

# Energieforschungsprogramm

## Publizierbarer Endbericht

**Programmsteuerung:**

Klima- und Energiefonds

**Programmabwicklung:**

Österreichische Forschungsförderungsgesellschaft mbH (FFG)

Endbericht

erstellt am

15/09/2021

## SolarAutomotive

# Solare Prozesswärme für die Automobil- und Zulieferindustrie

Projektnummer: 848925

# Energieforschungsprogramm - 1. Ausschreibung

Klima- und Energiefonds des Bundes – Abwicklung durch die Österreichische Forschungsförderungsgesellschaft FFG

Der vorliegende Endbericht ist in Absprache mit dem Fördergeber in Kombination mit dem erstellten Leitfaden (Projektbroschüre) als der publizierbare Endbericht zu sehen.

Ausschreibung	1. Ausschreibung Energieforschungsprogramm
Projektstart	01.05.2016
Projektende	30.09.2020
Gesamtprojektdauer (in Monaten)	53 Monate
ProjektnehmerIn (Institution)	AEE – Institut für Nachhaltige Technologien (AEE INTEC)
AnsprechpartnerIn	Jürgen Fluch
Postadresse	Feldgasse 19, 8200 Gleisdorf
Telefon	+43 3112 5886 454
Fax	+43 3112 5886 18
E-mail	<a href="mailto:j.fluch@aee.at">j.fluch@aee.at</a>
Website	<a href="http://www.aee-intec.at">www.aee-intec.at</a>

# SolarAutomotive

## Solare Prozesswärme für die Automobil- und Zulieferindustrie

### AutorInnen:

Jürgen Fluch, Sarah Meitz, Wolfgang Gruber-Glatzl  
(AEE – Institut für Nachhaltige Technologien / AEE INTEC)

Robert Söll, Moritz Schubert  
(SOLID Solar Energy Systems GmbH)

Klaus Lutschounig, Gerhard Rabensteiner  
(KPV Solar GmbH)

Felix Pag, Bastian Schmitt, Florian Schlosser, Michael Mai, Eberhard Jochem  
(deutsches Konsortium)

Das österreichische Konsortium:



mit Unterstützung der deutschen Projektpartner:



Gefördert durch



## 1 Inhaltsverzeichnis

1	Inhaltsverzeichnis .....	4
2	Einleitung .....	5
2.1	Aufgabenstellung .....	5
2.2	Schwerpunkte des Projektes .....	5
2.3	Einordnung in das Programm .....	6
2.4	Verwendete Methoden .....	6
2.5	Aufbau der Arbeit .....	7
3	Inhaltliche Darstellung .....	7
3.1	Ergebnisse der Prozessanalysen in ausgewählten Zielgruppen .....	7
3.1.1	Prozessanalysen .....	7
3.1.2	Datenbank/Wiki-Efficiency-Finder .....	12
3.2	Einbindung von Solarwärme .....	16
3.2.1	Klassifizierung industrieller Wärmesenken .....	16
3.3	Machbarkeit und Vorauslegung .....	18
3.4	Leitfaden „Solare Prozesswärme“ .....	19
4	Ergebnisse und Schlussfolgerungen .....	20
5	Ausblick und Empfehlungen .....	22
6	Literaturverzeichnis .....	24
7	Abkürzungsverzeichnis .....	24
8	Anhang .....	25
8.1	Fragenbogen für Unternehmen .....	25
8.2	Fließschemen .....	27
8.3	Fact-Sheets .....	32
9	Kontaktdaten .....	45

## 2 Einleitung

Die Dekarbonisierung des Prozesswärmebedarfs ist einer der größten Herausforderungen im Rahmen der notwendigen Wärmewende bis 2050. Bisher fokussierten sich die Anstrengungen der Energiewende auf dem Stromsektor, wo bereits bedeutende Erfolge durch ein erhebliches Marktwachstum und große Mengen-Kosten-Degressionen von Wind- und PV-Strom erreicht wurde. Für die Erreichung der Klimaziele muss jedoch dem bis-her starkvernachlässigten Wärmesektor eine größere Aufmerksamkeit zukommen. Während im Stromsektor der Anteil erneuerbare Energien Jahr für Jahr steigt, stagniert der Wärmesektor und ist teilweise sogar rückläufig (AGEE, 2019). Im Hinblick auf die Dekarbonisierung des Wärmebedarfs besteht ein signifikanter Unterschied zum Stromsektor hinsichtlich der investierenden Akteure. Während aus Sicht der Endenergieverbraucher der bezogene Netzstrom von Jahr zu Jahr durch andere Investoren in der Energiewirtschaft grüner wird und mit weniger CO<sub>2</sub>-Emissionen belegt ist, muss der Wärmenutzer (z.B. die Industriebetriebe) für die Dekarbonisierung aufgrund der wirtschaftlich begrenzten Transportfähigkeit von Wärme eigenständig aktiv werden.

### 2.1 Aufgabenstellung

Solare Prozesswärme hat großes Potenzial einen wichtigen Beitrag für die Energie- und Klimaziele der österreichischen Bundesregierung zu liefern. Allerdings gibt es Umsetzungsbarrieren, was vor allem fehlende Kenntnis zu intelligenten Integrationsmöglichkeiten und möglichen vorgeschalteten Optimierungen betrifft. Zudem besteht ein Kostensenkungspotenzial bei Planung und Umsetzung von SHIP Anlagen (Solar Heat for Industrial Processes). Mit diesem Hintergrund machte es sich das Projekt SolarAutomotive, als binationales Projekt zwischen Österreich und Deutschland, zur Aufgabe **(1)** Umsetzungsbarrieren solarer Prozesswärme zu beseitigen bzw. zu verringern, **(2)** das Informationsdefizit zu den Einsatzmöglichkeiten solarer Prozesswärme zu beseitigen sowie **(3)** Demonstrationsanlagen zu initiieren.

### 2.2 Schwerpunkte des Projektes

Der Schwerpunkt des Projektes liegt auf der Automobil- und Zuliefererindustrie. Diese ist laut ACEA (2017) einer der wichtigen Wirtschaftszweige innerhalb der Europäischen Union mit einem Anteil von mehr als 10 % an der Beschäftigung im produzierenden Gewerbe in der Europäischen Union und etwa 4 % des europäischen Bruttoinlandsprodukts. Viele für die Branche typischen Prozesse sind aufgrund der Prozessanforderungen (insbesondere im Hinblick auf das Temperaturniveaus) sehr gut geeignet, um mit solarer Prozesswärme versorgt zu werden. Da die Kfz-Branche selbst sehr endkundennah ist, könnte eine Vorreiterrolle mit Richtung "grüne" Produktion als Vorbild für die gesamte europäische Investitions- und Gebrauchsgüter-Industrie sowie die Nahrungsmittel- und pharmazeutische Industrie dienen und ein Schlüssel für die Marktakzeptanz von nachhaltigen Technologien wie der Solarthermie sein.

## 2.3 Einordnung in das Programm

Das Projekt behandelte prioritär den Schwerpunkt Erneuerbare Energieträger im Subschwerpunkt Solarthermie. SHIP ist eine Schlüssel-Technologie um sowohl die Lebens- und Umweltbedingungen in Österreich zu verbessern als auch die Wettbewerbsfähigkeit zu erhöhen – beides Ziele der österreichischen Energieforschung.

In der Automobil- und Zulieferindustrie gibt es großes Potenzial erneuerbare Wärme einzusetzen. Die Integration von solarer Prozesswärme muss mit angepassten, branchenspezifischen Konzepten zur Wahl des richtigen Integrationspunktes gefördert werden. Das Hervorzeigen von Best-Practise-Examples wird den Sektor dazu animieren, weitere solarthermische Anlagen in Betrieb zu nehmen. Die Turnkey-Kosten von SHIP Anlagen (SHIP: Solar heat for industrial processes) werden durch bessere und schnellere Planungstools sowie bessere Kenntnisse über mögliche Prozessadaptionen und Solar-Integrationspunkte reduziert. So werden die beiden exportstarken, österreichischen Sektoren Solarthermie und Automotive gestärkt, der Standort Österreich gekräftigt und neue Märkte in Drittländer eröffnet. Der hier im Projekt verfolgte Ansatz wird von den Projektpartnern konsequent weiterverfolgt: Energiekosten können gesenkt werden, indem die Integration von Solarer Prozesswärme am richtigen Integrationspunkt, mit den richtigen physikalischen Parametern, mit der richtigen Kollektor-Technologie und vor allem mit angepassten, innovativen Prozesstechnologien erfolgt. Durch die Entwicklung von branchenspezifischen Produktionsprozess-Analysen, Solar-Anlagenkonzepten und computerunterstützten Werkzeugen wurde die Multiplizierbarkeit solcher Anlagen vorbereitet und deren Umsetzbarkeit in Machbarkeitsanalysen und Best-Practise-Examples aufgezeigt.

## 2.4 Verwendete Methoden

Die Automobilbranche (einschließlich der Zulieferindustrie) ist durch eine technologische Vielfalt gekennzeichnet, bietet aber gerade dadurch großes Übertragungspotential neuer Erkenntnisse in andere Branchen. Basierend auf Datensätzen sowie Fragebögen (siehe Anhang) aus der Automobil- und Zulieferer-Industrie wurde eine Zielgruppen- und Potentialanalyse durchgeführt. Im Rahmen des Projektes wurden 12 Subbranchen der Automobil- und Zulieferindustrie identifiziert und betrachtet. Aufbauend auf Standortanalysen von insgesamt 30 deutschen und österreichischen Firmen der Automobil- und Zuliefer-Industrie, in denen im Detail die Möglichkeiten einer optimierten Einbindung von solarer Prozesswärme untersucht wurden (Analyse der Prozesse, Effizienzmaßnahmen, Machbarkeitsanalyse Solarthermie), wurden allgemeingültige Integrationskonzepte von solarer Prozesswärme abgeleitet, die den Solarfirmen und energietechnischen Beratern zur Verfügung stehen und damit Kenntnisse zur intelligenten Prozessintegration für die Planungspraxis und technische Umsetzung verfügbar werden. Der Fokus lag dabei auf Prozessen, die einen Wärmebedarf mit einer Temperatur von unter 150°C aufweisen.

Parallel wurden computerunterstützte Werkzeuge entwickelt sowie ein übersichtlicher Leitfaden zu solarer Prozesswärme erstellt, die die Planungsdauer und –kosten erheblich verkürzen und die Qualität und Effizienz der umgesetzten Anlagen erhöhen sollen. Damit wird auch weniger erfahrenen Akteuren in diesem Bereich das entsprechende Knowhow zur Verfügung gestellt, um schnelle Machbarkeitsabschätzungen durchzuführen und dadurch vermehrt solare Prozesswärmeanlagen zur Umsetzung zu bringen.

## 2.5 Aufbau der Arbeit

Die folgenden Schritte wurden im Projektverlauf durchgeführt:

- Identifikation der Zielgruppen für Solare Prozesswärme durch Analyse der Prozesskette in den verschiedenen Branchen der Automobil- und deren vorgelagerten Zulieferindustrien
- Analyse von Wärmeversorgungsstrukturen und Produktionsprozesse ausgewählter Automobil- und Zulieferer-Firmen.
- Ableitung und Entwicklung allgemeingültiger Konzepte zur Integration von Solarwärme
- Branchenspezifische Guideline, um Empfehlungen für eine Umsetzung im Rahmen von Best-Practise-Examples zu geben.
- Entwicklung computergestützter Werkzeuge zur Vereinfachung der Integration solarer Prozesswärme.
- Initiierung von Best-Practice-Examples

## 3 Inhaltliche Darstellung

### 3.1 Ergebnisse der Prozessanalysen in ausgewählten Zielgruppen

#### 3.1.1 Prozessanalysen

Im Rahmen von SolarAutomotive wurden durch das deutsch-österreichische Projektkonsortium an 30 Unternehmensstandorten in 10 Ländern Fallstudien durchgeführt (siehe Abbildung 1). Zur Durchführung der Fallstudien wurde entlang der Norm für industrielle Energieaudits EN16247 eine einheitliche Methodik angewendet, die sich als effizient bewährt hat.

Anhand der Erkenntnisse der Zielgruppenanalyse konnten Branchen für eine detailliertere Betrachtung priorisiert werden. Eine Übersicht über die Zielgruppen gegliedert nach den Branchenbezeichnungen ist in Tabelle 1 dargestellt. Identifizierte Prozesse wurden anschließend in Form von branchentypischen Prozessketten als Fließschemen (siehe Abbildung 2 bzw. Anhang)) dargestellt und nach ihrer Eignung hinsichtlich der solaren Prozesswärmeintegration bewertet. Hierbei ist insbesondere das benötigte Temperaturniveau von Bedeutung. Weitere Kriterien sind die Komplexität der Integration (Integrationspunkt, Wärmeträger, Wärmeübertragung, Lastprofil), das Wärmerückgewinnungs-Potenzial sowie der Frischwasserbedarf.

# Energieforschungsprogramm - 1. Ausschreibung

Klima- und Energiefonds des Bundes – Abwicklung durch die Österreichische Forschungsförderungsgesellschaft FFG



Abbildung 1: Durchgeführte Fallstudien im Rahmen von SolarAutomotive



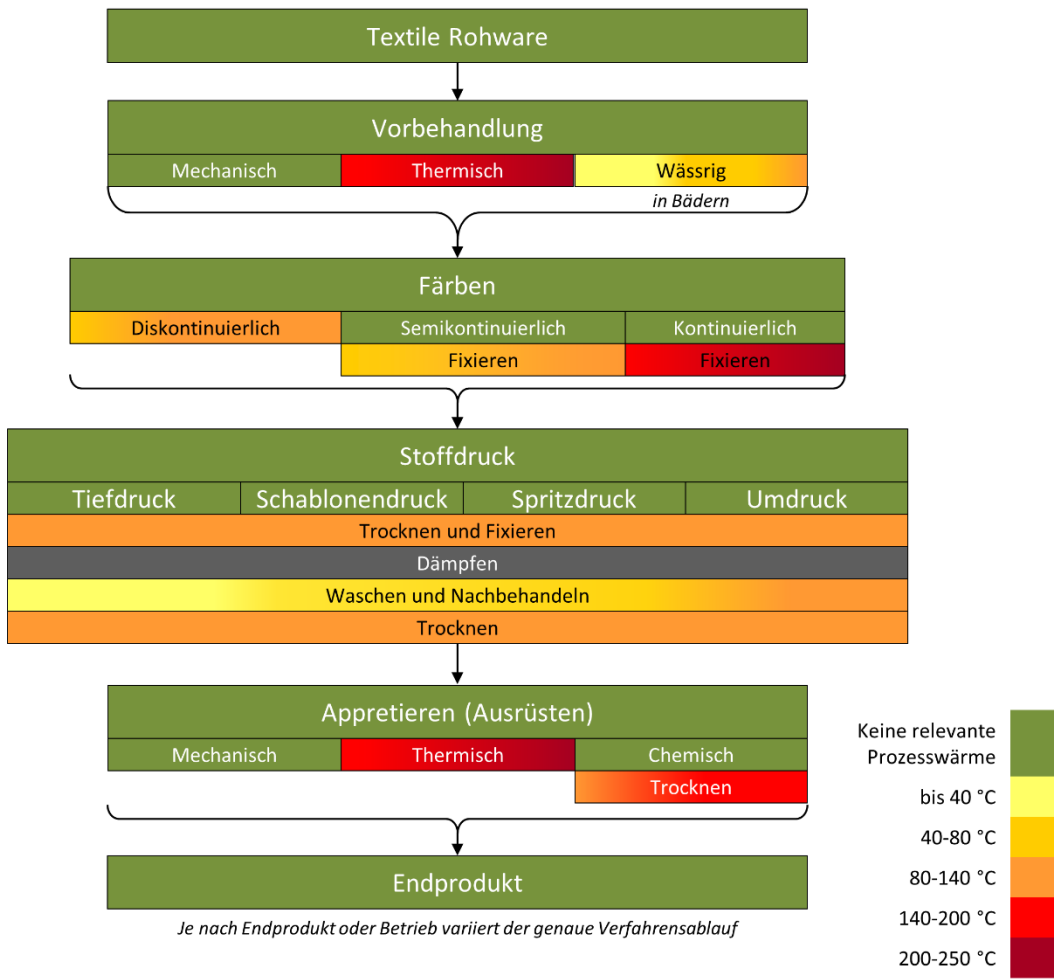
**Tabelle 1: Branchenzuordnung der 45 Unternehmen aus den Effizienz-Pilotnetzwerken und der 18 Pilotunternehmen des Solar Automotive Projektes**

WZ-Nr.	Branchenbezeichnung	Netzwerk-Unternehmen	Pilotunternehmen dieser Studie (DE/AT)
13.30	Veredelung von Textilien und Bekleidung		1
13.90	Herstellung von sonstigen Textilien		1
13.93	Herstellung von Teppichen		0/1
13.96	Herstellung von technischen Textilien		1
15.11	Herstellung von Leder und Lederfaserstoff		1/1
22.11	Herstellung und Runderneuerung von Bereifungen	2	
22.21	Herstellung von Platten, Folien, Schläuchen und Profilen aus Kunststoff	4	2
23.12	Veredelung und Bearbeitung von Flachglas	2	
25.50	Herstellung von Schmiede-, Press-, Zieh- und Stanzteilen, gewalzten Ringen und pulvermetallurgischen Erzeugnissen		0/1
25.61	Oberflächenveredelung und Wärmebehandlung	3	7
26.12	Herstellung von bestückten Leiterplatten		1/3
27.11	Herstellung von Transformatoren		1
27.20	Herstellung von Batterien und Akkumulatoren	1	
28.11	Herstellung von Verbrennungsmotoren und Turbinen für Luft- und Straßenfahrzeuge	3	
28.15	Herstellung von Lagern, Getrieben, Zahnrädern und Antriebselementen	8	1
29.10	Herstellung von Kraftwagen und Kraftwagenteilen	3	6/2
29.20	Herstellung von Karosserien, Aufbauten und Anhängern	1	
29.31	Herstellung elektrischer und elektronischer Ausrüstungsgegenstände für Kraftwagen	4	
29.32	Herstellung von sonstigen Teilen und sonstigem Zubehör für Kraftwagen	14	
	<b>Summe</b>	<b>45</b>	<b>22/8</b>

Im Folgenden werden die wichtigsten Ergebnisse der Prozessanalyse für die jeweilige Branche beschrieben.

