu einem nachhaltigen Energiesystem voranzutreiben.

Wer die nachhaltige Zukunft mitgestalten will, ist bei uns richtig: Der Klima- und Energiefonds fördert innovative Lösungen für die Zukunft!

A handwritten signature in black ink, reading 'Theresia Vogel'.

Theresia Vogel
Geschäftsführerin, Klima- und Energiefonds

A handwritten signature in black ink, reading 'Ingmar Höbarth'.

Ingmar Höbarth
Geschäftsführer, Klima- und Energiefonds

INHALT

Kurzfassung	3
1. Einleitung	5
2. Inhalte und Ergebnisse von SolPol-1	7
3. Wesentliche Schlussfolgerungen von SolPol-1	11
4. Ausblick und Empfehlungen	12
Literatur	13
Anhang: Zusammenstellung der Tabellen und Abbildungen	15

Kernautoren

Reinhold W. Lang (Projektleiter)

Gernot M. Wallner (Stv. Projektleiter)

Jörg Fischer (Administrativer Leiter)

alle: Johannes Kepler Universität Linz – Institut für Polymerwerkstoffe und Prüfung (JKU-IPMT)

Unterstützende Autoren

Christian Fink, Alexander Kaiser, Robert Hausner, Werner Weiss

AEE – Institut für Nachhaltige Technologien (AEE INTEC)

Susanne Beißmann, Wolfgang Buchberger

Johannes Kepler Universität Linz – Institut für Analytische Chemie (JKU-IAC)

Klemens Grabmayer, Harald Kicker, Harald Schobermayr

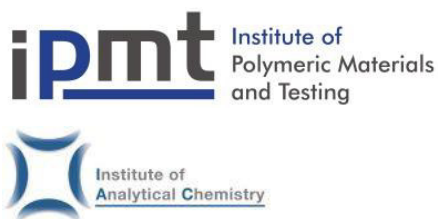
Johannes Kepler Universität Linz – Institut für Polymerwerkstoffe und Prüfung (JKU-IPMT)

Wolfgang Streicher, Alexander Thür, Claudia Hintringer

Universität Innsbruck – Institut für Konstruktion und Materialwissenschaften (UIBK-EGEE)

Angela Köppl, Claudia Kettner, Daniela Kletzan-Slamanig, Stefan Schleicher

Österreichisches Institut für Wirtschaftsforschung (WIFO)



Kurzfassung

In der Vernetzung der Kunststoff- und Solarenergieforschung liegt ein hohes Potential für die Weiterentwicklung von Solarthermie-Technologien. *SolPol-1* betrifft Teil 1 zweier sich ergänzender Projekte und ist als Grundlagenforschung zur Schaffung der wissenschaftlichen und methodischen Voraussetzungen für die Entwicklung neuartiger Kollektorsysteme in Kunststoffbauweise sowie zur Abschätzung der ökologischen und ökonomischen Folgewirkungen konzipiert. Die Industrielle Forschung zur Entwicklung von neuartigen Polymermaterialien sowie daraus herzustellender Modell-Kollektoren und -Komponenten ist Gegenstand des zeitversetzt gestarteten, assoziierten Kooperativen Projektes *SolPol-2* (Titel: *Solarthermische Systeme aus Polymerwerkstoffen – Teil 2: Entwicklung von neuartigen Kollektoren und Kunststoffcompounds*), das noch bis 30. April 2014 läuft.

Im Grundlagenforschungsprojekt *SolPol-1* wurden im Forschungsprogramm in insgesamt 3 Arbeitspaketen ("work packages", WP) folgende Themen mit den angeführten Schwerpunkten und Zielsetzungen behandelt:

- WP-01:** Leistungsanforderungen an Polymerwerkstoffe in solarthermischen Systemen – Komponentenspezifische Definition der Performance- und Eigenschaftsprofile inkl. Quantifizierung der physikalischen und technischen Werkstoffeigenschaften
- WP-02:** Zeitraffende Charakterisierungsmethoden für Polymerwerkstoffe für solarthermische Komponenten in Kontakt mit Wasser und Luft
- WP-03:** Nationale und europäische ökonomische und ökologische Perspektiven für thermische Kollektorsysteme aus Kunststoff – Marktpotential, CO₂-Reduktionspotentiale und volkswirtschaftliche Auswirkungen

Die wesentlichen Ergebnisse und Schlussfolgerungen von *SolPol-1* lassen sich wie folgt zusammenfassen:

Im **Arbeitspaket WP-01** (*Leistungsanforderungen an Kunststoffkollektoren*) wurden zur Bestimmung von Leistungsanforderungen an Kunststoffe in solarthermischen Anlagen für marktrelevante Anwendungsbeispiele für 5 verschiedene Standorte weltweit (repräsentativ für die Klimazonen kontinental, mediterran, heiß-trocken, heiß-feucht, gemäßigt) neben 13 standortspezifischen Referenzsystemen insgesamt 35 angepasste solarthermische Systeme mit einem hohen Kunststoffanteil definiert. Unter Nutzung entsprechenden Soft- und Hardwarepakete für die Modellierung wurden rechnergestützte Methoden für solarthermischer Systeme und Kollektoren entwickelt und implementiert, die eine Ableitung quantitativer Leistungsanforderungen für einzelne Komponenten und Werkstoffe erlauben. Neben den Temperaturstatistiken stehen nun auch Druckbelastungsprofile für die untersuchten Kollektorarten an unterschiedlichen Standorten zur Verfügung. In den Kollektorarbeitspaketen von *SolPol-2* werden die in *SolPol-1*/WP-01 implementierten und verfügbaren Modellierungswerkzeuge sowohl für die Bestimmung von Temperaturbelastungen als auch zur Ableitung von mechanischen Belastungen intensiv genutzt. Mit diesem Modellierungs- und Simulationswerkzeug sowie über die im Rahmen von WP-01 durchgeführten Simulationsberechnungen steht dem SolPol-Konsortium die wohl national und international umfassendste Datenbank zu Anforderungsprofilen für Kunststoff-Kollektoren sowohl auf der Komponenten/Bauteil-Ebene als auch auf der Werkstoff-Ebene zur Verfügung.

Arbeitspaket WP-02 (*zeitraffende Charakterisierungsmethoden*) beschäftigte sich mit der Entwicklung von stark zeitraffenden Prüfmethoden zur Beschreibung des Alterungsverhaltens von Polymerwerkstoffen für solarthermische Komponenten mit Fokus auf Absorber-Materialien und Liner-Materialien für Wärmespeicher. Dazu wurden zwei Konzepte, die auf den Prinzipien der Miniaturisierung von Prüfkörpern und der Konzentrierung von alterungsrelevanten Umgebungsmedien (Sauerstoff) basieren, erarbeitet und labortechnisch umgesetzt. Neben Methoden zur Bestimmung konventioneller Alterungsindikatoren (z.B. Zugversuch und Infrarotspektroskopie)

wurden neuartige nasschemische und kontaktlose Analysemethoden zur Erfassung von molekularen Alterungseffekten aufgebaut und auf ausgewählte Modellwerkstoffe angewendet. Die Alterung von Solarabsorber- und Liner-Materialien an Luft und in Wasser oder Wasser/Glykol-Gemischen bei erhöhten Temperaturen von 95 bis 135 °C ergab abhängig vom Werkstoff und von der Art der Zeitraffung unterschiedliche Beschleunigungsfaktoren. Während die Miniaturisierung der Prüfkörper eine maximale Zeitraffung um den Faktor 2 ergab, resultierten aus der Erhöhung des Sauerstoffpartialdruckes bei der Prüfkörperauslagerung (durchgeführt an der BAM Berlin) Beschleunigungsfaktoren größer 10. Aufgrund der mittlerweile intensiven Nutzung der im Rahmen von WP-01 entwickelten Prüfmethodik im assoziierten Projekt *SolPol-2* für Werkstoff-Screening (AP-01 bis AP-03) und Werkstoff-Entwicklung (AP-04 und AP-05), wurden die Prüfkapazitäten im letzten Berichtszeitraum noch einmal deutlich ausgebaut. Mit der etablierten und inzwischen routinemäßig genutzten Prüfmethodik steht dem *SolPol*-Konsortium ein aussagekräftiges, aber auch einzigartiges Werkzeug für die beschleunigte Untersuchung potenzieller Werkstoffkandidaten und neuer Werkstoffformulierungen zur Verfügung.

Schwerpunkt des **Arbeitspaket WP-03** (*ökonomische und ökologische Perspektiven*) war die Analyse potentieller Marktentwicklungsszenarien der Solarthermie für Österreich und Europa im Hinblick auf ökonomische und ökologische Wirkungen und die Rolle kunststoffbezogener Innovationen bei thermischen Kollektoren. Basierend auf Kostenanalysen bestehender Kollektorsysteme und unter Berücksichtigung einer im Rahmen des Arbeitspaketes im Subauftrag durchgeführten weltweiten Umfrage zur künftigen Bedeutung von Kunststoffen für solarthermische Kollektoren wurden die bestehenden Entwicklungsszenarien der Solarthermie für Österreich und Europa adaptiert und neue "Lower Bound (LB)"- und "Upper Bound (UB)"-Szenarien für die kunststoffgetriebene Marktentwicklung bis 2050 definiert. Für diesen Zeitraum wurden daraus Daten für die Entwicklung des Anteils der Solarthermie am Niedertemperatur-Wärmebedarf (gesamt), der installierte Kollektorfläche und Kapazität (gesamt), des Anteils der Kunststoff-Kollektoren und der Auswirkungen auf CO₂-Emissionen abgeleitet. Für Österreich wurden schließlich noch volkswirtschaftliche Kennzahlen wie die jährlich anfallenden Investitionskosten und sonstigen Wertschöpfungs- und Beschäftigungswirkungen betreffend ermittelt. Damit liegt erstmalig ein umfassender Szenarien-Datensatz für die bedeutende Rolle von Kunststoffinnovationen in der Solarthermie vor.