## NACE 13.90 Herstellung von sonstigen Textilwaren

In der Branche der Textilwaren sind für Solarthermie geeignete Wärmesenken insbesondere bei der Veredelung von Textilien identifiziert worden. Im Fließschema zur Veredelung von Textilien in Abbildung 2 ist zu sehen, dass die wässrige Vorbehandlung (Waschen, Entschichten) in einem für Solarthermie günstigen Temperaturbereich von 20 bis 100 °C durchgeführt wird. Auch beim diskontinuierlichen und semikontinuierlichen Färben wird Wärme auf einem Temperaturniveau unter 130 °C bzw. 100 °C benötigt. Ebenso bieten sich Waschprozesse, z.B. bei der Behandlung von Textilien nach dem Färben oder Bedrucken oder Appretieren zur Integration von Solarwärme an. Die Trocknungsprozesse der Branche werden bei Temperaturen zwischen 80 °C und 200 °C durchgeführt, sodass eine direkte Integration von Solarthermie nur zu Vorwärmzwecken sinnvoll möglich ist. Dennoch kann bei hohem Frischluftbedarf bzw. Dampfbedarf der Trockner eine solare Vorwärmung der Zuluft (oder Verbrennungszuluft) sinnvoll sein.



**Abbildung 2: Fließschema Veredelung von Textilien (NACE 13.90)**

## NACE 15.10 Herstellung von Leder und Lederwaren

Bei der Herstellung von Leder wird zum Weichen, Äschern, Entkalken bzw. Beizen, Entfetten, Gerben und Nasszurichten Prozesswärme auf einem Temperaturniveau unter 50 °C benötigt. Die Produktion erfolgt in der Regel diskontinuierlich im Batch-Verfahren. Der Nasszurichtung folgen Trocknungsverfahren (z.B. Vakuumtrocknung, Spannrähmentrocknung, Pastingtrocknung), für die Temperaturen zwischen 30 und 100 °C erforderlich sind.

## NACE 22.21 Herstellung von Platten, Folien, Schläuchen und Profilen aus Kunststoffen

In der Kunststoffindustrie liegen die notwendigen Temperaturen der formgebenden Verfahren zur Verarbeitung von Thermoplasten in der Regel über 200 °C, sodass diese Prozessschritte kein Potenzial aufweisen. Jedoch konnte der Peripherie-Prozess der Granulattrocknung thermoplastischer Kunststoffe als mögliche Wärmesenke identifiziert und die Eignung in einer experimentellen Untersuchung bestätigt werden. Etwa 89 % der in Deutschland verarbeiteten Menge an Thermoplasten wird bei Temperaturen zwischen 60 und 100 °C getrocknet. Besonders geeignet für solare Prozesswärme erweisen sich

insbesondere solche Unternehmen, die über eine zentrale Trocknungsanlage mit kontinuierlichem Trocknungsbedarf verfügen. (Veitengruber 2018)

## NACE 25.61 Oberflächenveredelung und Wärmebehandlung

Die Prozesse in der Branche der Oberflächenveredelung und Wärmebehandlung wurden in die Subkategorien Karosserielackierung, Galvanotechnik, Galvanotechnik – Kunststoffmetallisierung und Eloxieren untergliedert. In der gesamten Branche sind das Entfetten und Spülen von Produkten häufige Prozessschritte, die in der Regel bei Temperaturen unter 80 °C durchgeführt werden. Kommen dabei beheizte Bäder zum Einsatz, können diese je nach Inhalt und Größe als Speicher für Solarwärme genutzt werden. Daher sind auch weitere Prozessbäder mit einem Wärmebedarf unter 100 °C generell für eine Integration von solarer Prozesswärme von Interesse. In diesem Zusammenhang sind in der Subkategorie der Galvanotechnik das Phosphatieren (80-100 °C), das Beizen (50-70 °C), das Dekapieren (40-50 °C), die chemische Vernickelung (80-95 °C), die Chromatierung (20-40 °C), die Passivierung (50-60 °C) und die Versiegelung (30-40 °C) zu nennen. Im Bereich der Kunststoffmetallisierung gehören zu diesen Prozessen das Beizen (ca. 65 °C), die Beschleunigung (40-50 °C) und die chem. Metallisierung (25-85 °C). Auch für das Eloxieren von Aluminium können Prozessbäder für das chemische Glänzen (40-140 °C), das Klären (50-90 °C), das Adsorptionsfärben (20-85 °C) und das Verdichten (95-100 °C) als Wärmesenke für Solarwärme vorhanden sein. Ein hoher Frischwasserbedarf der Prozessbäder wirkt sich hierbei positiv auf das Integrationspotenzial aus, da bei der Frischwasseraufheizung niedrige Kollektortemperaturen möglich sind und in der Regel nur ein gering-fügiger Eingriff in die Wärmeversorgung des Prozesses notwendig ist. Beispielhaft sind in diesem Zusammenhang das Beizentfetten, das Dekapieren, Spül- und Klärbäder und das Verdichten nach dem Eloxieren zu nennen.

Generell ist in der Branche jedoch zu beachten, dass in den Prozessketten auch elektrolytische Verfahren zum Einsatz kommen. In diesen Fällen besteht je nach Temperaturniveau häufig ein Kühlbedarf, sodass eine Nutzung der anfallenden Abwärme den tatsächlichen Wärmebedarf der genannten Prozesse reduzieren kann.

Als weitere mögliche Wärmesenke sind Trocknungsvorgänge zu nennen, die bei der Karosserielackierung zwischen 80 und 150 °C und in der Galvanotechnik zwischen 50 und 120 °C erfolgen. Werden die Produkte abschließend lackiert, kann bei der Spritzlackierung je nach verwendeter Farbe eine Konditionierung von Frischluft notwendig sein. Steht hierzu keine Abwärme (z.B. WRG, TNV, RNV) zur Verfügung, ist auch hier der Einsatz von solarer Prozesswärme möglich.

## NACE 27.11 Herstellung von Elektromotoren, Generatoren und Transformatoren

Bei der Produktion von Elektromotoren, Generatoren und Transformatoren konnten keine universell geeigneten Prozessschritte zur Integration von solarer Prozesswärme identifiziert werden. Lediglich im Vorprozess bei der Herstellung von Elektroblech wäre eine solare Beheizung der Prozessbäder zum Beizen und zur Behandlung mit Schwefelsäure denkbar. Prozessführung und Integrationsmöglichkeit sind an dieser Stelle vergleichbar mit den Ausführungen zu der Branche Oberflächenveredelung.

## NACE 27.20 Herstellung von Batterien und Akkumulatoren

Der erste Prozessschritt in der Herstellung einer Lithium-Ionen-Batterie zelle ist das Mischen von Slurries zur Fertigung der Elektroden. Hierzu ist eine Temperierung auf 20 bis 40 °C notwendig. In den folgenden

Prozessschritten der Elektrodenfertigung wird weiterhin Wärme für diverse Trocknungsvorgänge benötigt, wobei das Temperaturniveau zwischen 60 °C (z.B. Vakuumtrocknen) und 160 °C betragen kann.

## NACE 28.15 Herstellung von Lagern, Getrieben, Zahnrädern und Antriebselementen

In der Prozesskette zur Herstellung von Lagern, Getrieben, Zahnrädern und Antriebselementen sind erneut das Entfetten und Spülen nach der zerspanenden Bearbeitung bei Temperaturen zwischen 60 und 80 °C sowie die Luftkonditionierung bei der Spritzlackierung als relevante Wärmesenken zu nennen.

## Zukünftige Entwicklung

Im gesamten Wirtschaftszweig der Automobilindustrie ist in Zukunft ein Umbruch zu erwarten, der sich auf die zuvor beschriebenen Prozesse und dementsprechend auch das vorhandene Potenzial zur Integration solarer Prozesswärme auswirken wird. Ein veränderter Antriebsstrang vom Verbrennungsmotor hin zum vermehrten Einsatz von E-Mobilität bedingt einen Rückgang des Produktionsvolumens von Komponenten wie Getrieben (NACE 28.15), Abgassystemen und den Verbrennungsmotoren (NACE 28.11) selbst. In der Folge sinkt auch das Potenzial, den Wärmebedarf zum Entfetten, Spülen oder Trocknen in diesen Prozessketten mit solarer Prozesswärme zu decken. Hingegen ist in den Branchen zur Herstellung von Elektromotoren, Generatoren und Transformatoren (NACE 27.11), Batterien und Akkumulatoren (NACE 27.20) sowie elektrischen und elektronischen Ausrüstungsgegenständen (NACE 29.31) ein Zuwachs des Marktvolumens zu erwarten. Geeignete Wärmesenken für Solarthermie sind in diesen Prozessketten in Trocknungsvorgängen oder beim Einsatz von Verfahren zur Oberflächenveredelung (NACE 25.61) zu finden. Da Produkte wie Textilwaren, Leder und Kunststoffe (NACE 13.90, 15.10, 22.21) insbesondere für die Inneneinrichtung oder die Sitze eines PKWs eingesetzt werden, ist die Entwicklung dieser Branchen stark vom Gesamtvolumen der Automobilproduktion in Österreich abhängig. Falls sich in Zukunft die individuelle Mobilität hin zu verschiedenen Formen des Carsharings, Mietens oder Leasings entwickelt, ist ein leichter Rückgang des Produktionsvolumens aufgrund der höheren Auslastung einzelner Fahrzeuge zu erwarten. Dieser Rückgang könnte in den genannten Branchen jedoch durch die Fortsetzung der Trends zur Gewichtsreduktion in der Automobilentwicklung kompensiert werden, da hierzu vermehrt Materialien wie Kunststoffe, Faserverbundwerkstoffe und (technische) Textilien eingesetzt werden. Daher werden Verfahren der wässrigen Vorbehandlung bei der Herstellung von Textil- und Lederwaren, die Granulattrocknung in der Kunststoffindustrie sowie die Kunststoffmetallisierung in der Oberflächenbehandlung weiterhin potenzielle Wärmesenken für Solarthermie darstellen.

### **3.1.2 Datenbank/Wiki-Efficiency-Finder**

Die Informationen zu Prozessen mit signifikantem Wärmebedarf wurden in eine Datenbank aufgenommen, in der die Informationen aus den Standortuntersuchungen und aus Literaturrecherchen dokumentiert sind. Abbildung 3 zeigt eine Übersicht der Datenbank mit Hervorhebung der wichtigsten Prozesse. Die Datensätze der Prozesse enthalten neben einer funktionellen Kurzbeschreibung Informationen bezüglich der konventionellen Prozesswärmebereitstellung, Effizienzpotenzialen und alternativen Technologien, typischen Abwärmequellen sowie möglichen Integrationskonzepten für solare Prozesswärme. Weiterhin sind Verweise auf die verwendeten Literaturquellen hinterlegt.

# Energieforschungsprogramm - 1. Ausschreibung

Klima- und Energiefonds des Bundes – Abwicklung durch die Österreichische Forschungsförderungsgesellschaft FFG

## Branchen mit Subkategorien

## Wichtige Prozesse

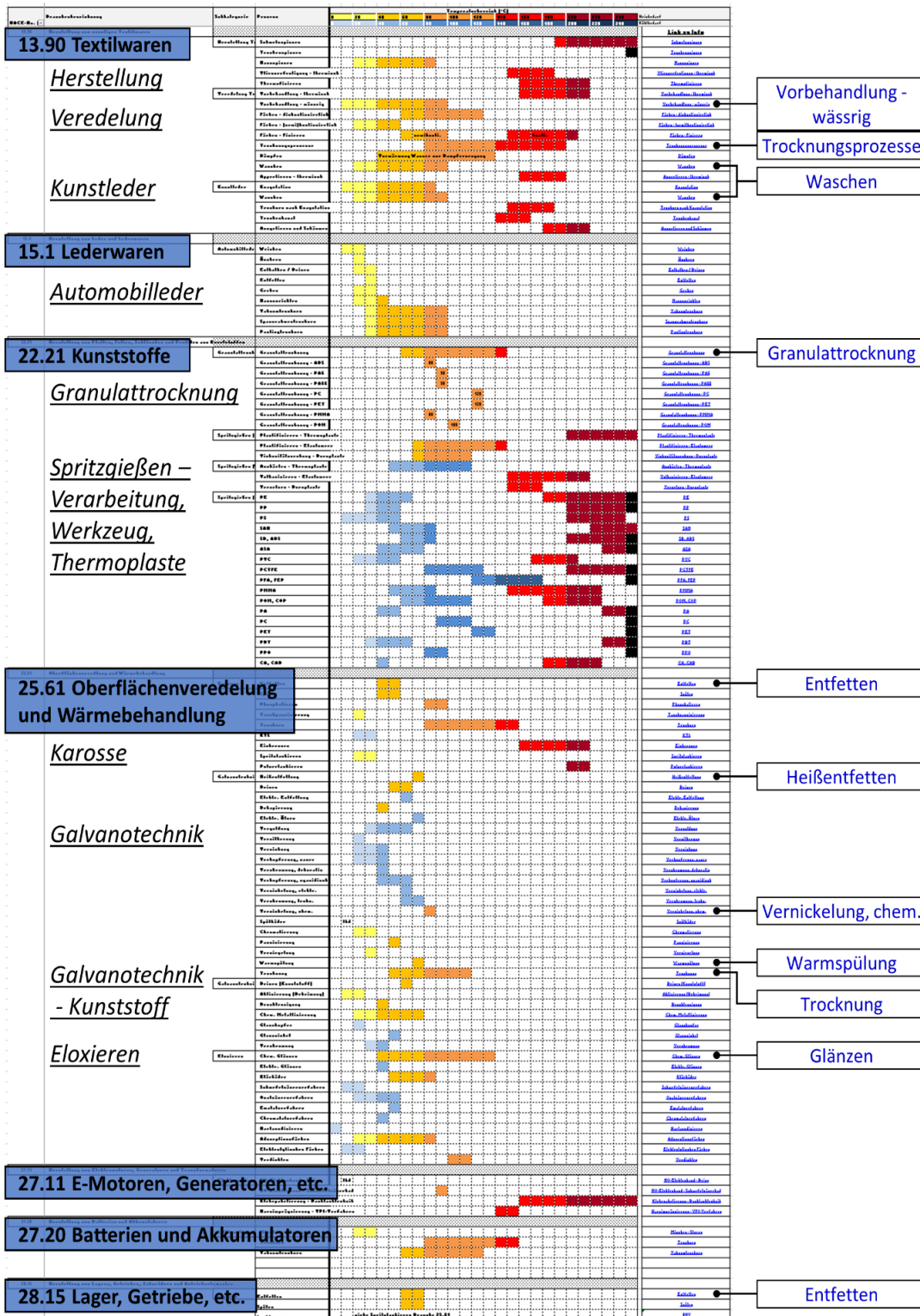


Abbildung 3: Übersicht Datenbank Prozessinformationen

Die Prozessdatenbank wurde in weiterer Folge in den Zero-Emissions Efficiency Finder (WikiWeb) integriert. Dazu wurde in einem ersten Schritt ein spezifischer Abschnitt für das gegenständliche Projekt erstellt (siehe Abbildung 4) und in weiterer Folge die generierten und gesammelten Daten in die Plattform

von AEE INTEC (Framework MediaWiki) integriert und auf die dort enthaltenen Branchen aufgeteilt ([http://wiki.zero-emissions.at/index.php?title=Solar\\_Automotive\\_Wiki](http://wiki.zero-emissions.at/index.php?title=Solar_Automotive_Wiki))

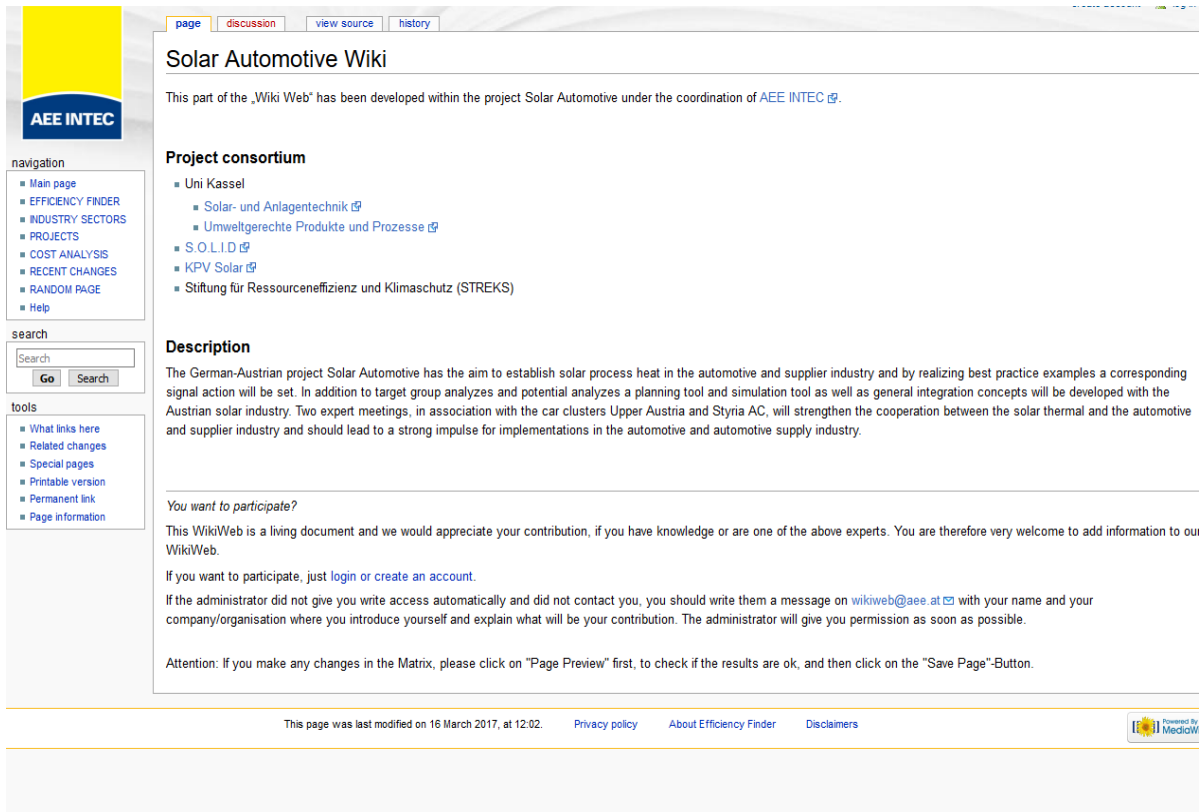


Abbildung 4: Einstieg SolarAutomotive WikiWeb Efficiency-Finder

Der Automotivesektor wurde im WikiWeb in sechs Unterkategorien unterteilt (siehe Abbildung 5), in denen jeweils Basisinformationen zur Verfügung stehen. Durch Anklicken des jeweiligen Sektors werden zugeordnete Prozessschritte, so genannte „Unit Operations“ hinsichtlich der Prozessparameter ausführlicher beschrieben. Beispielhaft ist das für die Unterkategorie Lederfabrikation in Abbildung 6 dargestellt. Für den Prozess der Ledertrocknung (Abbildung 7) kann dann beispielsweise die mögliche Integration solarer Prozesswärme identifiziert und bewertet werden (Abbildung 8). Dasselbe Schema ist für alle Unterkategorien, Prozesse und solare Integrationspunkte anzuwenden. Der Zugang zum WikiWeb ist frei und ohne Beschränkungen unter dem oben angegebenen Link möglich.

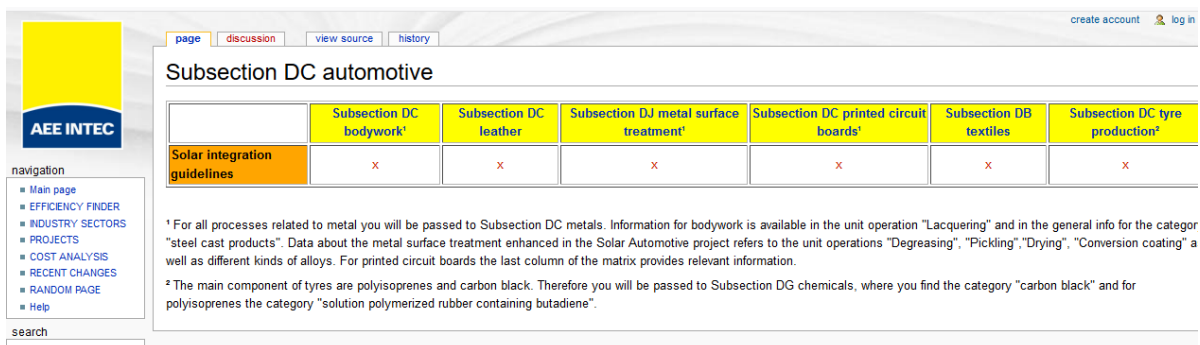


Abbildung 5: SolarAutomotive WikiWeb Efficiency-Finder Automotivesektor

			Hides and Skins
Unit operations		Typical processes	INFO
CLEANING	Pre-Treatment	Soaking	x
		Unhairing and Liming	x
		Degreasing	x
	Main Treatment	Pickling	x
		Tanning	x
Draining, horsing, samming, and setting		x	
Shaving		x	
Neutralisation		x	
BLEACHING	Main Treatment	Bleaching	x
RETANNING		Retanning	x
PAINTING	Finishing	Dyeing	x
FATLIQUORING		Fatliquoring	x
DRYING		Drying	x
		Mechanical Drying	x
SURFACE TREATMENT		Coating	x

Abbildung 6: SolarAutomotive WikiWeb Efficiency-Finder Beispiel Lederfabrikation

Back to [Subsection DC leather](#)

**Contents [hide]**

- 1 General description
- 2 Mechanical finishing processes
- 3 Emerging technologies
  - 3.1 Organic solvent-free finishing
  - 3.2 Dry abatement of volatile organic compounds
  - 3.3 Other abatement of volatile organic compounds
  - 3.4 Further improvements to spraying techniques

**General description**

The overall objective of finishing is to enhance the appearance of the leather and to provide the performance characteristics expected of the finished leather with respect to:

Abbildung 7: SolarAutomotive WikiWeb Efficiency-Finder mechanische Ledertrocknung

The screenshot shows the 'Solar application for drying' page on the AEE INTEC Efficiency-Finder. It features a navigation menu on the left and a main content area with two diagrams and their descriptions.

**Diagram 1: PL\_E\_PM - external HEX for heating of product or process medium**

This diagram shows a 'PROCESS' box with a pump and a valve. A solar heat exchanger (HEX) is connected to the process line. The solar heat input is labeled  $Q_{sol}$  and the conventional heat input is labeled  $Q_{conv}$ . The process output is labeled  $P$  and the process medium flow is labeled  $P(M)$ .

**Diagram 2: PL\_S\_V solar steam generation at vacuum**

This diagram shows a 'PROCESS' box connected to a vacuum pump. A solar heat exchanger (HEX) is connected to the process line. The solar heat input is labeled  $Q_{sol}$  and the conventional heat input is labeled  $Q_{conv}$ . The process output is labeled  $P$ . The diagram also shows 'Steam ( $T < 100\text{ }^{\circ}\text{C}$ )' and 'Condensate' flows.

**Text Description:**

Different process technologies exist within industry, which lead to several possibilities for the integration of solar heat. Based on the general classification of industrial heat consumers drying processes are assigned to the category "Thermal separation processes". By consideration of the conventional heat supply, different integration concepts are possible.

**PL\_E\_PM - external HEX for heating of product or process medium**

This integration concept is basically the easiest since an additional solar driven heat exchanger is installed in serial to the conventional heat exchanger to heat a product or process medium (e.g. water, lye, fruit juice, etc.). It can be applied to all three categories of heat consumers "(pre)heating of fluid streams", "heating and maintaining temperature of baths, machineries or tanks" and "thermal separation processes". The serial integration of a solar driven heat exchanger can be realized in a way that only part of the entire product or process medium stream is heated up and hence heat exchanger surface, pump and pipe dimensions can be kept small.

**PL\_S\_V solar steam generation at vacuum**

Solar steam generation with vacuum can be applied for numerous evaporation processes e.g. in food and beverage industry, since typical process temperatures are in the range of 40 - 80 °C. Therefore, an evacuated storage with a conventional heat exchanger is required. The condensate from evaporation process is preheated by solar energy and fed into the evacuated storage. The evaporated condensate is fed back into the evaporation process.

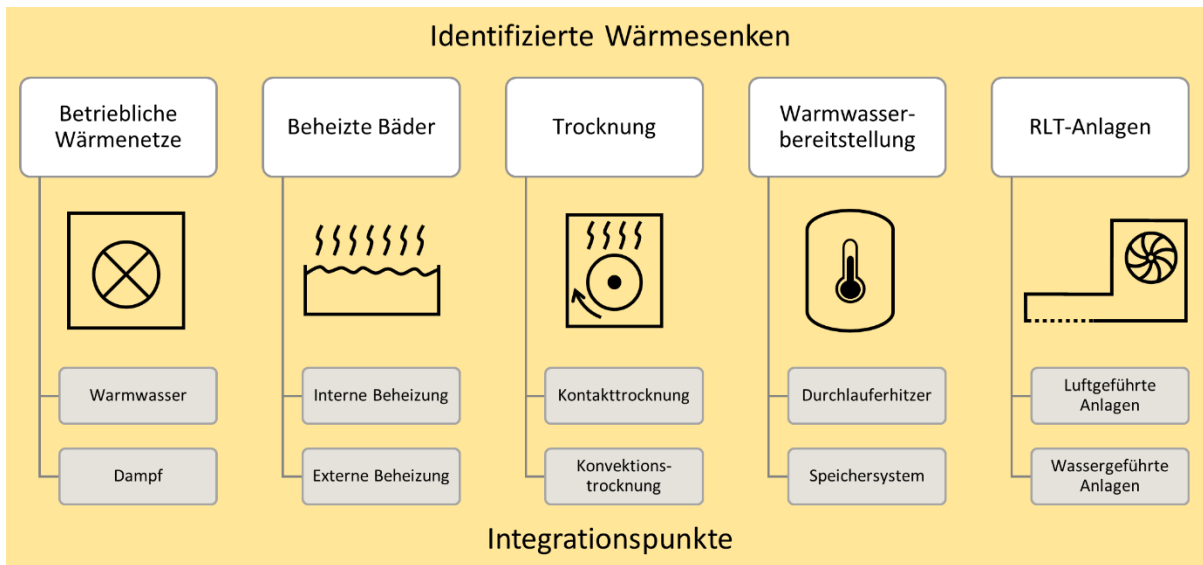
Abbildung 8: SolarAutomotive WikiWeb Efficiency-Finder solare Prozesswärme Automotive am Beispiel Trocknung

## 3.2 Einbindung von Solarwärme

### 3.2.1 Klassifizierung industrieller Wärmesenken

Das Spektrum der industriellen Prozesse, die einen Wärmebedarf aufweisen ist sehr groß. Die Erarbeitung von standardisierten Integrationskonzepten für jeden dieser Prozesse wäre sehr aufwändig, unübersichtlich und daher nicht zielführend. Stattdessen wurde im Rahmen des Projekts eine Methodik erarbeitet, die Wärmesenken zu klassifizieren, in dem Prozesse mit grundsätzlich ähnlichen Charakteristika zusammengefasst werden. Dabei wurde bewusst darauf verzichtet, diese Wärmesenken branchenabhängig zu klassifizieren, da z.B. ein beheiztes Bad zur Vorbehandlung von zu lackierenden Teilen in der Automobilindustrie vergleichbare Rahmenbedingungen aufweist, wie ein Beschichtungsbad in einem Galvanikunternehmen. Die in Abbildung 9 dargestellte Klassifizierung ist damit breiter anwendbar und bietet Integrationskonzepte für Wärmesenken und nicht für einzelne Branchen.





**Abbildung 9: Klassifizierung industrieller Wärmesenken**

Nahezu alle industriellen und gewerblichen Wärmesenken lassen sich in eine der fünf Kategorien (Sub-) Netze, Aufheizung Fluidstrom, beheizte Bäder, RLT-Anlagen oder Trocknungsanwendungen einteilen. Der Vollständigkeit halber sei erwähnt, dass mit (Sub-) Netzen an dieser Stelle primär weniger Nah- oder Fernwärmenetze adressiert werden sollen, als die Verteilnetze, die sich in praktisch allen Unternehmen wiederfinden. Grundsätzlich bieten aber natürlich auch unternehmensübergreifende Wärmenetze in größeren Gewerbe- oder Industrieparks gute Möglichkeiten zur Integration von Solarwärme bei vergleichbaren Rahmenbedingungen. Auf der Ebene der Wärmesenken zeigen sich bei detaillierterer Betrachtung Unterschiede, die eine weitere Unterteilung notwendig machen.

Mit Blick auf die Wärmenetze ist für die Wahl des Integrationskonzeptes maßgeblich entscheidend, welches Wärmeverteilmedium genutzt wird. Es hat sich bewährt, hier zwischen Heiß- und Warmwassernetzen sowie Dampfnetzen zu unterscheiden. Letztere bieten in hiesigen Breiten aufgrund des begrenzten Direktstrahlungsanteils nur begrenzte Möglichkeiten zur Integration von Solarwärme. Allein die Zusatzwasser- und Speisewasseraufwärmung zum Ausgleich von Dampf-, Abschläm- und Absalzverlusten kann effizient über stationäre Kollektoren erfolgen. Bei der Aufheizung von Fluidströmen (meist Wasser, wobei technisch auch andere Flüssigkeiten oder Gase in Frage kommen) sollte unterschieden werden, ob der Fluidstrom aufgeheizt und dann zwischengespeichert oder nur im Durchlauferhitzerverfahren erhitzt wird. Bei den beheizten Bädern ergeben sich ebenfalls zwei unterschiedliche Integrationskonzepte in Abhängigkeit davon, ob die Beheizung bisher über interne oder externe Wärmeübertrager erfolgt. Im Falle eines internen Wärmeübertragers muss geprüft werden, ob Platz für einen weiteren solarversorgten internen Wärmeübertrager vorhanden ist. Wird ein externer Wärmeübertrager verwendet, kann ggf. ein Solarwärmeübertrager vorgeschaltet werden. Bei Raumluftheizungen (RLT) Anlagen muss grundsätzlich differenziert werden, ob die Luft direkt solar vorgewärmt wird (luftgeführte Einbindung mit Luftkollektoren) oder eine indirekte Aufwärmung über ein wassergeführtes System mit Wärmeübertrager erfolgen soll. Trocknungsprozesse spielen eine enorme Rolle in fast allen Branchen. Entscheidend für die Wahl des Integrationskonzeptes ist das Trocknungsverfahren und das damit verbundene Temperaturniveau. Kontakt-trockner weisen häufig eine hohe Temperatur auf und werden mit Dampf beschickt. Für eine Einbindung auf Prozessebene muss

Dampf daher solar bereitgestellt werden, was wie eingangs erwähnt, in hiesigen Breiten nur bedingt sinnvoll ist. Im Falle von niedrigeren Temperaturen, in denen das Trocknungsgut auf einer nur warmen Fläche getrocknet wird, kann selbstverständlich auch hier Solarwärmeeingebunden. In Konvektionstrocknern kommt das Trocknungsgut mit warmer Luft Kontakt, wodurch der Wassergehalt reduziert wird. Vergleichbar wie bei den RLT-Anlagen muss hier bei der Integration zwischen einer luft- und der wassergeführten Einbindung unterschieden werden.