Die Ergebnisse von *SolPol-1* sind eine wichtige Voraussetzung für eine effiziente und zielgerichtete industrielle Forschung und Entwicklung auf dem Gebiet der Solarthermie (z.B. in *SolPol-2*) aber auch für die Etablierung und Marktdurchdringung von künftigen, durchgängig optimierten solarthermischen Systemen in Kunststoffbauweise. Die Gesamtkostenreduzierung derartiger Systeme betreffend ist als Mindestzielsetzung für die in Europa vorherrschenden gepumpten Systeme eine Halbierung anzusetzen. Berücksichtigt man, dass derzeit die Kollektorkosten von gepumpten solarthermischen Systemen bei etwa 10-20 % der Gesamtsystemkosten liegen, wird deutlich, dass das Kostenreduktionsziel nur durch eine umfassende Optimierung des Gesamtsystems bei gleichzeitiger Realisierung hoch-integrierter, multifunktionaler "Plug&Function"-Elemente (Komponenten und Baugruppen) mit deutlich reduziertem Installationsaufwand zu bewerkstelligen ist. Die genannten Attribute zu erreichen ist die zentrale Herausforderung künftiger Innovationen und damit auch der bestimmende Faktor zur Wiederbelebung des europäischen Solarthermiemarktes. Basierend auf diesen Erkenntnissen wurde vom *SolPol*-Konsortium im Förderprogramm eMISSION.at das Nachfolge-Forschungsvorhaben *SolPol-4/5* eingereicht (Fördergenehmigung erteilt, derzeit in Vertragsverhandlung).

1 Einleitung

Wie in anderen industrialisierten Ländern der gemäßigten Klimazone, hat auch in Österreich der Sektor Warmwasser und Raumwärmebereitstellung mit etwa 30 % den bedeutendsten Anteil am Endenergieverbrauch. Szenarien auf nationaler und europäischer Ebene ergeben für diesen sogenannten „Niedertemperaturbereich“ mit Arbeitstemperaturen bis ca. 90 °C ein starkes Entwicklungspotenzial für eine solarthermische Deckung, die aktuell bei etwa 3 % liegt (Weiss und Biermayr, 2009).

Dennoch liegt Österreich derzeit im internationalen Vergleich in nahezu allen Sektoren der Solarthermie im Spitzenfeld. So ist Österreich bei der in Betrieb befindlichen Kollektorfläche mit ca. 4,7 Mio. m² weltweit an sehr guter 9. Stelle platziert (Stand 2011; Mauthner et al., 2013). Wird die installierte Fläche auf die Einwohnerzahl bezogen, liegt Österreich weltweit gesehen mit ca. 0,58 m²/Person sogar an 3. Stelle, in Europa nach Zypern an 2. Stelle (Mauthner et al., 2013). Zusammen mit Deutschland zählt Österreich auch zu den europäischen Technologieführern im Bereich der Solarthermie. Dies gilt sowohl für die industrielle Produktion als auch für Forschung und Entwicklung.

Solarthermische Kollektoren und Kollektorsysteme werden derzeit in aufwändigen und kostenintensiven Fertigungsprozessen aus einer Vielzahl unterschiedlicher Materialien mit einem vergleichsweise geringen Kunststoffanteil gefertigt. Der überwiegende Anteil der weltweit installierten solarthermischen Kollektoren entfällt derzeit auf Vakuumröhrenkollektoren (62,3 %) gefolgt von verglasten Flachkollektoren (27,9 %), wobei beide Kollektortypen vornehmlich für die Warmwasserbereitung und die Heizungsunterstützung mit einer Arbeitstemperatur bis etwa 90 °C eingesetzt werden. Kostengünstige Kunststoffkollektoren (9,2 %) kommen bis dato fast ausschließlich als nicht-abgedeckte Absorbermatten für die Schwimmbaderwärmung mit einer Arbeitstemperatur von etwa 30 °C zum Einsatz. Der verbleibende Anteil von 0,7 % entfällt auf Luftkollektoren (Mathner et al., 2013).

Bevor auf die Inhalte, Zielsetzungen und Ergebnisse des gegenständlichen Berichtes eingegangen wird sei angemerkt, dass sämtliche Tabellen und Abbildungen auf die im nachfolgenden Textteil verwiesen wird, im Anhang dieses Berichtes zusammen gestellt sind.

Zielsetzungen, Forschungsprogramm und Methodik

Abgesehen von der begrenzten künftigen Verfügbarkeit bestimmter Rohstoffressourcen, wie beispielsweise Kupfer für Absorber, liegt in der Verwendung eines zunehmenden Anteils von Polymerwerkstoffen in solarthermischen Systemen auch ein hohes Potential für innovative Weiterentwicklungen in Bezug auf Funktionsfähigkeit und attraktiveres Design mit gleichzeitigen Folgewirkungen auf die Wirtschaftlichkeit (Kostenreduktion) und die Marktdurchdringung. Daher war eine übergeordnete Gesamtzielsetzung des gegenständlichen Forschungsvorhabens, die anwendungsmäßige und technologische Spitzenposition Österreichs auf dem Gebiet der Solarthermie durch polymerbasierende innovative Neuentwicklungen auch künftig sicherzustellen bzw. diese sogar weiter auszubauen. Dazu sollten die existierenden Stärken Österreichs auf den Gebieten der Solarthermie und der Kunststofftechnologien zusammengeführt, zielgerichtet ausgebaut und in innovative Produktentwicklungen umgesetzt werden. Gleichzeitig soll damit auch ein wesentlicher Beitrag zur Verbreitung erneuerbarer Energietechnologien und zur Reduktion von Treibhausgasemissionen geleistet werden.

Zur Erreichung obiger Gesamtzielsetzung wurde vom Konsortium der Projektpartner ein Forschungsvorhaben bestehend aus zwei sich ergänzenden Projekten konzipiert (Lang et al. 2011, 2013), dem gegenständlichen Einzelprojekt *SolPol-1* als *Teil 1* für die erforderliche Grundlagenforschung (insgesamt 5 Wissenschaftliche Partner) und einem separat eingereichten und zeitversetzt genehmigten Kooperativen Projekt *SolPol-2* als *Teil 2* für die

Industrielle Forschung (insgesamt 8 Wissenschaftliche Partner und nach Zusammenschluss zweier Unternehmenspartner (SUN MASTER Energiesysteme GmbH und Greiner Technology & Innovation GmbH) 9 Unternehmenspartner). Die Leitung der *SolPol*-Projekte obliegt dem *Institut für Polymerwerkstoffe und Prüfung* der Johannes Kepler Universität Linz (JKU-IPMT), das neben der inhaltlichen Koordination und wissenschaftlichen Leitung (R. W. Lang und G. Wallner) auch die sonstigen Management- und Administrationsaufgaben (Leitung J. Fischer) innehat. Wesentliche Daten und Fakten zu den Projekten *SolPol-1* und *SolPol-2* sind in **Tabelle 1** zusammengefasst.

Die spezifischen Zielsetzungen des gegenständlichen Projektes *SolPol-1* liegen in der Schaffung der wissenschaftlichen und methodischen Voraussetzungen für die Entwicklung neuartiger thermischer Kollektorsysteme in Kunststoffbauweise sowie in der Abschätzung der ökonomischen und ökologischen Folgewirkungen bei entsprechender Marktdurchdringung. Die Industrielle Forschung zur Entwicklung von neuartigen Polymermaterialien sowie daraus herzustellender Modell-Kollektoren und -Komponenten ist Gegenstand des zeitversetzt gestarteten, assoziierten Kooperativen Projektes *SolPol-2* (Titel: *Solarthermische Systeme aus Polymerwerkstoffen – Teil 2: Entwicklung von neuartigen Kollektoren und Kunststoffcompounds*), das noch bis 30. April 2014 läuft. Das gesamte Forschungsprogramm der Projekte *SolPol-1* und *SolPol-2* besteht aus insgesamt 9 Work Packages (WP für *SolPol-1*) bzw. Arbeitspaketen (AP für *SolPol-2*), die entlang der Wertschöpfungskette in **Abb. 1** gezeigt sind.

Im Grundlagenforschungsprojekt *SolPol-1* werden im Forschungsprogramm in 3 Arbeitspaketen ("work packages", WP) folgende Themen mit den angeführten Zielsetzungen behandelt:

- WP-01:** Leistungsanforderungen an Polymerwerkstoffe in solarthermischen Systemen – Komponentenspezifische Definition der Performance- und Eigenschaftsprofile inkl. Quantifizierung der physikalischen und technischen Werkstoffeigenschaften
- WP-02:** Zeitraffende Charakterisierungsmethoden für Polymerwerkstoffe für solarthermische Komponenten in Kontakt mit Wasser und Luft
- WP-03:** Nationale und europäische ökonomische und ökologische Perspektiven für thermische Kollektorsysteme aus Kunststoff – Marktpotential, CO₂-Reduktionspotentiale und volkswirtschaftliche Auswirkungen

Das industrielle Forschungsprojekt *SolPol-2* besteht aus den folgenden 6 Arbeitspaketen (AP):

- AP-01:** Eigentemperatursicherer (überhitzungsgeschützter) solarthermischer Kollektor mit hohem Polyolefinanteil (OHC Collector)
- AP-02:** Solarthermische Kollektoren ohne Überhitzungsschutz in Kunststoff- und Hybridbauweise (Hybrid Collector)
- AP-03:** Konzeptstudien zu Folienmembran-Kollektoren (Large-Area Film Collector)
- AP-04:** Entwicklung von langzeitbeständigen, funktionalen Polyolefinen mit spektral-selektiven Eigenschaften (Functional Compounds)
- AP-05:** Entwicklung von Polyolefin-Compounds für langzeitbeständige Wasser-Wärmespeicher adaptierbarer Kapazität (Durable Compounds)
- AP-06:** Neuartige Designkonzepte für Vollkunststoff-Kollektorsysteme (ID Collector Concepts)

Den gegenständlichen Abschlussbericht von *SolPol-1* betreffend entspricht die obige Struktur der Arbeitspakete WP-01 bis WP-03 gleichzeitig auch dem inhaltlich-methodischen Ansatz der Forschungsarbeiten. Ein wesentliches weiteres methodisches Element von *SolPol-1* lag in der multi-lateralen Bearbeitung der einzelnen Arbeitspakete und Problemstellungen durch die beteiligten Forschungspartner. In enger Kooperation der beteiligten Fachleute

unterschiedlicher Disziplinen nahmen dabei je nach Aufgabenstellung ExpertInnen aus der Solartechnik (WP-01), der Kunststofftechnik (WP-02) oder aus dem Bereich Wirtschaftsforschung (WP-03) führende Rollen in den einzelnen Arbeitspaketen ein.