Die aufgeführten und in Abbildung 9 dargestellten zehn Wärmesenken und Integrationspunkte decken einen Großteil des industriellen Spektrums ab. Für detailliertere Beschreibungen der Integrationskonzepte sei auf den im Rahmen des Projekts erstellten Leitfaden Solare Prozesswärme in Industrie & Gewerbe verwiesen (erhältlich unter <http://www.solare-prozesswärme.info/leitfaden-solare-prozesswaerme-fuer-industrie-und-gewerbe/> ) sowie auf die erstellten Fact Sheets. Auf den Fact-Sheets sind konkrete Integrationsmöglichkeiten für die vorgestellten Wärmesenken, die zu wählende Kollektortechnologie sowie Informationen zu Leuchtturmprojekten. Die Zuordnung bereits existierender Beispielanlagen verdeutlicht hierbei die Machbarkeit der dargestellten Konzepte und leistet so einen Beitrag zur weiteren Verbreitung solarer Prozesswärme. Die erstellten Fact-Sheets befinden sich alle im Anhang und werden über die Website [www.solare-prozesswärme.info](http://www.solare-prozesswärme.info) verbreitet.

## 3.3 Machbarkeit und Vorauslegung

Eine auf den Wärmebedarf abgestimmte Dimensionierung einer Solarthermieanlage ist entscheidend für den flächenspezifischen Ertrag und damit die Wirtschaftlichkeit einer Solarthermieanlage. Je höher der flächenspezifische Ertrag ist, also je mehr Wärme von einer bestimmten Kollektorfläche zur Nutzung bereitgestellt werden kann, desto größer sind die Energieeinsparungen bei gleichbleibenden Investitionskosten und desto kleiner die solaren Wärmegestehungskosten. Da besonders für Solarthermieanlagen im gewerblichen Bereich die Wirtschaftlichkeit meist das wichtigste Kriterium ist, wird bei dem entwickelten Auslegungstool eine Methodik verwendet, die auf einen hohen spezifischen Ertrag abzielt. Diese Methodik ist an die VDI-Richtlinie für Großanlagen zur solaren Trinkwarmwasserbereitstellung im Wohnungsbau angelehnt (VDI 6002 Blatt 1 2014) und wurde im Rahmen einer Dissertation beim deutschen Partner an der Universität Kassel auf Solarthermie Anlagen zur Bereitstellung von Prozesswärme in Gewerbe und Industrie (Lauterbach2014) übertragen. Im Rahmen des Projekts SolarAutomotive wurde diese Methodik weiterentwickelt und dient als Grundlage des im Rahmen dieses Projektes entwickelten Online-Vorauslegungstools ([www.solare-prozesswärme.info/vorauslegung](http://www.solare-prozesswärme.info/vorauslegung)) und des Leitfadens für Solare Prozesswärme sowie der VDI-Richtlinie für solarthermische Prozesswärme (VDI 3988 2019).

Im österreichischen Projektteil wurde seitens AEE INTEC die Methode der Pinch-Analyse auf die Integration solarer Prozesswärme erweitert und in ein Tool integriert. Dieses basierend auf Vorarbeiten entwickelte Tool ermöglicht eine Auslegung in einem weit-aus höheren Detailierungsgrad. Hierbei werden in einem ersten Schritt Wärmerückgewinnungspotentiale mithilfe der Pinch-Analyse identifiziert und darauf aufbauend eine detaillierte solarthermische Integration simuliert. Dabei werden auch notwendige Speichersysteme ins Gesamtkonzept integriert, um ein gesamtheitliches exergetisches Optimum zu finden. Kern des Optimierungsalgorithmus sowie der integrierten Identifikation, Simulation und Bewertung

der Solarintegration ist ein zeitlich aufgelöstes Lastprofil das mit verfügbarer Solarstrahlung (Wetterdaten) verknüpft wird und zu jedem Zeitpunkt den Ertrag der Anlage in Abhängigkeit von Kollektorwirkungsgrad (Prozesstemperatur, Orientierung, Ver-luste, etc.) errechnet. Durch die Verknüpfung im Systemdesign mit einer möglichen Wärmerückgewinnung und möglichen Speichern sowie deren detaillierter Simulation ergeben sich konkrete Aussagen zur technischen und wirtschaftlichen Bewertung des Systems. Derzeit (Stand Mai 2019) befindet sich SolarSOCO in einer beta-Testphase und wird hinsichtlich Bedienbarkeit und den Simulationsergebnis-sen evaluiert, um in einem letzten Schritt fertig gestellt zu werden.

## 3.4 Leitfaden „Solare Prozesswärme“

Der Leitfaden „Solare Prozesswärme“ fasst als wesentlicher Output des Projektes SolarAutomotive die wesentlichsten publizierbaren Ergebnisse zusammen. Der Inhalt ist auf wenig Text reduziert. Gleichzeitig wird versucht, mehr mit Abbildungen zu arbeiten, die dem Leser das Verständnis vereinfachen. Auf diese Art und Weise soll die Zielgruppe Energieberater und Fachplaner gezielt angesprochen werden und ein erster Überblick über das Thema solare Prozesswärme geschaffen werden. Um Energieberatern das Handwerkszeug für verschiedene Branchen zur Verfügung zu stellen, wurden hier die branchenübergreifenden Integrationskonzepte und Wärmesenken aufgegriffen

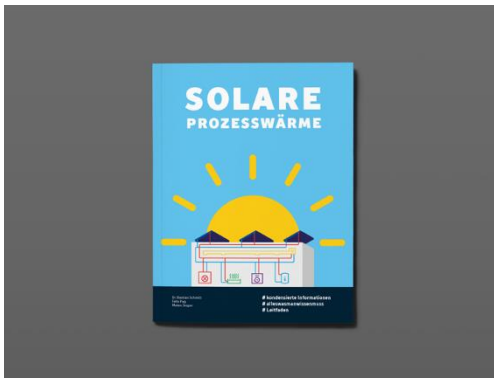


Abbildung 10: Leitfaden „Solare Prozesswärme“

Der Leitfaden ist in gedruckter und digitaler Fassung beim Projektteam sowie dem Fördergeber erhältlich und umfasst:

1. Gründe für solar Prozesswärme
2. Informationen zur Integration von solarer Prozesswärme
3. Unterstützung zur Vorauslegung
4. Integrationsmöglichkeiten in Abhängigkeit der Klassifizierung der Wärmesenken
5. Kosten und Wirtschaftlichkeit
6. Schritte bei der Projektierung
7. Best Practice Beispiele
8. Informationsmöglichkeiten

## 4 Ergebnisse und Schlussfolgerungen

Die Wärmewende befindet sich infolge der Millionen Entscheidungsträger am jeweiligen Wärmebedarfsort noch sehr am Anfang, wenn man sie mit der Stromwende und ihren professionell handelnden Investoren und Betreibern vergleicht. Die Industrie stellt einen wesentlichen Wärmeverbraucher dar. Weil ein Großteil dieses Bedarfs bei hohen Prozesstemperaturen ohne synthetische Brennstoffe auf absehbare Zeit nicht effizient mit erneuerbaren Technologien gedeckt werden kann, gilt es umso mehr, den sinnvoll erschließbaren Wärmebedarf bis 150 °C möglichst schnell zu dekarbonisieren. Solarthermie und Wärmepumpen (inkl. Abwärmenutzung) sind hier neben den notwendigen Effizienzsteigerungen die Schlüsseltechnologien für eine erfolgreiche Wärmewende.

Das große erwartete Potential der Automobil- und Zulieferindustrie für den Einsatz von solarer Prozesswärme konnte durch die durchgeführten Fallstudien bestätigt werden. In nahezu allen Betrieben konnte ein technisches Potential identifiziert werden. Das Potential wird jedoch aufgrund der vielfältigen Barrieren zu langsam und nur unzureichend erschlossen. Hier sind insbesondere die mangelnden Kenntnisse der Chancen solarer Prozesswärme, die niedrigen Brennstoffpreise insbesondere bei Standorten verhandlungsmächtiger Konzerne in Kombination mit den angesprochenen, auf reines Risiko abzielende Entscheidungsroutinen in der Industrie als Hemmnis-Indikatoren zu nennen. Teilweise nicht ausreichende oder nicht weiter belastbare Dachflächen sowie fehlender Handlungsdruck (bei Energiekostenanteilen zwischen 0,5 und 5 % an den Bruttoproduktionswerten) sind weitere Hemmnisse. Auch die Sorge um die Wettbewerbsfähigkeit beim Wandel zur Elektromobilität und zum autonomen Fahren sowie unklare Geschwindigkeiten des absehbaren Strukturwandels - insbesondere bei Herstellern des konventionellen Antriebs - tun ihr Übriges. In vielen Unternehmen und bei energie-technischen Beratern ist zudem das Wissen über das Potential und die Leistungsfähigkeit erneuerbarer Wärmeerzeuger sowie die erforderlichen Kenntnisse für die Planung, Umsetzung und Inbetriebnahme schlicht nicht vorhanden.

Die Ergebnisse aus den Audits sowie den zusätzlichen Erhebungen zu den Produktionsabläufen in der Branche wurden dazu genutzt, generalisierte Wärmesenken und hierfür wiederum standardisierte Integrationskonzepte zu entwickeln. Diese Erkenntnisse finden sich insbesondere im Leitfaden Solare Prozesswärme, der im Rahmen des Projekts entwickelt wurde. Darüber hinaus wurde ein Vorplanungstool erstellt, welches frei verfügbar ist. Damit werden erhobene Barrieren und Vorbehalte gegenüber solarer Prozesswärme (zu teuer, zu kompliziert, fehlendes Knowhow, etc.) adressiert und der oft hohe Planungsaufwand reduziert.

Die solarthermische Anwendung steht in geeigneten Industrieprozessen (sommerlicher Wärmebedarf unterhalb von 150 °C) und der betrieblichen Wärmeerzeugung als „fuelsaver“ und CO<sub>2</sub>-Minderer im Stadium einer funktionsfähigen, problemlos nutzbaren sowie oft rentablen Technik. Allerdings bedarf es aus betriebswirtschaftlicher Sicht einer weiteren Kostensenkung der verschiedenen Komponenten (Kollektoren, Regelung, Speicher) und Systeme.

Aus innovationswissenschaftlicher Sicht bedarf es spezieller Initiativen der Information, der beruflichen Fortbildung und regional verteilter Praxisbeispiele für den Erfahrungsaustausch der "first mover", um das Informationsdefizit im Allgemeinen und vorhandene Vorbehalte oder Vorurteile im Speziellen ab-zubauen.

Mit Blick auf die Nutzung solarer Prozesswärme in der Automobil- und Zulieferindustrie sowie auch darüber hinaus sind mit dem abgeschlossenen Projekt:

- viele technische Fragestellungen zu geeigneten Produktionsprozessen und zur Systemintegration geklärt. Die Hauptprozesse mit hoher Eignung sind Wasch- und Reinigungsprozesse zwischen etwa 50 und 95°C, Galvanik mit einem vergleichbaren Temperaturniveau, Trocknungsprozesse von Produkten aus Waschprozessen oder von Lackierprozessen meist wässriger Lacke (60 bis 85°C), raumluftechnische Anlagen (insbesondere beim einem sommerlichen Entfeuchtungsbedarf) sowie die Einspeisung direkt in die Wärmeversorgung eines Produktionsstandortes (oft auch unter Nutzung eines Wärmespeichers).
- umfangreiche hilfreiche Tools sind erstellt; diese stehen zur Nutzung kostenfrei Planern, Energiedienstleistern und interessierten Anwender-Unternehmen zur Verfügung. Hiermit können sowohl erste überschlägige schnelle Einschätzungen anhand des Leitfadens durchgeführt werden als auch seitens der Planer und energietechnischen Berater genaue Berechnungen mit den entwickelten Tools durchgeführt werden.

Die Potenzialergebnisse lassen sich im Grundsatz anhand der Erkenntnisse, welche Prozesse für die solare Prozesswärme in Frage kommen, auf das gesamte verarbeitende Gewerbe hochschätzen. Denn in vielen anderen Branchen der Investitions- und Gebrauchsgüter-Industrie sowie der Lebensmittel-, Fine Chemical- und Pharma-Industrie handelt es sich um vergleichbare Prozesse. Das Forschungsprojekt hat durch seine Fallstudien bei potentiellen Anwendern und Gespräche mit Herstellern solarthermischer Anlagen den Bedarf für betriebswirtschaftlich und innovationswissenschaftlich orientierte Folgearbeiten aufgedeckt, die sich jetzt auf die Schnittstelle zwischen angewandter Forschung & Demoprojekten und den ermittelten Erstanwender-Märkten konzentrieren müssen.

So hat sich beispielsweise nach anfänglicher großer Skepsis der Energieverantwortlichen auf der Arbeitsebene einiger Fallstudien aufgrund der erarbeiteten Auditergebnisse und deren Erläuterung durch das Projektteam die Erkenntnis durchgesetzt, dass im Bereich solarer Prozesswärme bisher nicht gekannte Chancen bestehen. Einige Betriebe werden daher das Thema weiterverfolgen, sei es als Teil eines ganzheitlichen Energieversorgungskonzeptes für den betroffenen Standort, sei es als Kooperation mit dem örtlichen Fernwärmeversorger mit neuen Regelungskonzepten zur Einspeisung von Überschusswärme im Sommer.

Zudem wurde insbesondere weiterer Forschungsbedarf hinsichtlich der Kombination und Nutzung der Synergien verschiedener CO<sub>2</sub>-armer Wärmeversorgungstechnologien in ganzheitlichen integrierten Energiesystemen aufgedeckt. U.a. konnte durch die Tätigkeiten im Rahmen des binationalen Forschungsprojektes ein neuer IEA SHC Task zu solarer Prozesswärme angestoßen werden. Sowohl die Universität Kassel als auch AEE INTC leiten jeweils einen Subtask (Subtask A und Subtask E). Weiters wurde ein weiteres D-A-CH-Projekt angestoßen und auf europäischer Ebene Projekte eingereicht.

## 5 Ausblick und Empfehlungen

Die solare Prozesswärme steht in der Industrie am Beginn ihrer möglichen Marktdiffusion, die infolge der hohen Klimaschutzziele für 2030 möglichst schnell stattfinden sollte. Dieses Stadium ist - wie bei vielen innovativen Techniken - gekennzeichnet durch mangelnde Kenntnisse der beim Investitionsprozess Beteiligten (energietechnischer Berater, beratender Ingenieur und Energiemanager in den potentiellen Anwenderunternehmen) sowie relativ geringe Rentabilität infolge der ungewohnt hohen Investitionssumme, da zudem laufende Verbrauchskosten substituiert werden durch Kapitalkosten. In zukünftigen integrierten Energiesystemen in Kombination mit Wärmepumpe und auch KWK-Anlagen kommt der solaren Prozesswärme eine signifikante Bedeutung für die Umsetzung der Wärmewende und der Dekarbonisierung des industriellen Wärmebedarfs zu.

### **Information, Kommunikation, berufliche Fortbildung, Erfahrungsaustausch**

Angesichts der neuen Erkenntnisse geht es jetzt um die Diffusion des technisch-betriebswirtschaftlichen Knowhows in relevante, im Grunde interessierte Unternehmens-Gruppen der Verarbeitenden Industrie und des Gewerbes sowie bei innovativen Vertretern energietechnischer Beratung und Energiedienstleistern. Typische großtechnische Erstanwendungen (wie z.B. in den Brauereien Gösser Bräu mit 1.500 m<sup>2</sup> oder Brauerei Rothaus mit 1.000 m<sup>2</sup>) in einzelnen Branchen müssen mit ihrer Brancheneignung und -anpassung dokumentiert und den Unternehmen der betroffenen Branchen kommuniziert werden.

Diese generellen und branchenspezifischen Informationen sollten erarbeitet und dann über für die Zielgruppen geeignete Informationskanäle kommuniziert werden, d.h. über Fachzeitschriften für beratende Ingenieure, Zeitschriften für die geeigneten Anwenderbranchen (mit möglichst realisierten Anwender-Beispielen) und branchenspezifische elektronische Newsletter.

Diese Informationen sollten auch speziell den Netzwerkträgern, Moderatoren und energietechnischen Beratern von Energieeffizienz-Netzwerken einfließen.

### **Finanzielle Anreize und Kostensenkung durch Economies of Scale und Lerneffekte**

Ohne Zweifel verhelfen die derzeit vorhandenen Programme des Investitionszuschusses oder des Tilgungszuschusses zu einer akzeptablen Rentabilität von Investitionen in solare Prozesswärme.

Insbesondere in KMUs ergeben sich aufgrund der in der Regel höheren Erdgas-, Heizöl- oder Fernwärmepreise in Kombination mit dem erhöhten Investitionszuschuss (55 %) rentable Anwendungen. An großen Produktionsstandorten konkurrieren die emissionsarmen Technologien mit sehr niedrigen Brennstoffpreisen infolge des hohen Bedarfs und der Marktmacht der Unternehmen. Insofern ist die derzeit diskutierte CO<sub>2</sub>-Abgabe von extrem hoher Bedeutung gerade bei den Investitionsentscheidungen der großen Unternehmen mit ihrem derzeit geringen Brennstoffpreisen.

Eine schnelle Abschreibungsmöglichkeit für Investitionen in regenerative Wärmeerzeuger stellt eine für die öffentliche Hand quasi kostenneutrale Fördermöglichkeit neben den Investitionszuschüssen und Darlehenshilfen dar. Durch eine schnelle Abschreibung werden die rechnerischen Kosten vor Steuern erhöht und damit die Gewinnsteuern vermindert, wodurch die Amortisationszeit (berechnet aus der Sicht der Controller nach Steuern) von den dringend notwendigen Investitionen sinkt. Dieser Anreiz ist für viele attraktiv und könnte somit die Marktverbreitung erneuerbarer Wärmeerzeuger beschleunigen.

Mit einer deutlich verstärkten Anwendung solarer Prozesswärme würden nicht nur die spezifischen Investitionssummen sinken, sondern auch die Transaktionskosten bei Planung, Installation und Wartung infolge einer schnellen und breiten Professionalisierung der energietechnischen Berater und der Installations- und Wartungsfirmen. Diese Entwicklung würde auch die Nachfrage nach entsprechender beruflicher Fortbildung, und Erfahrungsaustausch verstärken.

## **Begleitende Evaluation**

Diese empfohlenen Maßnahmen sollten von Evaluationen begleitet werden, um den Diffusionsprozess zu beobachten und zugleich über die zusätzlich gewonnenen Erkenntnisse beschleunigt in die Kommunikationskanäle und die berufliche Fortbildung zu transferieren. Dadurch würde eine positive Rückkopplung erreicht: eine zügige Investitionswelle würde über Skaleneffekte bei den Herstellern, Planern und Installateuren die spezifischen Investitionskosten (bzw. Transaktionskosten) senken und die Aufmerksamkeit von Planern, Energiedienstleistern und Anwendern für diese Technologie erhöhen.

## 6 Literaturverzeichnis

Arbeitsgemeinschaft Erneuerbare Energien-Statistik, Erneuerbare Energien in Deutschland – Daten zur Entwicklung im Jahr 2018, Umweltbundesamt (HG), 2019

VDI-Richtlinie 3988, Solarthermische Prozesswärme – Entwurf, Beuth Verlag Berlin, 2018

VDI 6002 Blatt 1, Solare Trinkwassererwärmung – Allgemeine Grundlagen – Systemtechnik und Anwendung im Wohnungsbau, Beuth Verlag, Berlin, 2014

Veitengruber, F. (2018): Potentialstudie zur Implementierung solarer Prozesswärme in branchentypische Verfahrensschritte der deutschen Kunststoffindustrie. Masterarbeit. Kassel: Institut für Produktionstechnik und Logistik, Universität Kassel.


## 7 Abkürzungsverzeichnis

KWK	Kraft-Wärme-Kopplung
RLT	Raumluftechnische (Anlagen)
RNV	Regenerative Nachverbrennung
SHIP	Solar Heat for Industrial Processes
TNV	Thermische Nachverbrennung
WRG	Wärmerückgewinnung



## 8 Anhang

### 8.1 Fragenbogen für Unternehmen

	<b>SolarAutomotive</b> Fragebogen zur Datenerhebung	
---	--	--

6. Wärmeintensive Prozesse innerhalb der Produktion*				
Nr.	Name/Beschreibung Prozess	Versorgungsanlage**	Temperatur [°C]	Frischwasserbedarf*** (Ja/Nein, Menge)
1				
2				
3				
4				
5				

\* Einschließlich elektrisch versorgte Prozesse. \*\* Durch welche der unter 4. Genannten Anlagen wird der Prozess versorgt?

\*\*\* Nur Frischwasserbedarf angeben, der innerhalb des Prozesses aufgeheizt werden muss.

7. Energetische Versorgung der unter 6. gelisteten Prozesse				
Nr.	Wärmeträgermedium (Dampf, Heißwasser, etc.)	T_vorlauf (°C)	T_rücklauf (°C)	Druck (bar)
1				
2				
3				
4				
5				

8. Heizbedarf				
Werden die Produktions- und/oder Lagerhallen im Winter und in der Übergangszeit beheizt?				
Ungefähre Heizperiode:				
Wie erfolgt die Beheizung? (z.B. Deckenstrahlplatten, Luftheiz, Heizkörper)				
	T_vorlauf (°C)		T_rücklauf (°C)	


9. Vorhandene Dach- bzw. Freiflächen				
Bezeichnung:				
Fläche (m²):				
Neigung:				
Ausrichtung (Süd, Ost, etc.):				
Angaben bzw. Prüfungen zur Statik vorhanden?				

10. Energieberatung/-management	
Wurde in jüngster Vergangenheit eine Effizienz-, Energieberatung oder -audit durchgeführt bzw. ein EnMS nach ISO 50001 eingeführt? Steht ein Bericht zur Verfügung?	
Stehen betrieblich geplante Änderungen der Prozesse oder der Energieversorgung an?	

Der Fragebogen dient zur Vorbereitung einer Machbarkeitsabschätzung zur Nutzung solarer Wärme für Produktionsprozesse im Rahmen des Projektes SolarAutomotive. Die erhobenen Daten werden vertraulich behandelt und nicht veröffentlicht.

# Energieforschungsprogramm - 1. Ausschreibung

Klima- und Energiefonds des Bundes – Abwicklung durch die Österreichische Forschungsförderungsgesellschaft FFG

	<b>SolarAutomotive</b> Fragebogen zur Datenerhebung	
---	--	--

6. Wärmeintensive Prozesse innerhalb der Produktion*				
Nr.	Name/Beschreibung Prozess	Versorgungsanlage**	Temperatur [°C]	Frischwasserbedarf*** (Ja/Nein, Menge)
1				
2				
3				
4				
5				

\* Einschließlich elektrisch versorgte Prozesse. \*\* Durch welche der unter 4. Genannten Anlagen wird der Prozess versorgt?  
 \*\*\* Nur Frischwasserbedarf angeben, der innerhalb des Prozesses aufgeheizt werden muss.

7. Energetische Versorgung der unter 6. gelisteten Prozesse				
Nr.	Wärmeträgermedium (Dampf, Heißwasser, etc.)	T_vorlauf (°C)	T_rücklauf (°C)	Druck (bar)
1				
2				
3				
4				
5				

8. Heizbedarf				
Werden die Produktions- und/oder Lagerhallen im Winter und in der Übergangszeit beheizt?				
Ungefähre Heizperiode:				
Wie erfolgt die Beheizung? (z.B. Deckenstrahlplatten, Lufterhitzer, Heizkörper)				
	T_vorlauf (°C)		T_rücklauf (°C)	

9. Vorhandene Dach- bzw. Freiflächen				
Bezeichnung:				
Fläche (m²):				
Neigung:				
Ausrichtung (Süd, Ost, etc.):				
Angaben bzw. Prüfungen zur Statik vorhanden?				

10. Energieberatung/-management	
Wurde in jüngster Vergangenheit eine Effizienz-, Energieberatung oder -audit durchgeführt bzw. ein EnMS nach ISO 50001 eingeführt? Steht ein Bericht zur Verfügung?	
Stehen betrieblich geplante Änderungen der Prozesse oder der Energieversorgung an?	

Der Fragebogen dient zur Vorbereitung einer Machbarkeitsabschätzung zur Nutzung solarer Wärme für Produktionsprozesse im Rahmen des Projektes SolarAutomotive. Die erhobenen Daten werden vertraulich behandelt und nicht veröffentlicht.

## 8.2 Fließschemen

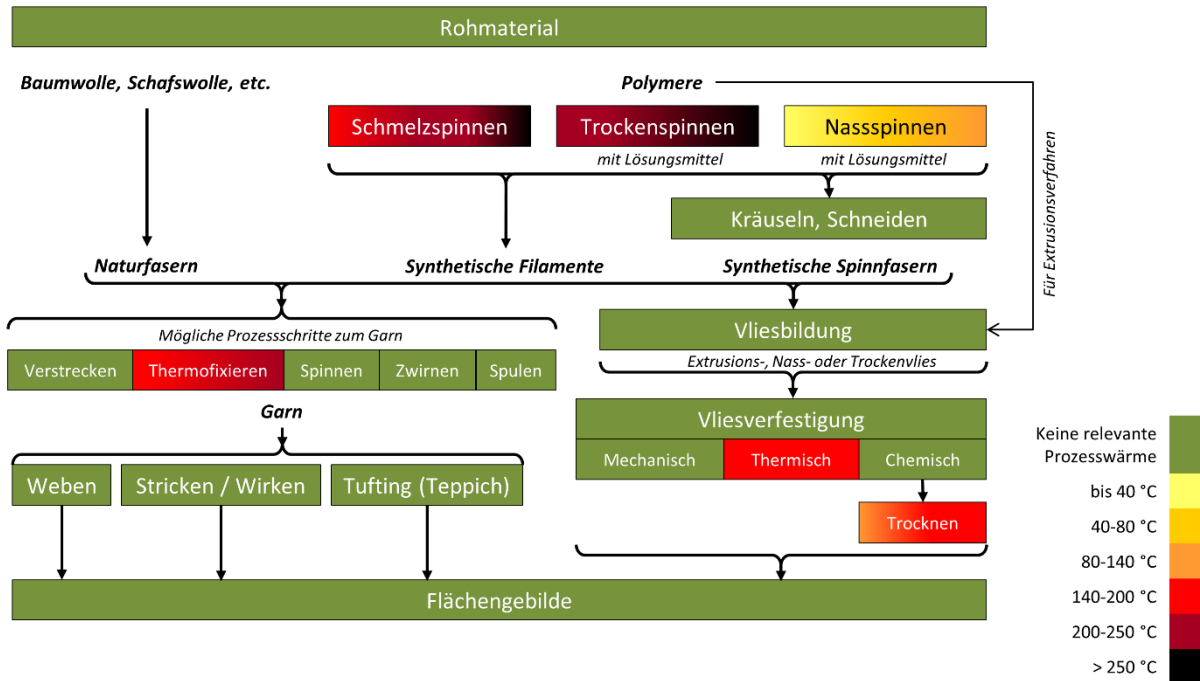


Abbildung 11: Fließschema Herstellung von Textilien (NACE 13.90)

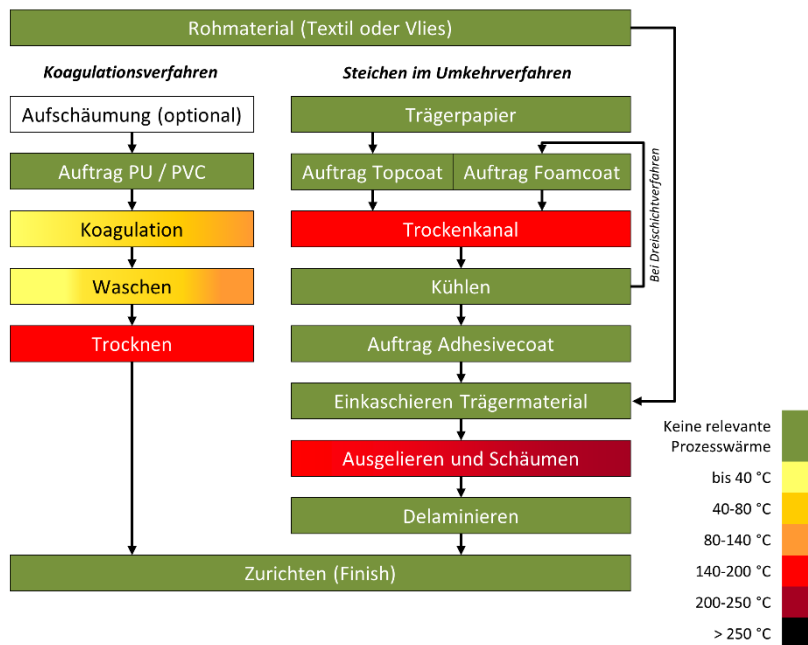


Abbildung 12: Fließschema Herstellung von Kunstleder (NACE 13.90)

# Energieforschungsprogramm - 1. Ausschreibung

Klima- und Energiefonds des Bundes – Abwicklung durch die Österreichische Forschungsförderungsgesellschaft FFG

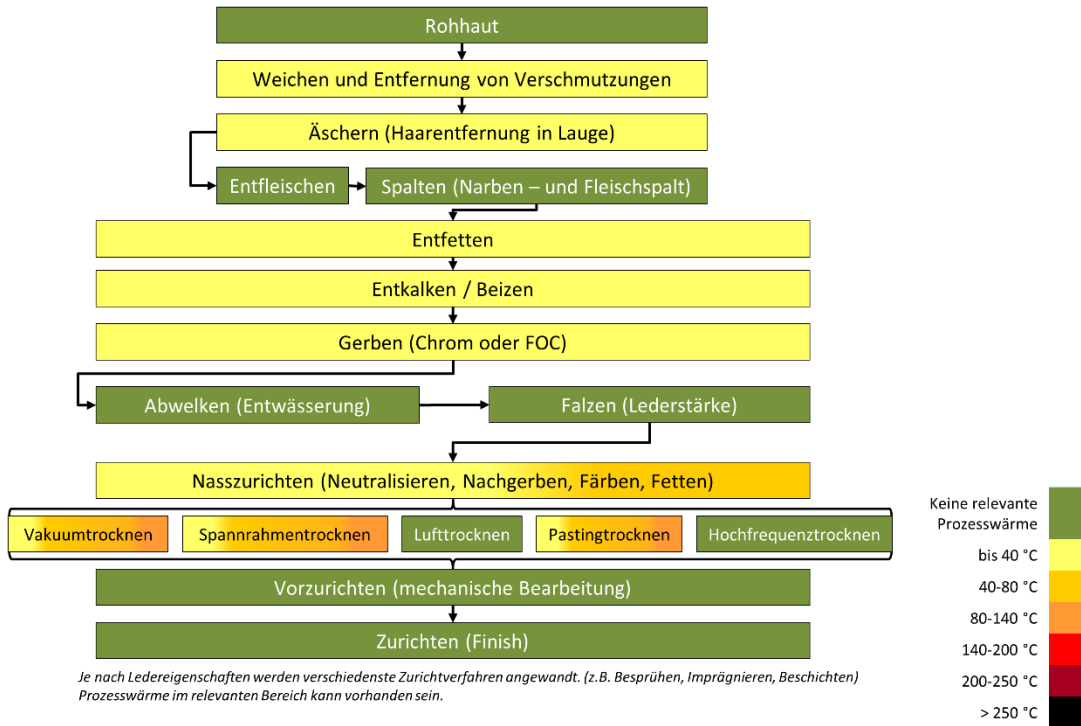


Abbildung 13: Fließschema Herstellung von Leder (NACE 15.10)