Einordnung in die Themenprioritäten des Förderprogramms

Das Grundlagenforschungsprojekt *SolPol-1* ist in erster Linie dem **Themenfeld “3.5 Solarthermie”** der Ausschreibung mit Bezug zu den folgenden Themenpunkten zuordenbar:

- **Thema 3.5.1:** Schlüsseltechnologie – Neue Materialien und Ihre Anwendung
- **Thema 3.9.8:** Auswirkungen der Implementierung erneuerbarer Energien

2 Inhalte und Ergebnisse von *SolPol-1*

In der Folge werden die wesentlichen Inhalte und Ergebnisse der 3 Arbeitspakete von *SolPol-1* in kompakter Form dargestellt. Dabei wird teilweise Bezug genommen auf die Bedeutung der erzielten Ergebnisse für das Projekt *SolPol-2* (Werkstoffentwicklungen und Entwicklung gepumpter solarthermischer Kollektorsysteme) sowie den zwischenzeitlich eingereichten und derzeit im Vertragsverhandlungsstadium befindlichen Forschungsantrag *SolPol-4/5* (siehe dazu auch Kapitel 3 und 4).

WP-01: Leistungsanforderungen an Polymerwerkstoffe in solarthermischen Systemen

Eine zentrale Voraussetzung zum Einsatz von Polymerwerkstoffen in solarthermischen Kollektoren ist die genaue Kenntnis der Leistungsanforderungen sowohl auf der Komponenten- als auch der Werkstoff-Ebene. Zur Berücksichtigung weltweit unterschiedlicher klimatischer Bedingungen wurden in WP-01 zunächst in einem ersten Schritt fünf Referenzstandorte, repräsentativ für unterschiedliche Klimazonen (kontinental (Graz/A), mediterran (Athen/GR), heiß-trocken (Pretoria/ZA), heiß-feucht (Fortaleza/BR), gemäßigt (Peking/CN)), ausgewählt. Basierend auf Meteonorm-Daten wurden dann die für die Referenzstandorte relevanten klimatischen Kenndaten, die für Kunststoffe bezüglich Eigenschaftsanforderungen und Alterungsverhalten von besonderer Bedeutung sind (Lufttemperaturen, relative Luftfeuchte, globale Einstrahlung), in ihrer Jahresverteilung bzw. aggregiert (als Häufigkeitsverteilung und/oder kumuliert) erfasst (s. **Abb. 2**). In weiterer Folge wurden dann jeweils für die fünf Klimazonen marktkonforme, solarthermische Referenzsysteme definiert, um daraus durch Modellierung und Simulation anhand vorgegebener Kunststoff-Kollektorkennlinien die tatsächlich auftretenden Komponenten- und Werkstoff-Belastungsprofile abzuleiten (Kaiser et al., 2013a; Kaiser et al., 2013b).

Abgestimmt auf die fünf Referenzstandorte wurden insgesamt 13 unterschiedliche marktübliche Solarsysteme im Bereich Warmwasserbereitung im Ein- und Mehrfamilienhaus (WW-EFH und WW-MFH) sowie mit Heizungsunterstützung im Einfamilienhaus (Kombi-EFH) als Referenzsysteme berechnungsmäßig erfasst, sowie insgesamt 35 Kollektorsysteme mit Kunststoffkollektoren ohne und mit Überhitzungsschutz (ÜS) mit äquivalentem Deckungsgrad zu den Referenzsystemen. Die dabei erzielten Ergebnisse bilden zusammen mit detaillierten Kollektorsimulationen unter Berücksichtigung zusätzlicher geometrischer Gegebenheiten im Rahmen von *SolPol-2* entweder die Vorgaben für die gezielte Werkstoffvorauswahl aus Materialdatenbanken oder für weitere werkstoffliche Entwicklungen ebenfalls als Teil von *SolPol-2*.

Zur übersichtlichen Darstellung und Handhabung der Belastungsprofile auf der Kollektor-Komponentenebene (mit Schwerpunkt Kunststoffabsorber) wurden einfach nutzbare Matrixdarstellungen mit überlagerten Temperatur/Druck-Beanspruchungsdaten ausgearbeitet (s. **Tabelle 2**). Zur Übersetzung der Druckstatistiken in konkrete Anforderungen an die Materialeigenschaften ist darüber hinaus die Kenntnis der Geometrie des Absorbers von

zentraler Bedeutung. In den Kollektorarbeitspaketen von *SolPol-2* werden die in *SolPol-1*/WP-01 implementierten Modellierungswerkzeuge sowohl für die Bestimmung von Temperaturbelastungen als auch zur Ableitung von mechanischen Belastungen intensiv genutzt.

Beispielhaft angeführt sind nachfolgend die Eigenschaftsanforderungen für einen Absorber-Kunststoff eines Niederdruck-Drainback-Systems im kontinentalen Klima (Referenzstandort Graz) für eine Einsatzdauer von 20 Jahren:

- solare Absorption: 93-95 %
- höchste Temperaturbeanspruchung (thermische Stabilität): 160 °C
- niedrigste Temperaturbeanspruchung: -30 °C
- thermische Langzeit-Stabilität in Wasser/Glykol: >9000 h/95 °C
- thermische Stabilität in Luft/Wasserdampf: >3500 h bei 100-125 °C; >4500 h bei 125-150 °C; >1000 h bei 150-175 °C

Die Ergebnisse dieser systembezogenen Untersuchungen, lassen sich bezogen auf Absorber-Materialien unter Berücksichtigung der werkstofflichen und ökonomischen Ergebnisse und Schlussfolgerungen im Zusammenhang mit den Arbeitspaketen WP-02 und WP-03 von *SolPol-1* kurz wie folgt zusammenfassen (s. **Abb. 3**). Für kosten- und leistungsoptimierte, überhitzungsgeschützte Kollektoren, wie z.B. dem eigentemperatursicheren Kollektortyp im Arbeitspaket AP-01 von *SolPol-2*, sind im Vergleich zu derzeit kommerziell verfügbaren Polyolefinen thermoplastisch (weiter)-verarbeitbare PE- und PP-Typen mit einer um etwa 10-15 K höheren thermischen Dauerstabilität unter Medieneinwirkung (95 °C, Wasser bzw. Wasser/Glykol) erforderlich. Entsprechende Werkstoffentwicklungen sind daher auch Gegenstand der Arbeitspakete AP-04 und AP-05 von *SolPol-2*. Andererseits gilt für potentielle Absorber-Kunststoffe eines Niederdruck-Drainback-Systems im kontinentalen Klima mit Stagnationstemperaturen bis zu 160 °C (z.B. PPS mit Verweis auf obiges Beispiel zu Eigenschaftsanforderungen), dass die für diese Leistungsklasse typischen Werkstoffpreise von 10 Euro/kg und mehr zumindest zu halbieren sind. Bei geringfügiger Verschlechterung der Kollektorwirkungsgradlinie zur Limitierung der Stagnationstemperaturen auf etwa 135 °C kommen auch kostengünstigere technische Kunststoffe wie spezielle CHO- und CHON-Polymere in die engere Materialauswahl. Gleichzeitig ist in allen Fällen eine adäquate und qualitativ hochwertige Verarbeitbarkeit zu großflächigen Halbzeugen/Produkten zu gewährleisten. Derartige Problemstellungen sind u.a. Gegenstand der Arbeitspakete AP-01 bis AP-03 in *SolPol-2*.

WP-02: Zeitraffende Charakterisierungsmethoden für Polymerwerkstoffe für solarthermische Komponenten in Kontakt mit Wasser und Luft

In WP-02 wurden nach eingehender Recherche und Bewertung der technisch-wissenschaftlichen Fachliteratur (z.B. Gijsman, 1994; Schröder et al., 2008; Kahlen et al., 2012; Mantell und Davidson, 2012) zwei Konzepte zur beschleunigten Alterungsprüfung von Polymerwerkstoffen in solarthermischen Systemen umgesetzt, die auf den Prinzipien der Miniaturisierung von Prüfkörpern und der Konzentrierung von alterungsrelevanten Umgebungsmedien (Sauerstoff) basieren. Als Alterungsindikatoren wurden einerseits mechanische Eigenschaften und deren Veränderung mit der Auslagerzeit herangezogen. Andererseits wurden neuartige nasschemische und kontaktlose Analysemethoden zur Beschreibung von molekularen Alterungseffekten (Stabilisatorgehalt und Stabilisatorabbauprodukt) aufgebaut und auf ausgewählte Modellwerkstoffe für Liner von Wärmespeichern und Solarabsorber angewendet.

Das Konzept der Miniaturisierung basiert auf Mikro-Prüfkörpern mit erhöhtem Oberfläche/Volumen-Verhältnis, die aus Halbzeugen und Bauteilen entnommen werden können (Wallner et al., 2013). Für die reproduzierbare Fertigung von Mikro-Prüfkörpern mit Dicken zwischen 50 und 500 µm wurden Werkzeuge und automatisierte Bearbeitungsverfahren für Plattenhalbzeuge entwickelt, konstruiert, und implementiert (s. **Abb. 4**). Um das Potenzial der Miniaturisierung voll auszuschöpfen wurden neuartige Vorrichtungen zur Exposition von Mikro-

Prüfkörpern in anwendungsrelevanten Umgebungsmedien (Luft oder Wärmeträgermedien) bei erhöhter Temperatur konzipiert, optimiert und umgesetzt. Für die Positionierung der Prüfkörper wurden Haltevorrichtungen und Lehren für die reproduzierbare Bestückung und Entnahme konstruiert und gebaut. Zudem wurden für Standardwärmeschränke angepasste Druckbehälter mit entsprechenden Dichtungselementen und Schnellverschlüssen für die Lagerung von Mikro- und Standardprüfkörpern in flüssigen Umgebungsmedien konstruiert und gefertigt. Für die Auslegung der Druckbehälter wurden Simulationswerkzeuge für die Temperatur-, Füllstands- und Medien-abhängige Druckentwicklung entwickelt.

Beim Konzept der Konzentrierung wurde der Ansatz der gezielten Anreicherung von Sauerstoff in Luft oder im Wärmeträger verfolgt. Dazu wurden unterschiedliche Konzepte für Hochdruckbehälter (Autoklaven) recherchiert (Schröder et al., 2002 und 2008; Li und Hsuan, 2004), erstellt und bewertet. Das ursprünglich favorisierte Konzept der Temperierung der Autoklaven in Wärmeschränken wurde aus Sicherheitsgründen verworfen. Anstatt dessen wurden Behälter mit direkter Temperierung (über Heizmanschetten) bevorzugt (s. **Abb. 5**). Aus Kostengründen wurden Möglichkeiten für externe Untersuchungen und Kooperationen mit Partnerinstituten ausgelotet und für die Durchführung der beschleunigten Alterungsversuche unter Sauerstoffhochdruck eine Forschungszusammenarbeit mit der Bundesanstalt für Materialprüfung (BAM, Berlin, Deutschland) etabliert.

Für die Beschreibung des Alterungsverhaltens und die Charakterisierung von Standard- und Mikroprüfkörpern wurden konventionelle Prüfmethode (Zugversuch, dynamische Differenzkalorimetrie, Infrarot-Spektroskopie) implementiert und neuartige Analysemethoden (Photolumineszenzspektroskopie, Flüssigkeitschromatographie mit gekoppelten Detektionsverfahren) entwickelt und angewendet (Beissmann et al., 2013a und 2013b; Grabmayer et al., 2014). Auf dem Gebiet der Photolumineszenzspektroskopie wurde eine wissenschaftliche Zusammenarbeit mit der Humboldt-Universität Berlin etabliert. Für die nasschemische qualitative und quantitative Analyse von Stabilisatoren und deren Abbauprodukten wurden Probenaufbereitungsmethoden, Trennverfahren und UV-spektroskopische sowie massenspektrometrische Detektionsmethoden aufgebaut.

Für 5 unpigmentierte Polyolefin-Modellwerkstoffe für Liner von Wärmespeichern und ein polyolefinisches Solarabsorbermaterial wurde bei Alterung an Luft und in Wasser oder Wasser/Glykol-Gemischen gezeigt, dass abhängig vom Werkstoff mit den Ansätzen der Miniaturisierung und der Konzentrierung eine signifikante Beschleunigung der Alterungsprüfungen möglich ist. Aufgrund des ausgezeichneten Alterungsverhaltens der ausgewählten Modellwerkstoffe kam es bei Standard- und Mikro-Prüfkörpern nur bei im Vergleich zur maximalen Anwendungstemperatur von 95 °C erhöhten Alterungsprüftemperaturen von 115 und 135 °C zum globalen Versagen der Prüfkörper innerhalb der maximalen Prüfdauer von bis zu 2 Jahren. Im Gegensatz zu den korrelierenden Alterungsindikatoren (Zeit bis zur Versprödung gemessen im Zugversuch und Anstieg des Carbonylindex aus der Infrarot-Spektroskopie) erlaubten die Kennwerte Oxidationstemperatur, Stabilisatorgehalt und Lumineszenzintensität Aussagen über werkstoffliche Veränderungen in der Induktionsperiode der Alterung, in der die Gebrauchseigenschaften noch nicht signifikant beeinflusst werden. Während die Oxidationstemperatur und der Reststabilisatorgehalt abhängig vom Stabilisierungssystem eine gute Übereinstimmung zeigten (Grabmayer et al., 2014; Povacz et al., 2014), stellte sich die Lumineszenzintensität als ein Alterungsindikator heraus, der insbesondere auf molekulare Veränderungen der Polymerstruktur anspricht und nur indirekt von der Stabilisierung beeinflusst wird (Grabmayer et al., 2014).

Beim Konzept der Miniaturisierung wurde bei Alterung an Luft und 135 °C ein maximaler Beschleunigungsfaktor von lediglich 2 für um den Faktor 40 dünnere Prüfkörper abgeleitet (s. **Abb. 6**; Wallner et al., 2013). Die Beschleunigung war signifikant abhängig vom Werkstoff und war insbesondere für Ruß-gefüllte Solarabsorberwerkstoffe deutlich geringer. Eine abgesicherte Lebensdauervorhersage bei maximalen Anwendungstemperaturen von bis zu 95 °C (in Wärmespeichern und Solarabsorbern in überhitzungsgeschützten Kollektoren) war nicht möglich, da es bei 115 und insbesondere 95 °C zu keinem Versagen der Prüfkörper kam. Im Gegensatz dazu wurden mit dem Konzept der Konzentrierung (Erhöhung des Sauerstoffpartialdruckes bei der

Prüfkörperauslagerung) deutlich höhere Beschleunigungsfaktoren (größer 10) erzielt. Aufgrund eines nicht-linearen Zusammenhangs zwischen Versprödungszeit und Sauerstoffpartialdruck (insbesondere bei Sauerstoffpartialdrücken zwischen 0,2 und 10 bar (s. **Abb. 6**)) und der Tatsache, dass es bei Exposition von Mikro- und Standardprüfkörpern bei 95 °C zu keinem Versagen kam, sind auch beim Konzept der Konzentrierung weiterführende Untersuchungen zur Etablierung von abgesicherten Lebensdauervorsagemodellen unerlässlich.

WP-03: Nationale und europäische Perspektiven für thermische Kollektorsysteme aus Kunststoff – Marktpotential, CO₂-Reduktionspotentiale und volkswirtschaftliche Auswirkungen

Im Rahmen von WP-03 wurden kontinuierlich einerseits die weltweit bereits laufenden Entwicklungen zum Einsatz von Polymerwerkstoffen in solarthermischen Kollektoren recherchiert, andererseits wurde im Rahmen einer internationalen Umfrage bei Kollektorherstellern eine Potentialabschätzung zum Kunststoffeinsatz durchgeführt. Die in vorangegangenen Berichtszeiträumen vorgenommenen Kostenanalysen bei Kollektoren wurden mit neueren Daten aus dem Weltmarkt ergänzt. Des Weiteren wurden die derzeitigen Wärmegestehungskosten der Solarthermie mit jenen anderer Technologien gegenübergestellt. Insbesondere wurde eine von Deutschland ausgehende neue Variante der kombinierten Nutzung der Photovoltaik mit Wärmepumpe in die Betrachtungen mit aufgenommen. Als Gesamtergebnis zeichnet sich ab, dass die Ziel-Systemkosten für ein kunststoffbasierendes Kollektorsystem wie folgt liegen sollten: maximal 500 Euro pro m² für gepumpte Systeme (Kosten derzeitiger Systeme ca. 800-1000 Euro); unter Berücksichtigung der weiteren Kostenreduzierung in der Photovoltaik sollten die künftigen Wärmegestehungskosten für Kunststoffkollektorsysteme in Europa bei unter 6 Cent/kWh liegen. Für diese Zielkosten wurden entsprechende Vorgaben für die maximalen Materialkosten bei Kunststoffen abgeleitet. Diese liegen bei max. 6 Euro/kg, wobei derzeitige Hochtemperaturkunststoffe in der Regel bei 10 Euro/kg und darüber liegen. Dennoch haben diese Kostenanalysen in den Gesprächen mit Materialherstellern bereits zu potenziellen Lösungsansätzen geführt, die diese Zielkostenpreise für machbar erscheinen lassen. Damit wurden wichtige Voraussetzungen für die Entwicklungen in *SolPol-2* geschaffen.