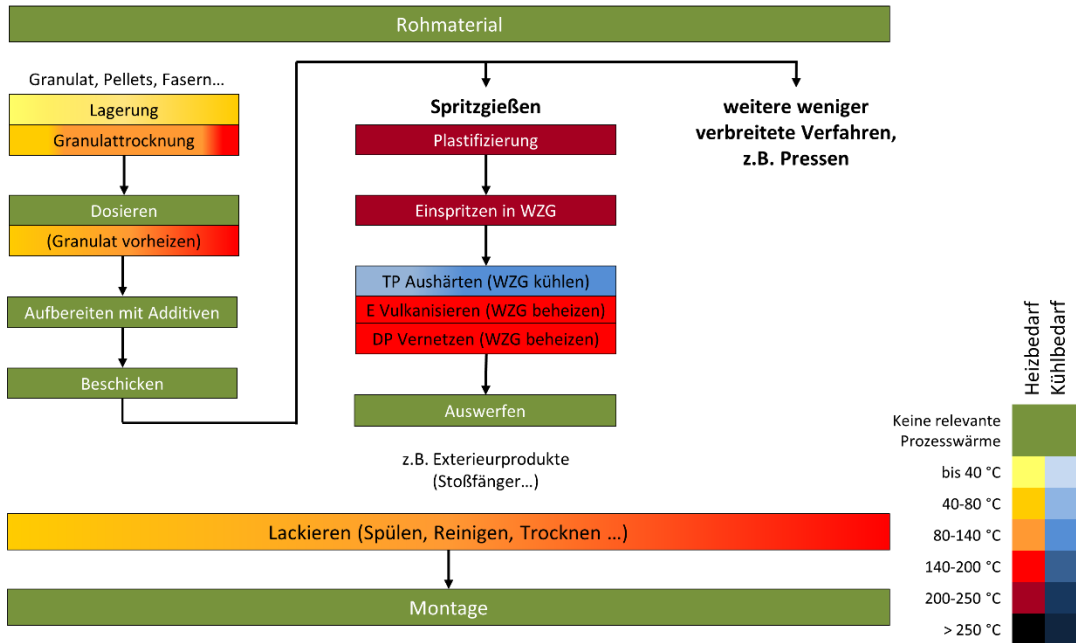


Abbildung 14: Fließschema Kunststoffverarbeitung (NACE 22.21)

# Energieforschungsprogramm - 1. Ausschreibung

Klima- und Energiefonds des Bundes – Abwicklung durch die Österreichische Forschungsförderungsgesellschaft FFG

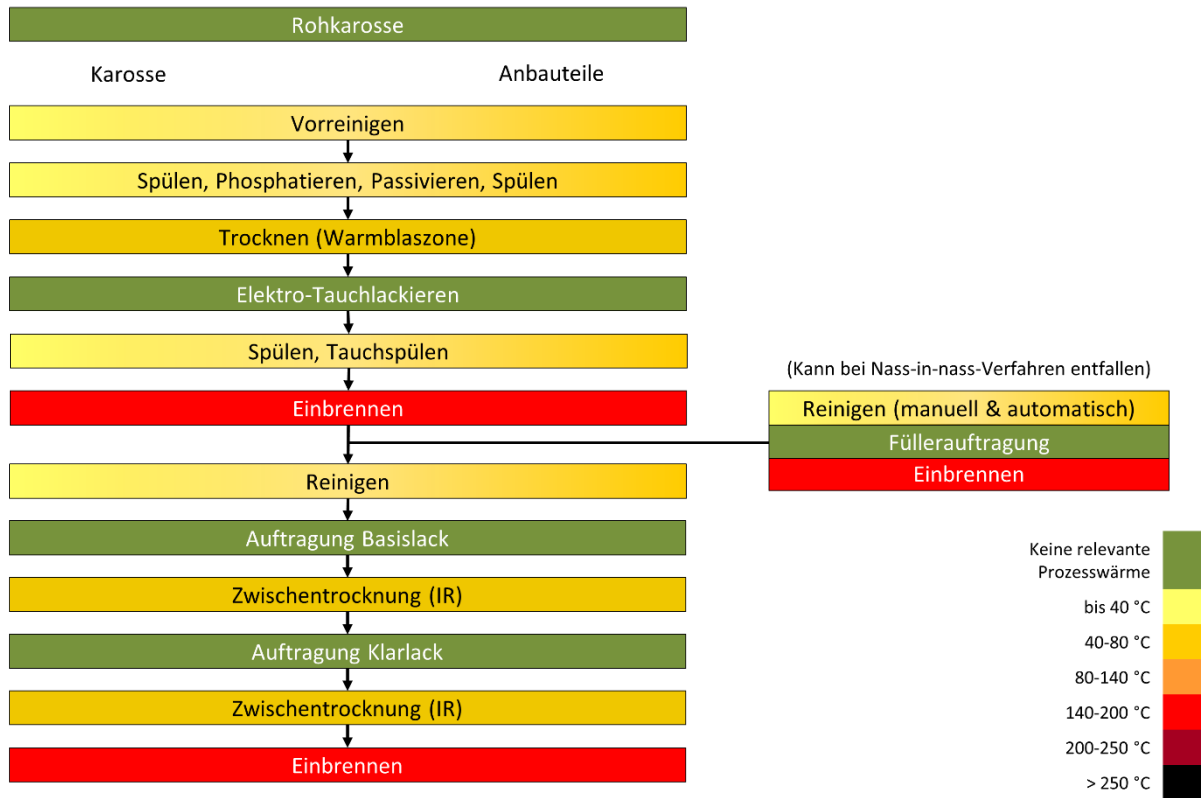


Abbildung 15: Fließschema Karosserielackierung (NACE 25.61)

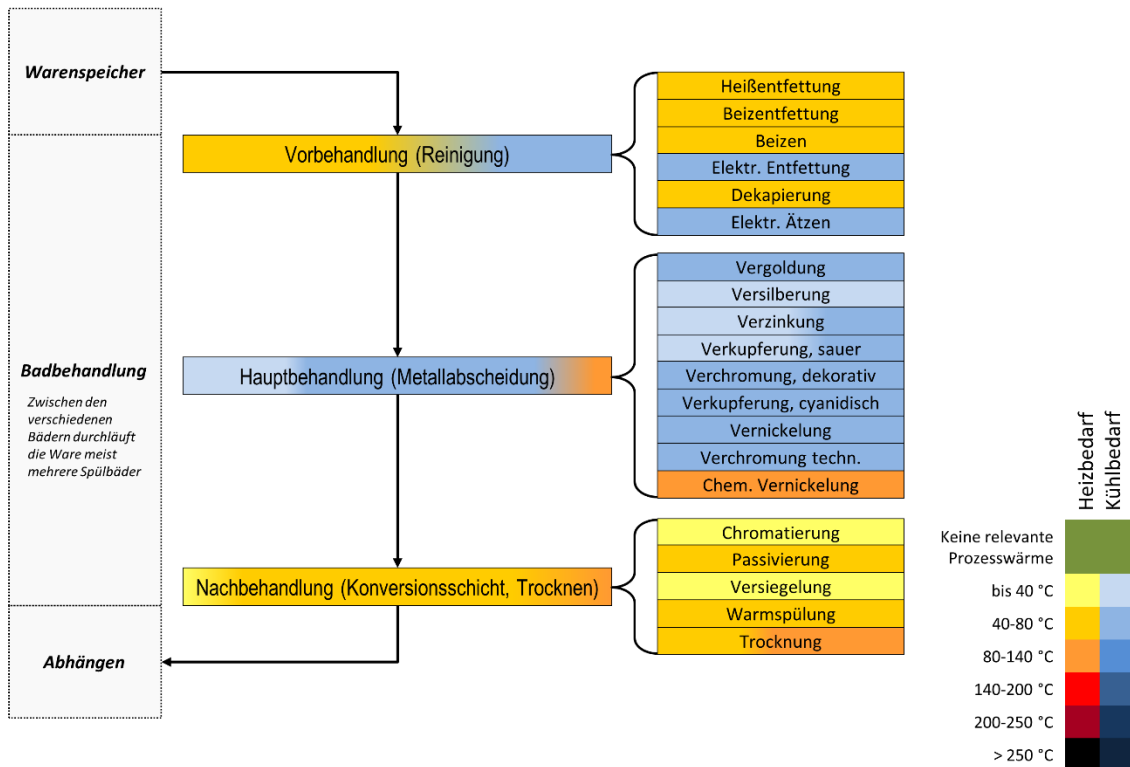


Abbildung 16: Fließschema Galvanotechnik (NACE 25.61)

# Energieforschungsprogramm - 1. Ausschreibung

Klima- und Energiefonds des Bundes – Abwicklung durch die Österreichische Forschungsförderungsgesellschaft FFG

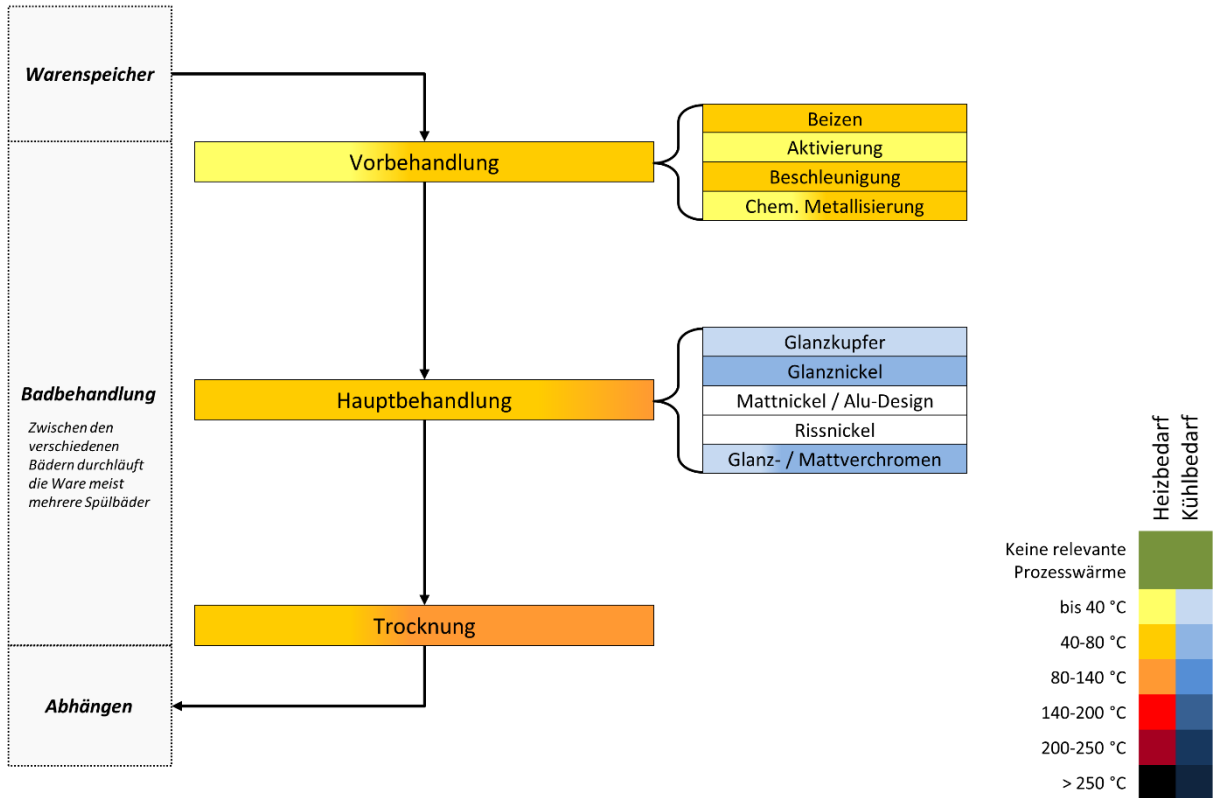


Abbildung 17: Fließschema Galvanotechnik Kunststoffmetallisierung (NACE 25.61)

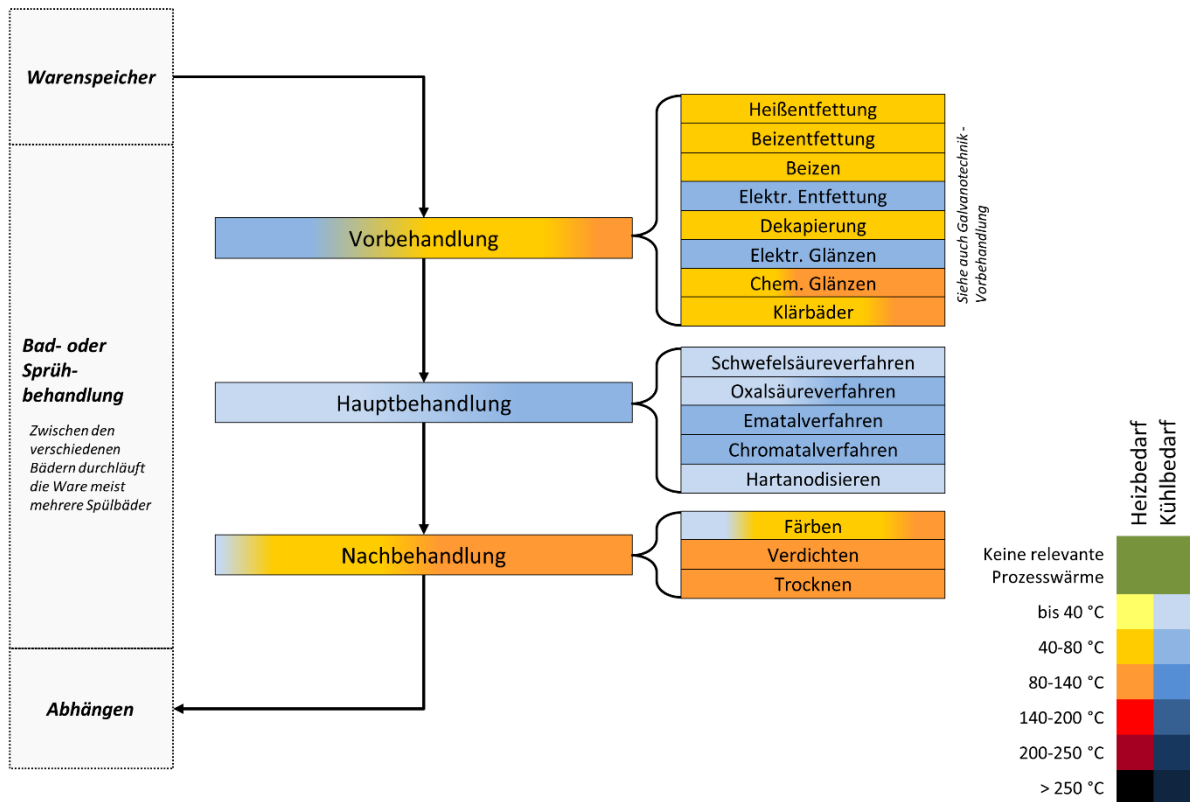
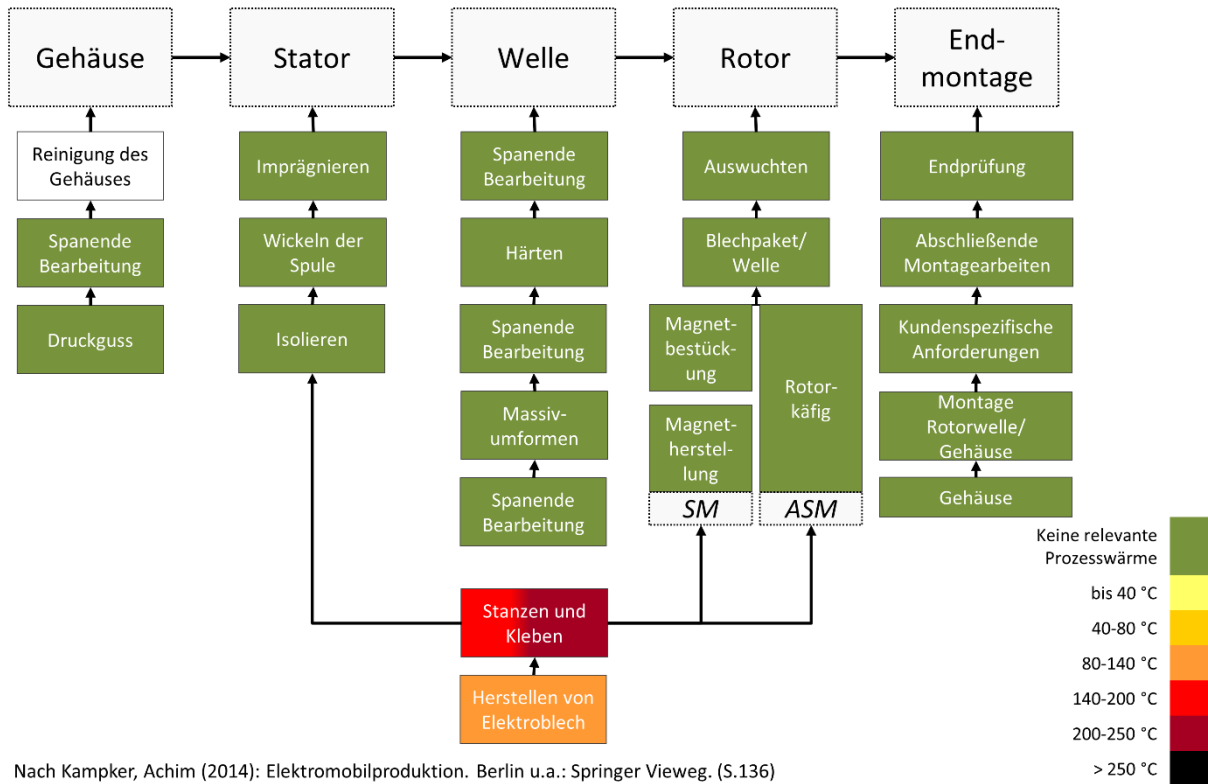


Abbildung 18: Fließschema Eloxieren (NACE 25.61)

# Energieforschungsprogramm - 1. Ausschreibung

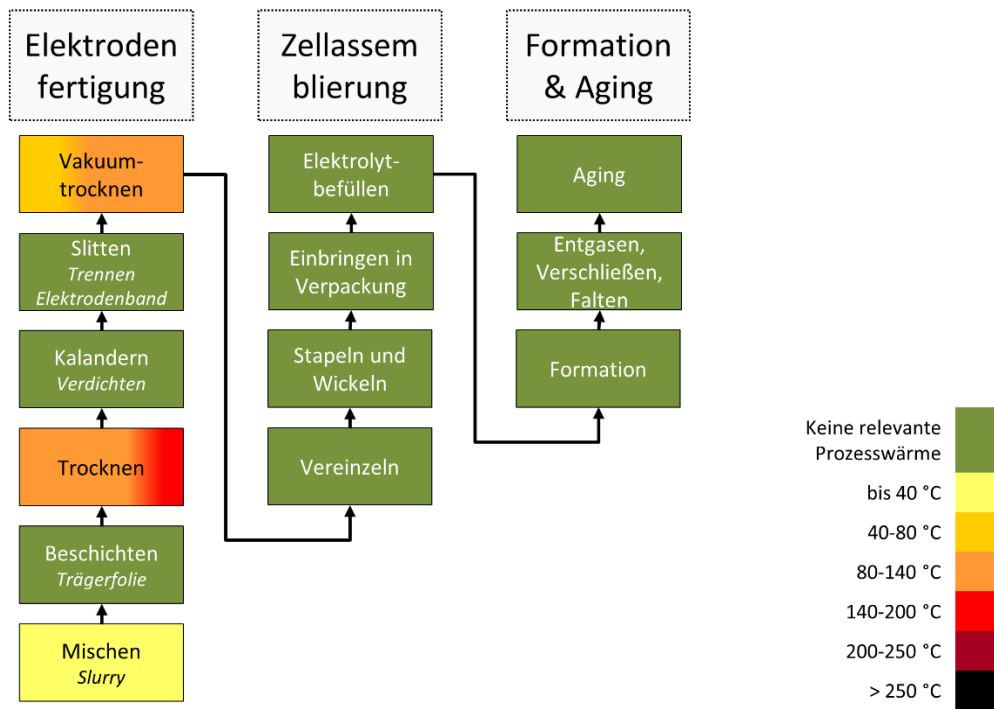
Klima- und Energiefonds des Bundes – Abwicklung durch die Österreichische Forschungsförderungsgesellschaft FFG



Nach Kampker, Achim (2014): Elektromobilproduktion. Berlin u.a.: Springer Vieweg. (S.136)

**Abbildung 19: Fließschema Produktion von Elektromotoren (NACE 27.11)**

Produktionsprozess einer Lithium-Ionen-Batteriezelle



Nach PEM, VDMA (2015): Produktionsprozess einer Lithium-Ionen-Batteriezelle. Hg. v. VDMA, PEM. Aachen.

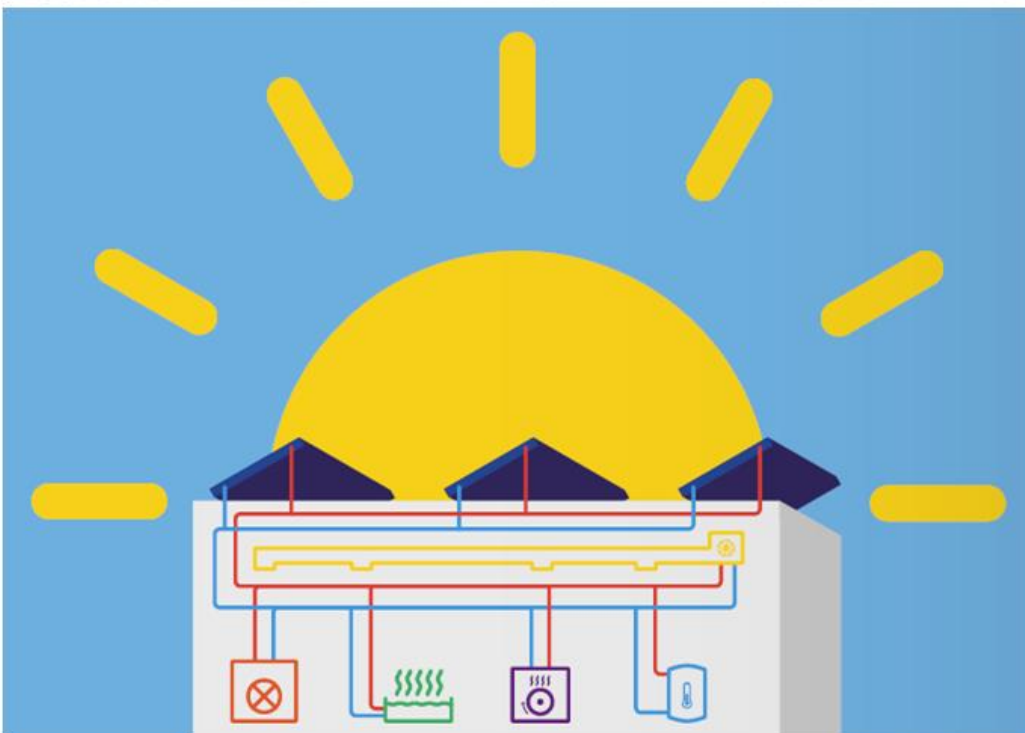
**Abbildung 20: Fließschema Produktion von Lithium-Ionen-Batteriezellen (NACE 27.20)**

## 8.3 Fact-Sheets

Auf den folgenden Seiten sind die erarbeiteten Fact-Sheets eingebunden. Diese stehen ebenfalls unter [www.solare-prozesswärme.info](http://www.solare-prozesswärme.info) zum Download bereit.

SOLAR  
AUTOMOTIVE

### Fact Sheets – Solare Prozesswärme *Integrationsmöglichkeiten und Beispielanlagen*





# Energieforschungsprogramm - 1. Ausschreibung

Klima- und Energiefonds des Bundes – Abwicklung durch die Österreichische Forschungsförderungsgesellschaft FFG



## Herausgeber

Universität Kassel  
Fachgebiet Umweltgerechte Produkte und Prozesse  
Kurt-Wolters-Str. 3  
34125 Kassel  
[www.upp-kassel.de](http://www.upp-kassel.de)

## Autoren

Florian Schlosser, Ulrich Trabert, Felix Pag, Dr. Bastian Schmitt  
Universität Kassel, FG Umweltgerechte Produkte und Prozesse  
FG Solar- und Anlagentechnik

## Unterstützt durch

STREKS -Stiftung für Ressourcen-Effizienz und Klimaschutz, Karlsruhe  
AEE –Institut für Nachhaltige Technologien, Gleisdorf

## Kontakt

Felix Pag  
Universität Kassel  
Fachgebiet Solar- und Anlagentechnik  
Tel.: +49 561 / 804 -1971  
[prozesswaerme@uni-kassel.de](mailto:prozesswaerme@uni-kassel.de)  
[www.solare-prozesswaerme.info](http://www.solare-prozesswaerme.info)

Erstellt im Rahmen des deutsch-österreichischen F&E Vorhabens SolarAutomotive – Solare Prozesswärme für die Automobil- und Zulieferindustrie. Das Projekt (FKZ: 0325863A) wurde vom Bundesministerium für Wirtschaft und Energie auf der Grundlage einer Entscheidung des Deutschen Bundestages sowie dem österreichischen Klima- und Energiefonds (Projektnummer: 848925) finanziert.

Die Verantwortung für den Inhalt dieser Veröffentlichung liegt bei den Autoren.



## Fact Sheets

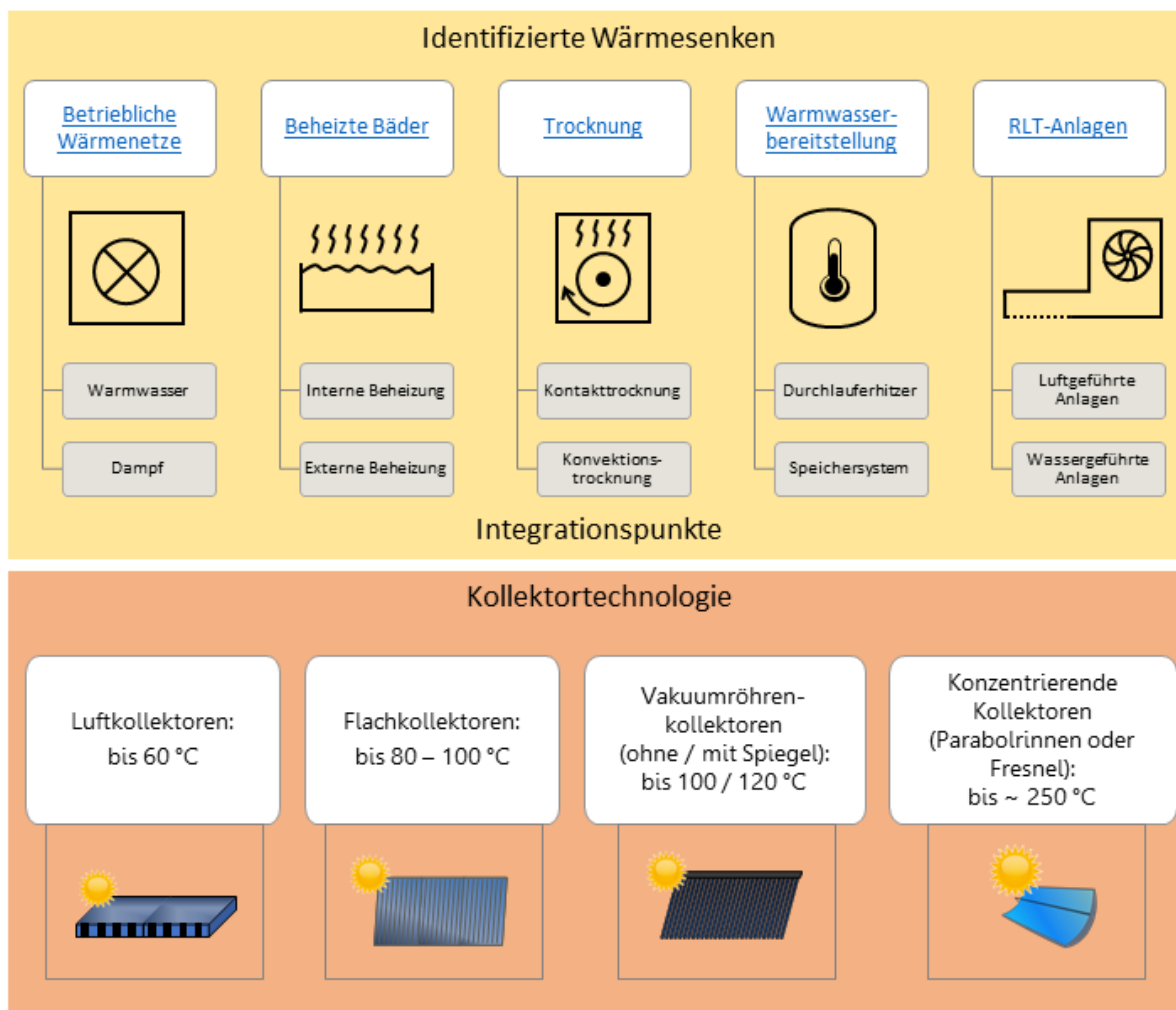
### Integration solarer Prozesswärme



#### Über die Fact Sheets

Die Fact Sheets wurden im Rahmen des Projekts "SolarAutomotive - Solare Prozesswärme für die Automobil- und Zulieferindustrie" entwickelt.

Auf Basis einer Prozessanalyse konnten fünf typische Wärmesenken abgeleitet werden, die sich für die Integration solarer Prozesswärme eignen und sich in vielen Unternehmen wiederfinden: betriebliche Wärmenetze, beheizte Bäder, Trocknungsprozesse, Warmwasserbereitstellung, sowie raumlufttechnische Anlagen. Konkrete Integrationsmöglichkeiten für diese Wärmesenken, die zu wählende Kollektortechnologie sowie Informationen zu Leuchtturmprojekten sind auf den folgenden Seiten dargestellt. Hilfestellung zur Bewertung eines Integrationskonzeptes ist im Leitfaden „Solare Prozesswärme“<sup>1</sup> zu finden.



<sup>1</sup> [www.solare-prozesswärme.info](http://www.solare-prozesswärme.info)



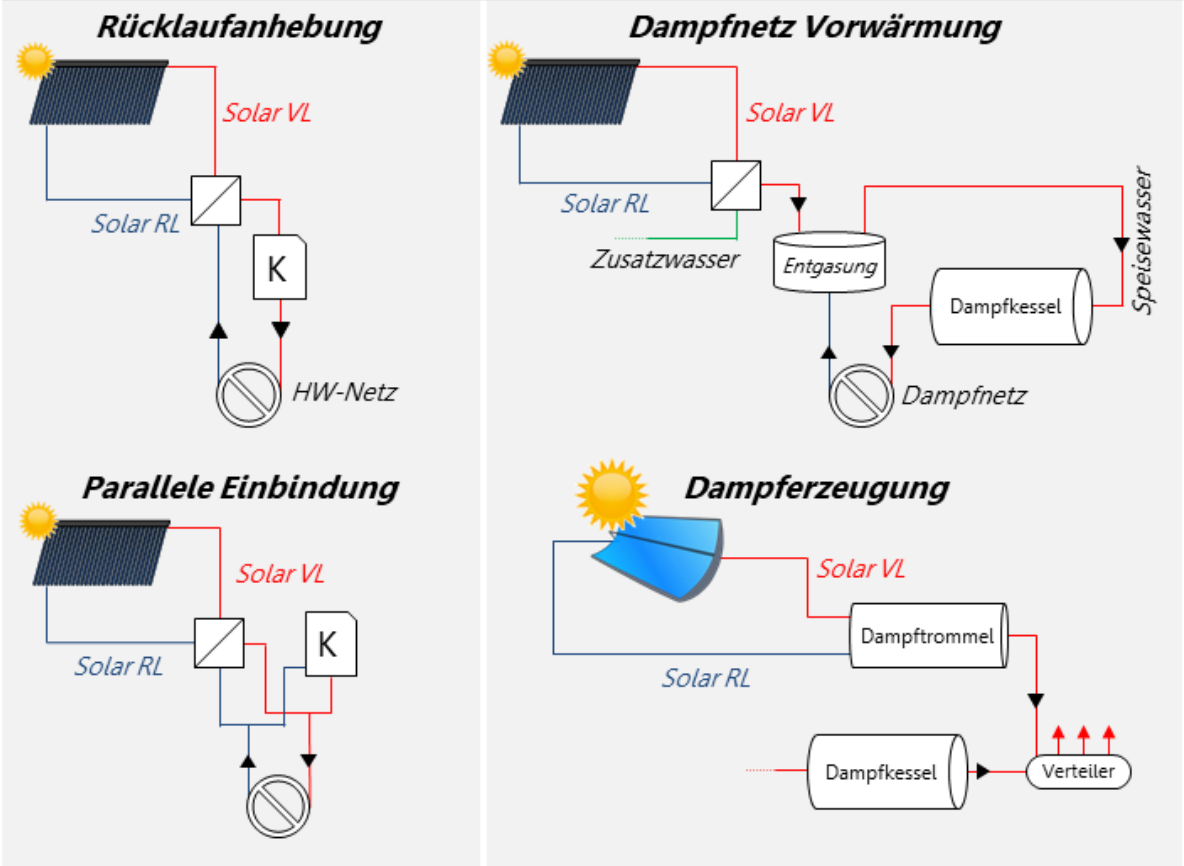
## Betriebliche Wärmenetze



### Möglichkeit zur Einbindung der Solarwärme

HW/WW-Netz	Dampfnetz
<ul style="list-style-type: none"> <li>- Heizungsvorlauf</li> <li>- Heizungsrücklauf</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Vorwärmung Speise- oder Zusatzwasser</li> <li>- Dampferzeugung</li> </ul>

### Integrationschemata

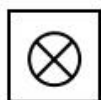


### Charakteristik



- + Hoher ausgeglichener Wärmebedarf
- + Grundlast außerhalb von Produktionszeiten
- + Versorgung aller Prozesse mit Solarwärme
- + Einfache Integration über Wärmeübertrager
- + Einfache Regelung

- Integration auf Temperaturniveau des Betriebsnetzes und damit oft der höchsten Prozesstemperatur



## Best Practice - Betriebliche Wärmenetze

SOLAR  
AUTOMOTIVE

### Beispiel 1 - Rücklaufanhebung

Die **Heinz Daurer & Söhne GmbH & Co. KG, Metall-Veredlung Lampertheim** beschichtet als Dienstleistungsunternehmen funktionelle und dekorative Metalloberflächen für Industrie und Handwerk. In 2014 investierte das Unternehmen in eine Solarthermieanlage zur teilweisen Deckung des Wärmebedarfs.