Der Schwerpunkt der Arbeiten in WP-03 lag in der Analyse potentieller, langfristiger Entwicklungspfade eines forcierten Ausbaues der Solarthermie in Österreich und der EU 27. Ausgehend von Solarthermie-Szenarien der European Solar Thermal Industry Federation (Weiss und Biermayr, 2009), die wiederum auf ursprünglich von Weiss und Biermayr abgeschätzten unterschiedlichen potentiellen Entwicklungspfaden basieren und mit 2006 beginnen (Weiss und Biermayr, 2008), wurden zunächst unter Berücksichtigung der tatsächlichen Solarthermie-Marktentwicklung bis inklusive 2012, neue Szenarien sowohl für Österreich als auch die EU 27 als mögliche Entwicklungspfade definiert. Während das "Business-as-Usual (BAU)"-Szenarium von ESTIF als wahrscheinlicher/möglicher Entwicklungspfad ohne die Markteinführung neuartige Kunststoff-Kollektorsysteme beibehalten wurde, wurden zwei neue Szenarien als "Lower Bound (LB)"- und "Upper Bound (UB)" mit Berücksichtigung neuartige Kunststoff-Kollektorsysteme definiert (jeweils für Österreich und EU 27; s. **Abb. 7 und 8**). Wichtige Annahmen dafür waren wie folgt:

- Zum aktuellen Zeitpunkt sind ESTIF-Szenarien mit der Bezeichnung AMD (Advanced Market Deployment) und RDP (Research, Development and Policy) um jeweils etwa 10-15 Jahre auf der Zeitachse in Richtung künftiger Zeiten zu verschieben.
- Bis 2050 sollten die neuen LB- und UB-Szenarien wieder mit den ESTIF-Szenarien AMD und RDP zusammen fallen.
- Aus den beiden vorangehenden Punkten leiten sich für die Kunststoff-getriebenen LB- und UB-Szenarien deutlich höhere (2-stellige!) Wachstumsraten insbesondere im Zeitraum 2020-2040 ab, die in eine kontinuierliche funktionale Form überführt wurden um weitere Szenarien-Berechnungen vereinfacht durchführen zu können.

Für die weiteren Berechnungen wurden zunächst insgesamt 6 “repräsentative” Kollektor-Typen inkl. deren charakteristische Leistungsmerkmale wie folgt definiert:

- 2 Referenz-Kollektoren gemäß dem Stand der Technik
 - Selective Flat Plate Kollektor (SFP)
 - Thermosyphon Kollektor (TS)
- 4 Kunststoff-Kollektoren die dem Fokus der F&E-Arbeiten von *SolPol-2* bzw. *SolPol-4/5* entsprechen
 - High-Performance Polymer Collector (KST-HP)
 - Medium-Performance Polymer Collector (KST-MP)
 - Large Area Film Polymer Collector (KST-LAF)
 - Polymer Thermosiphon Collector (KST-MP)

Für die neu definierten (adaptierten) LB- und UB-Szenarien wurden dann unter geeigneten Annahmen der Marktverfügbarkeit und Marktdiffusion der obigen Kunststoff-Kollektorvarianten bei gleichzeitiger Berücksichtigung der Entwicklungen für den Niedertemperatur-Wärmebedarf für Österreich und die EU 27 im Zeitraum bis 2050 folgende Daten ermittelt:

- Anteil der Solarthermie am Niedertemperatur-Wärmebedarf (gesamt)
- Installierte Kollektorfläche und Kapazität (gesamt)
- Anteil der Kunststoff-Kollektoren
- Auswirkungen auf CO₂-Emissionen

Aus den Solarthermie-Szenarien für Kunststoffkollektoren für Österreich wurden schließlich noch volkswirtschaftliche Parameter und Folgewirkungen abgeleitet wie die jährlich anfallenden Investitionskosten, sowie die sonstigen Wertschöpfungs- und Beschäftigungswirkungen.

3 Wesentliche Schlussfolgerungen von *SolPol-1*

Da die wesentlichen übergeordneten technisch/technologisch-wissenschaftlichen Schlussfolgerungen aus den Projektergebnissen bereits in den vorangehenden Abschnitten beschrieben sind, werden in der Folge lediglich die darüber hinausgehende Erkenntnisse und Schlussfolgerungen im Kontext der weiteren Nutzung der Projektergebnisse entweder durch einzelne Projektpartner oder durch das gesamte Projektkonsortium bzw. auch durch Zielgruppen jenseits des Projektkonsortiums behandelt.

Die in diesem Kontext wohl wichtigste Schlussfolgerung ergibt sich aus WP-03 unter Berücksichtigung des Vergleichs und der Analyse der Kostenentwicklung und Marktentwicklung in der Solarthermie und der Photovoltaik (letztere zur Wärmebereitstellung in Kombination mit einer Wärmepumpe) in den letzten 10 Jahren und insbesondere in den letzten 4 Jahren seit Antragstellung. So kann eine Neubelebung des aktuell stagnierenden bzw. sogar rückläufigen Solarthermiemarktes in Österreich und Europa nur durch eine zumindest 50 %-Reduktion der Gesamtkosten eines Solarthermiesystems für Endkunden gelingen. Berücksichtigt man, dass derzeit die Kollektorkosten von gepumpten solarthermischen Systemen bei etwa 10-20 % der Gesamtsystemkosten für Endkunden liegen (die Kollektorherstellungskosten liegen sogar unter 10 % der Endkundensystemkosten) wird deutlich, dass das Kostenreduktionsziel nur durch eine umfassende Optimierung des Gesamtsystems bei gleichzeitiger Realisierung hoch-integrierter “Plug&Function“-Elemente (Komponenten und Baugruppen) mit deutlich reduziertem Installationsaufwand zu bewerkstelligen ist. Wesentliche weitere Merkmale derartiger Systeme sind eine hohe Funktionsfähigkeit bei gleichzeitiger Einfachheit, hohe Robustheit und Qualität sowie attraktives und möglichst multifunktionales Design. Die genannten Attribute auf Gesamtsystemebene zu erreichen

ist die zentrale Herausforderung künftiger Innovationen und damit auch der bestimmende Faktor zur Wiederbelebung des europäischen Solarthermiemarktes. Die Projektpartner sind mehr denn je überzeugt, und diese Erkenntnis wurde im Projektverlauf nochmals deutlich erhärtet, dass Kunststoffen und Polymertechnologien, und damit der Polymerwissenschaft und der Kunststoffwirtschaft, bei der Umsetzung zur Erreichung dieser Ziele eine Schlüsselrolle zukommt.

Wichtige technisch-wissenschaftliche Voraussetzungen um diese Schlüsselrolle über zielgerichtete Forschung und Entwicklung und daraus entstehenden Kunststoff-Innovationen einnehmen zu können, wurden über die Arbeitspakete WP-01 und WP-02 geschaffen. Wie weiter oben bereits dargelegt stehen über die Ergebnisse dieser beiden Arbeitspakete folgende "Haupt-Deliverables" (Instrumente, Datensätze und Methoden) zur Verfügung:

- Rechnergestützte Modellierungs- und Simulationswerkzeuge zur Ableitung von Anforderungsprofilen an Kunststoffe für solarthermische Kollektoren Kollektorsysteme unterschiedlicher Systemkonfiguration und für weltweit repräsentative Klimazonen, inkl. der wohl national und international umfassendsten Datenbank zu Anforderungsprofilen für Kunststoff-Kollektoren sowohl auf der Komponenten/Bauteil-Ebene als auch auf der Werkstoff-Ebene.
- Eine aussagekräftige Prüfmethode basierend auf einem implementierten Mix an Prüfmethoden zur stark beschleunigten Untersuchung potenzieller Werkstoffkandidaten und neuer Werkstoffformulierungen für eine effiziente einsatz-, system- und komponentenspezifische Werkstoffvorauswahl.

Diese zentralen Ergebnisse werden wie im vorangehenden Abschnitt angemerkt, aktuell bereits intensiv in den einzelnen Arbeitspaketen von *SolPol-2* genutzt.

Weiter in die Zukunft reichend wurde basierend auf den zentralen Erkenntnissen zur Marktentwicklung und zu den Marktanforderungen für den Bereich der Solarthermie 09/2013 im Förderprogramm e!MISSION.at das Nachfolge-Forschungsvorhaben *SolPol-4/5* als "Leitprojekt" eingereicht. *SolPol-4/5* baut sowohl auf Erkenntnisse des Grundlagenforschungsprojektes *SolPol-1* als auch auf Ergebnisse von dem sich in der Abschlussphase befindlichen industriellen Forschungsprojekt *SolPol-2* auf. Wesentliche Eckdaten des Leitprojektes *SolPol-4/5* sind (Fördergenehmigung erteilt, derzeit in Vertragsverhandlung):

Projekttitel: *"Solar-thermal Systems Based on Polymeric Materials: Novel Pumped and Non-pumped Collector Systems"*

Gesamtbudget: 6,6 Mio. EURO (beantragte Förderung: 4,7 Mio. EURO)

Laufzeit: 4 Jahre

Konsortium: 7 wissenschaftliche Partner, 10 Unternehmenspartner

4 Ausblick und Empfehlungen

Thermische Kollektoren und Kollektorsysteme werden derzeit in aufwändigen und kostenintensiven Fertigungsprozessen aus einer Vielzahl unterschiedlicher Materialien mit einem vergleichsweise geringen Kunststoffanteil gefertigt. Während in Europa im Bereich der Solarthermie die Marktentwicklung für die vornehmlich eingesetzten gepumpten Flachkollektorsysteme derzeit stagniert bzw. sogar rückläufig ist, nimmt weltweit aufgrund nach wie vor guter Wachstumsraten die Bedeutung und der Anteil nichtgepumpter Systeme, die als Thermosiphon- oder integrierte Speicherkollektoren ausgeführt sind, zu.

Wie an anderer Stelle in diesem Bericht bereits hervorgehoben, sind die Ergebnisse von *SolPol-1* eine wichtige Voraussetzung und wesentlicher Meilenstein für eine effiziente und zielgerichtete industrielle Forschung und Weiterentwicklung auf dem Gebiet der Solarthermie (z.B. in *SolPol-2*) aber auch für die Etablierung und Marktdurchdringung von künftigen, durchgängig optimierten solarthermischen Systemen in Kunststoffbauweise.

Wie im Forschungsantrag zu *SolPol-4/5* ausführlich dargelegt, liegt die technisch-wissenschaftliche Herausforderung künftiger FuE-Arbeiten unter Berücksichtigung globaler Marktbedürfnisse in der Entwicklung von gepumpten und nichtgepumpten Systemen in Vollkunststoffbauweise bzw. mit einem hohen Kunststoffanteil, die sich durch folgende Merkmale auszeichnen:

- hoher Vorfertigungsgrad und optimierte Funktionsintegration,
- Reduzierung des Kollektorgewichts und einfache Montage (plug&function),
- hohe Zuverlässigkeit und Lebensdauer,
- attraktiveres Design, sowie
- reduzierte Kosten/Preise bzw. besseres Kosten/Nutzen-Verhältnis.

Als wirtschaftliche und ökologische Zielsetzungen können dadurch einerseits neue Impulse für die Belebung des europäischen und insbesondere auch des österreichischen Marktes für die solare Warmwasserbereitung und Raumheizung mit deutlicher Reduktion von Treibhausgasemissionen gesetzt werden, andererseits kann gleichzeitig die Position der österreichischen Solarthermieindustrie am Weltmarkt gestärkt werden.

Literatur

Beissmann S., Stiftinger M., Grabmayer K., Wallner G.M., Nitsche D., Buchberger W. (2013a): Monitoring the degradation of stabilization systems in polypropylene during accelerated aging tests by liquid chromatography combined with atmospheric pressure chemical ionization mass spectrometry, *Polymer Degradation and Stability*, 98, 1655-1661 (2013)

Beissmann S., Reisinger M., Toelgyesi L., Klampfl C.W., Buchberger W. (2013b): Fast screening of stabilizers in polymeric materials by flow injection-tandem mass spectrometry, *Analytical and Bioanalytical Chemistry*, 405, 6879-6884 (2013)

Gijssman P. (1994): The Long-Term Stability of Polyolefins, Dissertation, Technische Universität Eindhoven, NL (1994)

Grabmayer K., Wallner G.M., Beissmann S., Schlothauer J., Steffen R., Nitsche D., Röder B., Buchberger W., Lang R. W. (2014): Characterization of the Aging Behaviour of Polyethylene by Luminescence Spectroscopy, *Polymer Degradation and Stability*, eingereicht (2014)

Hausner R., Fink C., Wagner W., Riva R. (2013): Endbericht zum Projekt „Entwicklung von thermischen Solarsystemen mit unproblematischem Stagnationsverhalten“, AEE INTEC, Institut für Nachhaltige Technologien, Gleisdorf, Österreich (2013)

Kaiser A., Fink C., Hausner R., Ramschak T., Streicher W. (2013a): Erneuerbare Energie, ee 1-13, 12-17 (2013)

Kaiser A., Fink C., Hausner R., Ramschak T., Streicher W., Lang R. W., Wallner G. (2013b): OTTI - 23. SYMPOSIUM THERMISCHE SOLARENERGIE, Bad Staffelstein, Deutschland (2013)

Kahlen S., Wallner G.M., Lang R.W. (2012): Structural Polymeric Materials – Aging Behavior of Solar Absorber Materials, in: *Polymeric Materials for Solar Thermal Application* (eds: Köhl, M., Meir, M.G., Papillon, P., Wallner, G.M., Saile, S.), WILEY-VCH, 243-252 (2012)

Lang R. W., Wallner G. M., Fischer J. (2011): Erneuerbare Energie, ee 1-11, 9-11 (2011)

Lang R. W., Wallner G. M., Fischer J. (2013): Erneuerbare Energie, ee 1-13, 7-11 (2013)

Li M., Hsuan Y.G. (2004): Geotextiles and Geomembranes, 22, 511-530 (2004)

Mantell S.C., Davidson J.H. (2012): Polymer Durability for Solar Thermal Applications, in: Polymeric Materials for Solar Thermal Application (eds: Köhl, M., Meir, M.G., Papillon, P., Wallner, G.M., Saile, S.), WILEY-VCH, 187-207 (2012)

Mathner F., Weiss W. (2013): Solar Heat Worldwide – Markets and Contribution to the Energy Supply 2011, IEA SHC Edition (2013)

Povacz M., Wallner G.M., Beissmann S., Grabmayer K., Buchberger W., Lang R. W. (2014): Aging behaviour of black pigmented polypropylene materials for solar thermal absorbers, Solar Energy, eingereicht (2014)

Schröder H.F., Zeynalov E.B., Bahr H., Rybak T. (2002): Polymers & Polymer Composites, 10, 73 (2002)

Schröder H.F., Munz M., Böhning M. (2008): A New Method for Testing and Evaluating the Long-Term Resistance to Oxidation of Polyolefinic Products, Polymers & Polymer Composites, 16, 71-79 (2008)

Wallner G. M., Grabmayer K., Beissmann S., Schobermayr H., Buchberger W., Lang R. W. (2013): Erneuerbare Energie, ee 1-13, 18-20 (2013)

Weiss W., Biermayr P. (2008): Potential of Solar Thermal in Europe, Report prepared within the framework of the EU-funded project RESTMAC, Brussels (2008)

Weiss W., Biermayr P. (2009): Potential of Solar Thermal in Europe, European Solar Thermal Industry Federation (ESTIF) (2009)

ANHANG:

Zusammenstellung der Tabellen und Abbildungen

Tabelle 1: Daten und Fakten zu den Forschungsvorhaben *SolPol-1* und *SolPol-2* (teilweise aggregiert).

Projektleitung	<i>Leiter:</i> O. Univ.-Prof. Dr. Reinhold W. Lang <i>Stv. Leiter:</i> Ao. Univ.-Prof. Dr. Gernot Wallner <i>Administration</i> <i>Manager:</i> Dr. Jörg Fischer <i>Institut für Polymerwerkstoffe und Prüfung (IPMT), Johannes Kepler Universität Linz (JKU)</i> solpol1@jku.at, solpol2@jku.at www.jku.at/ipmt; www.solpol.at
Budget	Gesamtbudget: € 5,1 Mio. <i>SolPol-1:</i> € 0,7 Mio. <i>SolPol-2:</i> € 4,3 Mio.
Laufzeit	10/2009-04/2014
9 Wissenschaftliche Partner	▪ Arbeitsgemeinschaft Erneuerbare Energie - Institut für Nachhaltige Technologien (AEE-INTEC) ▪ JKU - Institut für Analytische Chemie (JKU-IAC) ▪ JKU - Institut für Chemie der Polymere (JKU-ICP) ▪ JKU - Institut für Chemische Technologie Organischer Stoffe (JKU-CTO) ▪ JKU - Institut für Polymer-Spritzgießtechnik und Prozessautomatisierung (JKU-IPIM) ▪ JKU - Institut für Polymerwerkstoffe und Prüfung (JKU-IPMT) ▪ Kunstuniversität Linz, Institut für Raum und Design, Abteilung Industrial Design (UFG-ID) ▪ Universität Innsbruck, Lehrstuhl für Energieeffiziente Gebäude und Erneuerbare Energie (UIBK-EGEE) ▪ Österreichisches Institut für Wirtschaftsforschung (WIFO)
9 Unternehmenspartner	▪ AGRU Kunststofftechnik GmbH (AGRU) ▪ APC Advanced Polymer Compounds (APC) ▪ Borealis AG (Borealis) ▪ ENGEL Austria GmbH (ENGEL) ▪ Greiner Technology & Innovation GmbH (Greiner) ▪ KE KELIT Kunststoffwerk Gesellschaft m.b.H. (KE KELIT) ▪ Lenzing Plastics GmbH (Lenzing) ▪ Schöfer GmbH (Schöfer) ▪ Sunlumo Technology GmbH (Sunlumo)

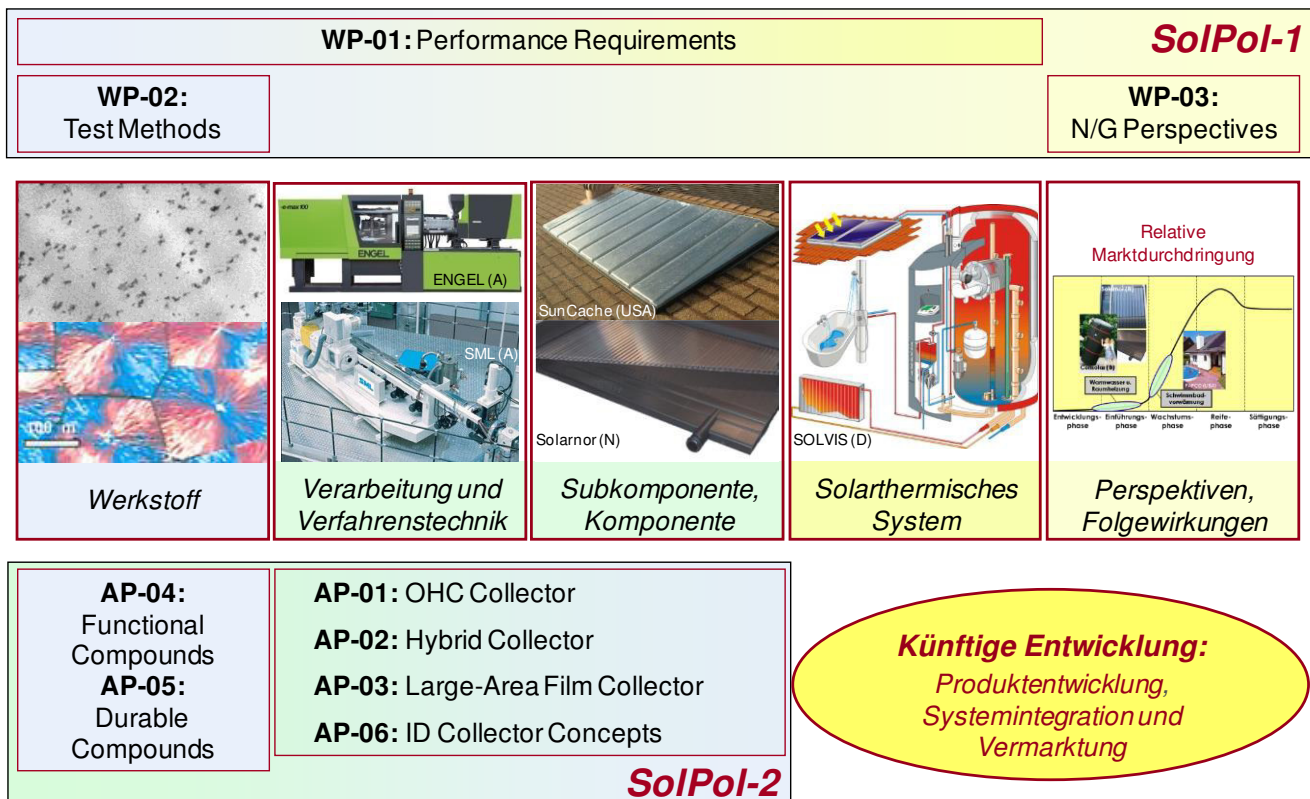


Abb. 1: Das Forschungsprogramm von *SolPol-1* und *SolPol-2* mit Positionierung der Arbeitspakete entlang der Wertschöpfungskette; Quelle: JKU-IPMT

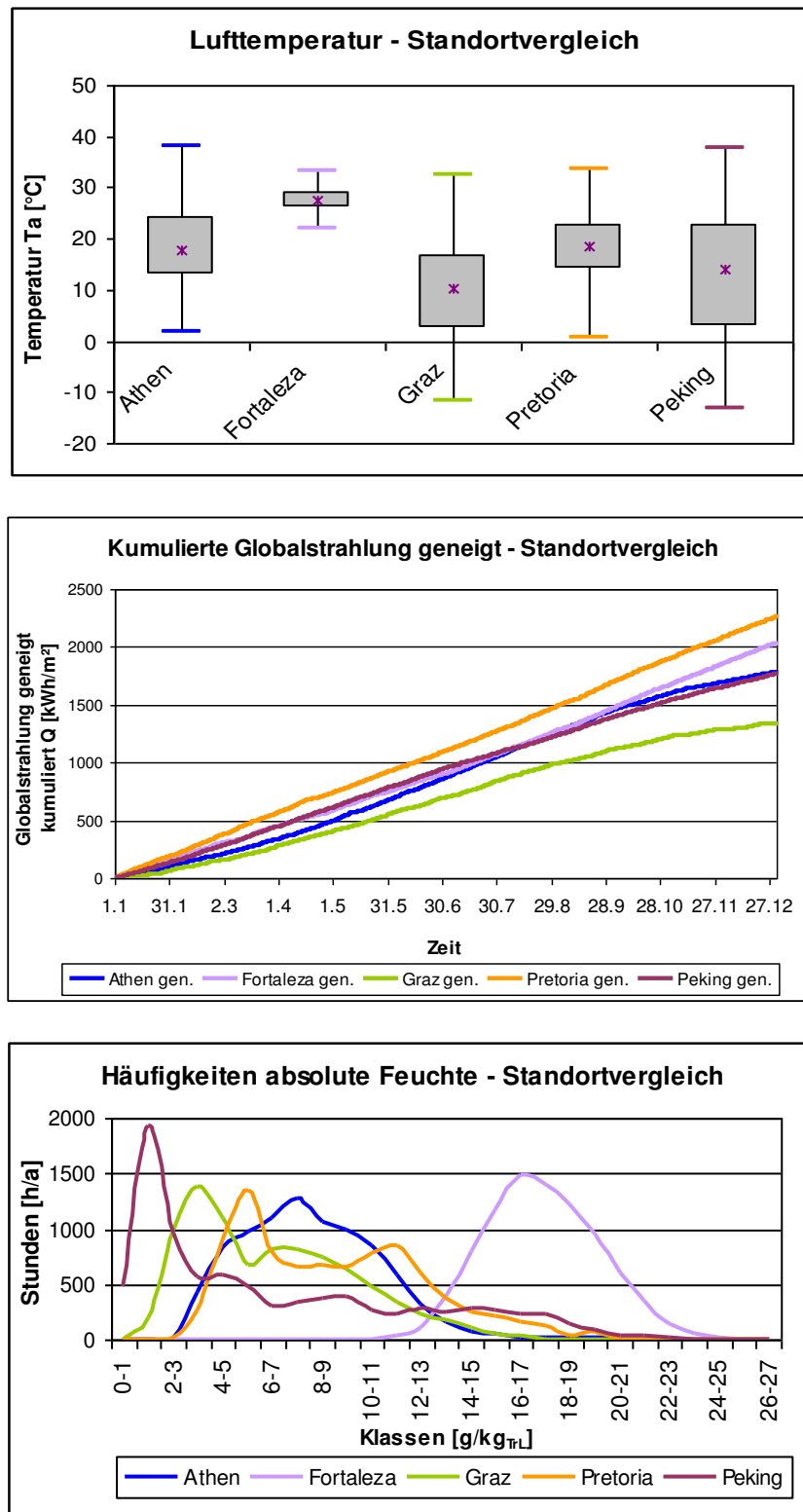


Abb. 2: Klima-Kenndaten (Lufttemperaturen, relative Luftfeuchte, globale Einstrahlung), die für die Eigenschaften von Kunststoffen von Bedeutung sind (Referenzstandorte: Graz/AT – kontinental; Athen/GR – mediterran; Pretoria/ZA – heiß-trocken; Fortaleza/BR – heiß-feucht; Peking/CN – gemäßigt); Quelle: AEE INTEC

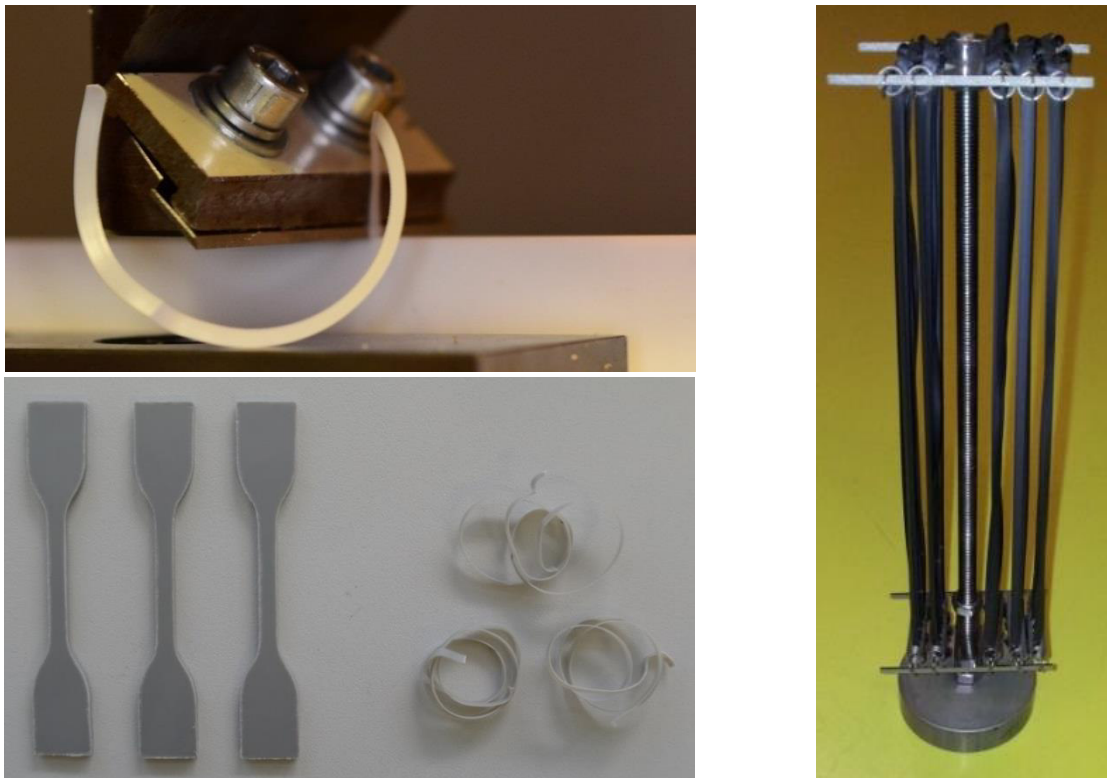


Abb. 4: Hobelwerkzeug für die automatisierte Fertigung von spanförmigen Mikro-Prüfkörpern (oben links), Gegenüberstellung von Makro- und Mikroprüfkörpern (unten links) und Vorrichtung zur Positionierung von Mikro-Prüfkörpern in zylindrischen Druckbehältern (rechts); Quelle: JKU-IPMT



Abb. 5: Autoklaven zur Lagerung in Wasser bei variierbarem Sauerstoff-Partialdruck; Quelle: Dr. Ulrike Braun, BAM Berlin/D

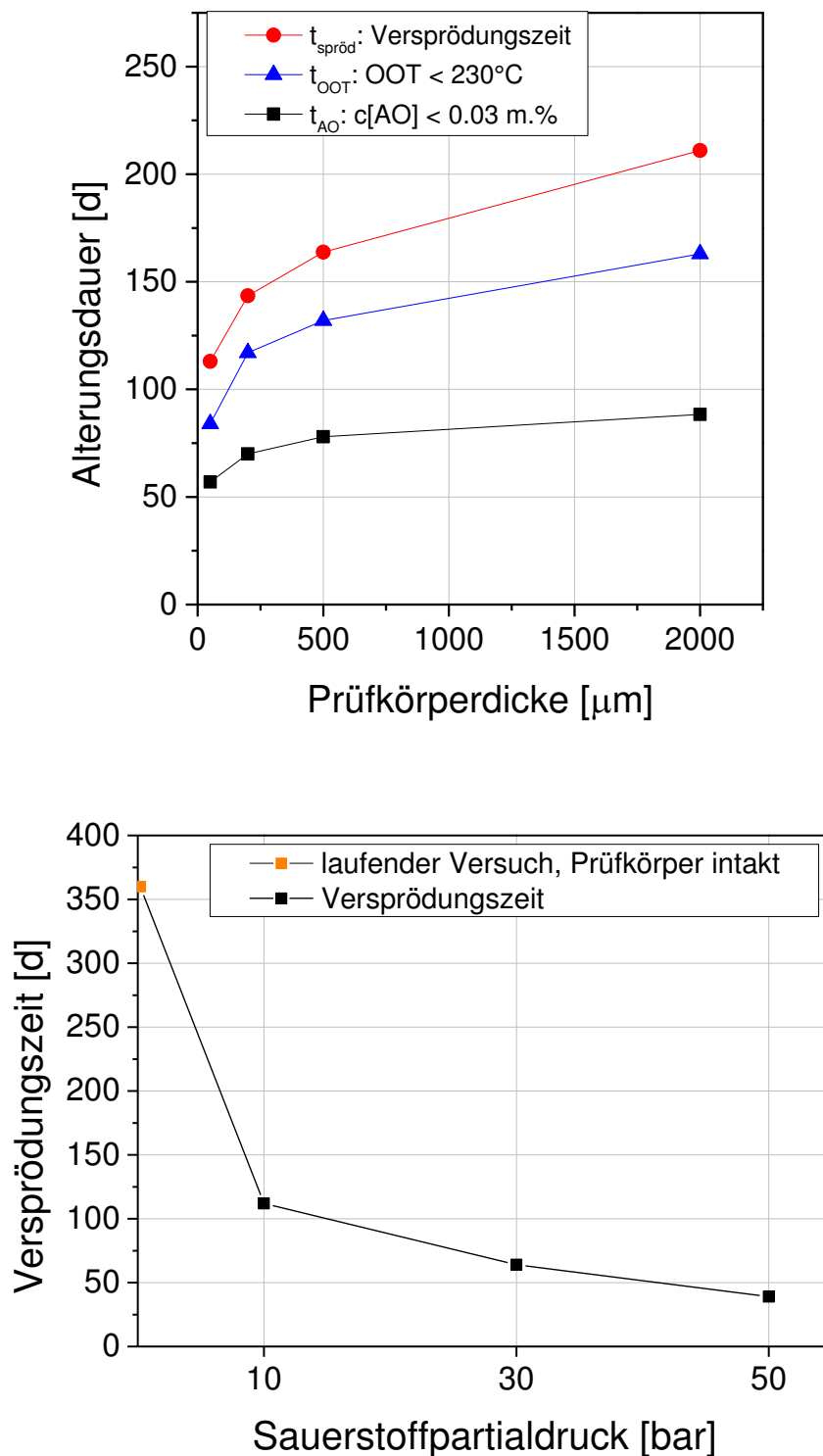


Abb. 6: Alterungsindikatoren Versprödungszeit, Oxidationstemperatur und Antioxidationsgehalt für einen Modellwerkstoff nach Alterung bei 135 °C Luft in Abhängigkeit von der Prüfkörperdicke (oben); Abhängigkeit der Versprödungszeit vom Sauerstoffpartialdruck bei 95 °C Wasseralterung für Makro-Prüfkörper eines Liner-Materials (unten); Quelle: JKU-IPMT

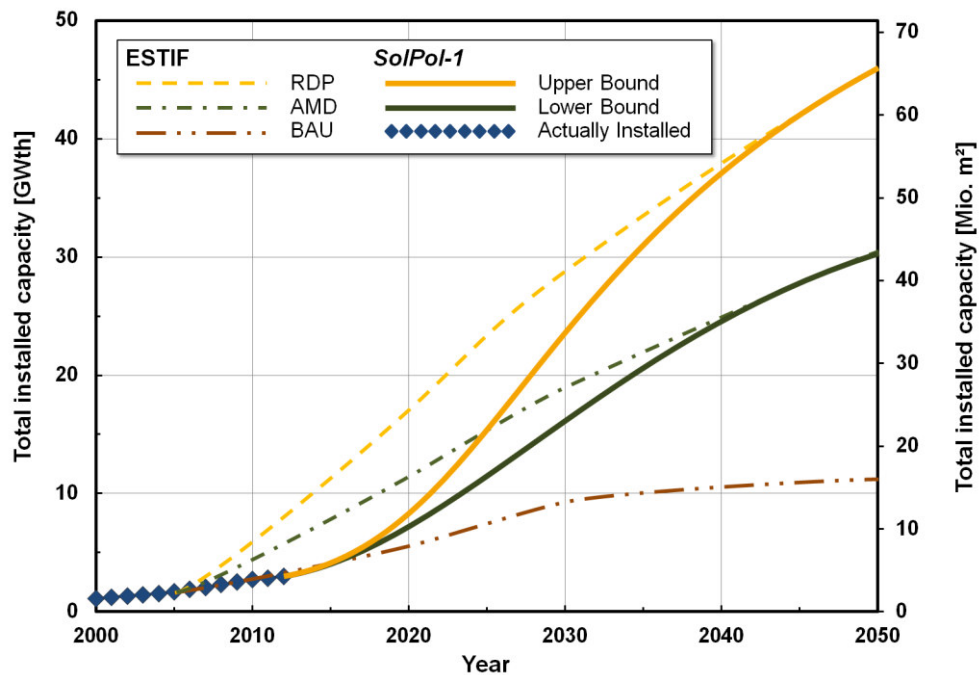


Abb. 7: Gegenüberstellung der ursprünglichen ESTIF-Szenarien und der adaptierten Lower Bound (LB) und Upper Bound (UB) Szenarien aus WP-03 von *SolPol-1* für Österreich; Quelle: JKU-IPMT

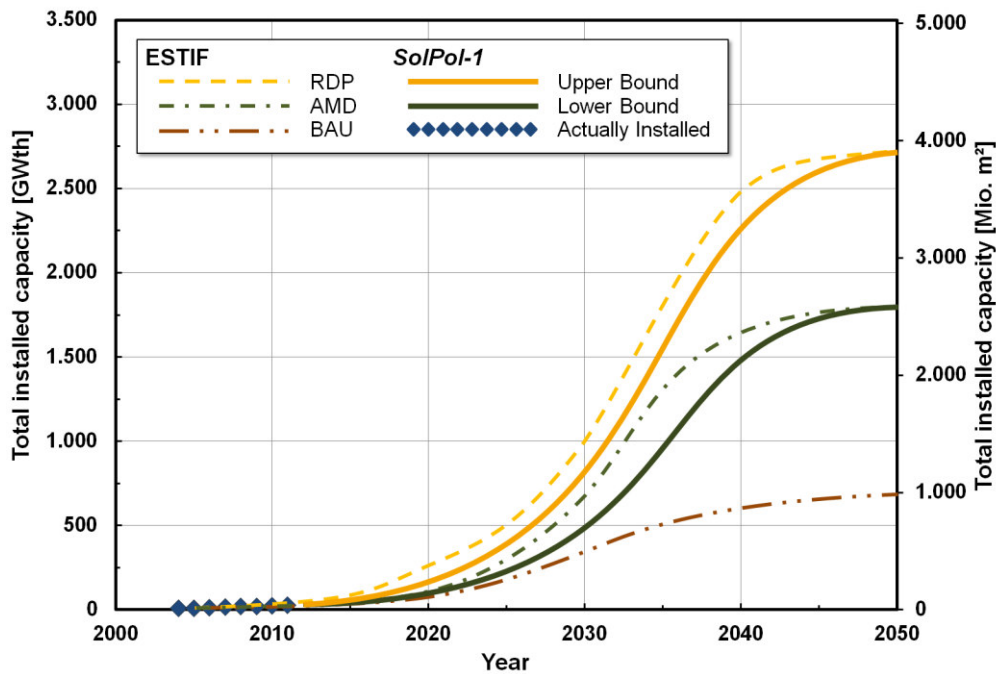


Abb. 8: Gegenüberstellung der ursprünglichen ESTIF-Szenarien und der adaptierten Lower Bound (LB) und Upper Bound (UB) Szenarien aus WP-03 von *SolPol-1* für EU 27; Quelle: JKU-IPMT

IMPRESSUM

Verfasser

Johannes Kepler University Linz –
Institute of Polymeric Materials and Testing

Reinhold W. Lang
Altenberger Straße 69 , 4040 Linz
Tel: +43 732 2468 6610
Fax: +43 732 2468 6613
E-Mail: ipmt@jku.at
Web: www.jku.at/ipmt

Projektpartner

- AEE - Institut für Nachhaltige Technologien (AEE-INTEC)
- JKU - Institut für Analytische Chemie (JKU-IAC)
- JKU - Institut für Polymerwerkstoffe und Prüfung (JKU-IPMT)
- Universität Innsbruck – Institut für Konstruktion und Materialwissenschaften (UIBK-EGEE)
- Österreichisches Institut für Wirtschaftsforschung (WIFO)

Eigentümer, Herausgeber und Medieninhaber

Klima- und Energiefonds
Gumpendorfer Straße 5/22
1060 Wien
office@klimafonds.gv.at
www.klimafonds.gv.at

Disclaimer

Die Autoren tragen die alleinige Verantwortung für den Inhalt dieses Berichts. Er spiegelt nicht notwendigerweise die Meinung des Klima- und Energiefonds wider.

Der Klima- und Energiefonds ist nicht für die Weiternutzung der hier enthaltenen Informationen verantwortlich.

Gestaltung des Deckblattes

ZS communication + art GmbH