Die Solaranlage, bestehend aus knapp **300 m<sup>2</sup> CPC-Kollektoren** und einem **15 m<sup>3</sup> Speicher** sind zentral in die Wärmeversorgung des Unternehmens eingebunden. Das Kollektorfeld ist direkt, also ohne Wärmetauscher, an den Pufferspeicher angeschlossen, über den wiederum das betriebliche Warmwassernetz versorgt wird. Damit können die angeschlossenen Verbraucher mit Temperaturanforderungen zwischen 50 und 90°C (Galvanikbecken, Trocknung, Raumlufttechnische Anlagen, Warmwasserbereitstellung und Gebäudeheizung) von der Solarwärme profitieren.

Die Solaranlage liefert im Jahr etwa **105 MWh** Wärme und substituiert damit rund 20 % des jährlichen Heizöl-einsatzes. An guten Sommertagen kann der Ölkessel komplett ausbleiben, da die Solaranlage den Wärmebedarf des Unternehmens zu 100 % deckt. Die Investitionskosten von knapp einer viertel Million Euro (Turn-Key) wurden zur Hälfte durch das BAFA gefördert.



### Beispiel 2 – Parallele Einbindung

Die **Hustert Galvanik GmbH in Rahden** ist ein Lohngalvanikbetrieb und bietet Galvanische Verzinkungen nach DIN 50979 als Blau passiviert und Blau Dickschicht passiviert an. Im Juli 2011 wurde eine Solarthermieanlage in Betrieb genommen, die nun eine Ölkesselanlage bei der Beheizung der Tauchbecken und Trockenkammern unterstützt.

Die Solaranlage besteht aus **45 CPC-Kollektoren mit 221 m<sup>2</sup> Bruttokollektorfläche**. Die Einspeisung der Solarwärme erfolgt direkt in die hydraulische Weiche der Kesselanlage. Da die Anlage **ohne Speicher** betrieben wird, puffern die Tauchbecken sommerliche Peaks ab. Die Vorlauftemperatur wird zwischen 75 und 90 °C dynamisch an den Bedarf angepasst.

Der Ertrag der Solaranlage liegt bei etwa **95 MWh** Wärme im Jahr, wodurch bis zu 15.000 Liter Heizöl eingespart werden.



Quelle: Hustert Galvanik GmbH

## Beheizte Bäder

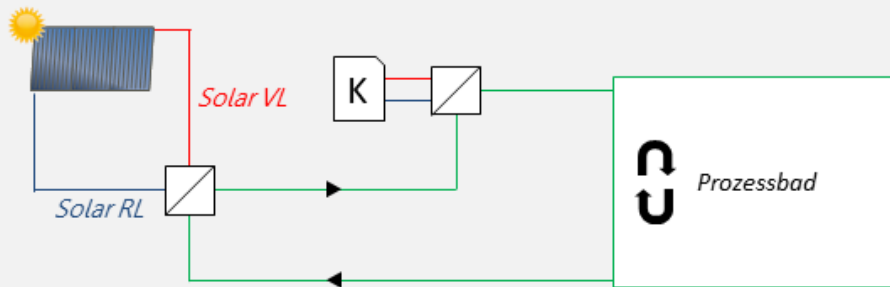


### Möglichkeit zur Einbindung der Solarwärme

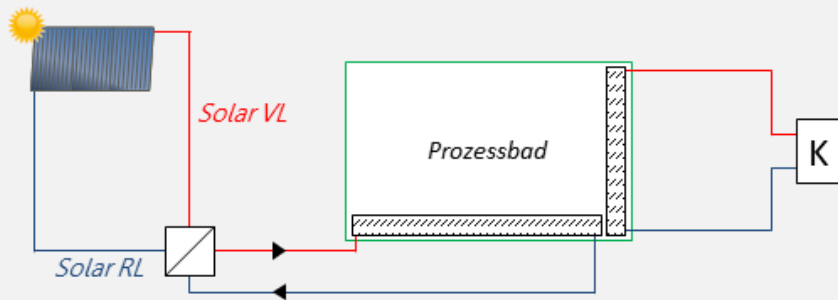
EWÜT / IWÜT	EWÜT / IWÜT
<ul style="list-style-type: none"> <li>- Reinigen</li> <li>- Entfetten</li> <li>- Spülen</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Prozessbäder (z.B. Beizen, chem. Beschichtung, Glänzen, Klären)</li> </ul>

### Integrationschemata

#### Externer Wärmeübertrager (EWÜT)



#### Interner Wärmeübertrager (IWÜT)



### Charakteristik



- |  |  |
|--|--|
| <ul style="list-style-type: none"> <li>+ Gleichmäßiger Wärmebedarf</li> <li>+ Ggf. regelmäßige Neubefüllung</li> <li>+ Bad selbst kann je nach Badinhalt und Größe als Speicher genutzt werden</li> <li>+ Ggf. Wärmebedarf am Wochenende durch Temperaturhaltung</li> <li>+ Ggf. hohe Solltemperatur der Solaranlage aufgrund Parallelschaltung zur konv. Beheizung</li> </ul> | <ul style="list-style-type: none"> <li>- Je nach konventioneller Beheizung ggf. hoher Aufwand zur Einbindung der Solarwärme</li> </ul> |
|--|--|

## Best Practice – Beheizte Bäder

SOLAR  
AUTOMOTIVE

### Beispiel 1 – Externer Wärmeübertrager

Die **Leder- und Pelzgerberei Beuleke** fertigt am Standort im hessischen Runkel eigene Leder- und Fellprodukte oder verarbeitet im Lohnauftrag eine breite Bandbreite von Tierhäuten.

Im Jahr 2016 wurde im Unternehmen eine Solaranlage mit **98 m<sup>2</sup> Vakuumröhrenkollektoren** zur Beheizung des Gerbbeckens installiert. Ein **Speicher mit 7,5 m<sup>3</sup>** Volumen ergänzt die Anlage, die den Prozess über einen externen Wärmeübertrager mit Solarwärme versorgt. Das Gerbbecken benötigt Temperaturen bis zu 65 °C.

Auf diese Weise können etwa **29 MWh** Ertrag im Jahr erzielt werden, sodass 15 % der benötigten Wärme für das Gerben von der Solaranlage bereitgestellt werden können.

Die Investitionskosten von knapp unter 90.000 Euro wurden zur Hälfte durch das BAFA gefördert.



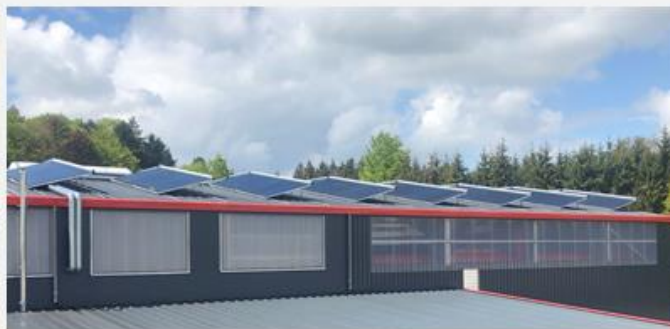
Quelle: ETS Technologies

### Beispiel 2 – Interner Wärmeübertrager

Die **Entlackungsfabrik GmbH** in Welzheim-Breitenfurst ist Spezialist für die Entlackung. Das thermische Entlacken sowie die Vorbehandlung der Karossen findet in Bädern statt, welche durch interne Wärmeübertrager beheizt werden.

Die Beheizung übernimmt seit 2014 eine Solaranlage mit **158 m<sup>2</sup> CPC-Vakuumröhrenkollektoren** in Kombination mit einem BHKW. Diese speisen einen **10 m<sup>3</sup> Speicher**. Die Kollektoren stellen die Wärme auf einem Temperaturniveau zwischen 65 und 85 °C bereit.

Die Solaranlage liefert **66 MWh** Wärme im Jahr und kann damit ca. 30 % des Wärmebedarfs des Prozesses decken. Die Investitionskosten von etwa 180.000 Euro wurden zur Hälfte durch das BAFA gefördert.



Quelle: Entlackungsfabrik GmbH



## Trocknung

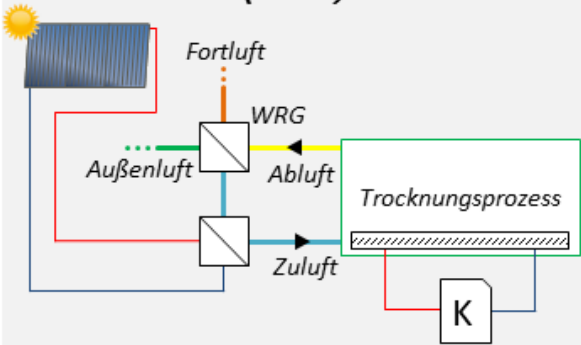


### Möglichkeit zur Einbindung der Solarwärme

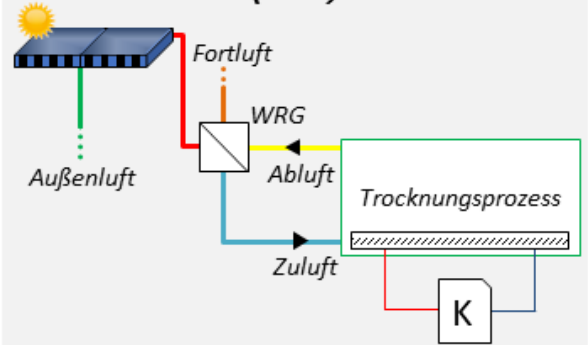
wFLV / lFLV	KT	wFLV / lFLV
- Konvektionstrocknung	- Kontaktstrocknung	- Granulattrocknung (Kunststoff)

### Integrationschemata

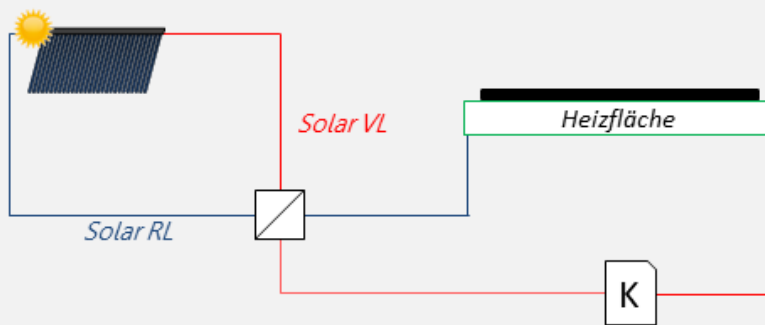
#### Wassergeführte Frischluftvorwärmung (wFLV)



#### Luftgeführte Frischluftvorwärmung (lFLV)



#### Kontaktstrocknung (KT)



### Charakteristik



- + Auch im Sommer hoher Wärmebedarf
- + Je nach Produkt niedrige Systemtemperaturen und damit hoher Solarertrag
- + Niedrige Systemkosten mit Luftkollektoren
- Wassergeführte Einbindung:
  - > Niedrigere Erträge und teurer als luftgeführtes System
- Luftgeführte Einbindung:
  - > Große Rohrquerschnitte
  - > kein Solarspeicher
  - > hauptsächlich für kontinuierlich am Tag betriebene Prozesse



## Best Practice – Trocknung

SOLAR  
AUTOMOTIVE

### Beispiel 1 – Wassergeführte Frischluftvorwärmung

Die **911er Klinik GmbH** ist ein KFZ-Service-Betrieb, der insbesondere auf die Unfall- und Karosserieinstandsetzung spezialisiert ist. Am Standort in Hanau Klein-Auheim investierte das Unternehmen im Jahr 2016 in eine Solaranlage zur Beheizung von zwei Lackierkabinen.

Um die Frischluft für die Lackierkabinen vorzuwärmen, wurden **134 m<sup>2</sup> Vakuumröhrenkollektoren** mit einem **6 m<sup>3</sup> Speicher** installiert. Diese beliefern den Prozess mit Wärme bei einer Temperatur zwischen 40 und 65 °C. Damit die Anlage hohe Erträge erzielt, wird überschüssige Solarwärme für das Heißwasser des Hochdruckreinigers und die Beheizung der Werkstätten verwendet.

Die Solaranlage liefert im Jahr etwa **57 MWh** Wärme, womit etwa 23 % des Wärmebedarfs der Prozesse gedeckt werden kann. Die Investitionskosten von etwa 132.000 Euro wurden zur Hälfte durch das BAFA gefördert.



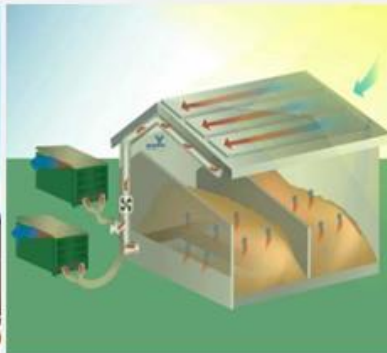
Quelle: 911er Klinik GmbH

### Beispiel 2 – Luftgeführte Frischluftvorwärmung

Die **Waldservice Ortenau GmbH (WSO)** ist ein Forstwirtschaftsbetrieb in Ohlsbach im Kinzigtal. In 2015 investierte der Energieholzveredler in eine Solaranlage zur Trocknung von Holzhackgut.

Auf einer Lagerhalle für Hackschnitzel sind **240 m<sup>2</sup> Luftkollektoren** installiert, die die Zuluft (10.000 m<sup>3</sup>/h) zur Trocknung von Holzhackschnitzeln durch Stützventilatoren und Belüftungslanzen und/oder Container bis auf 60 °C erhitzt.

Die Solaranlage liefert im Jahr bis zu **170 MWh** Wärme. Die Investitionskosten von 117.000 Euro wurden zur Hälfte durch das BAFA gefördert.



Quelle: GRAMMER Solar





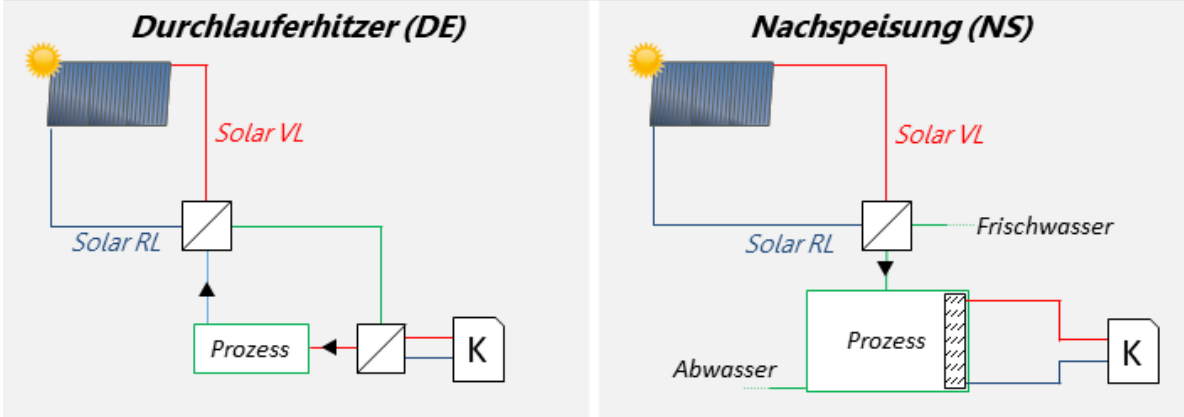
## Warmwasserbereitstellung



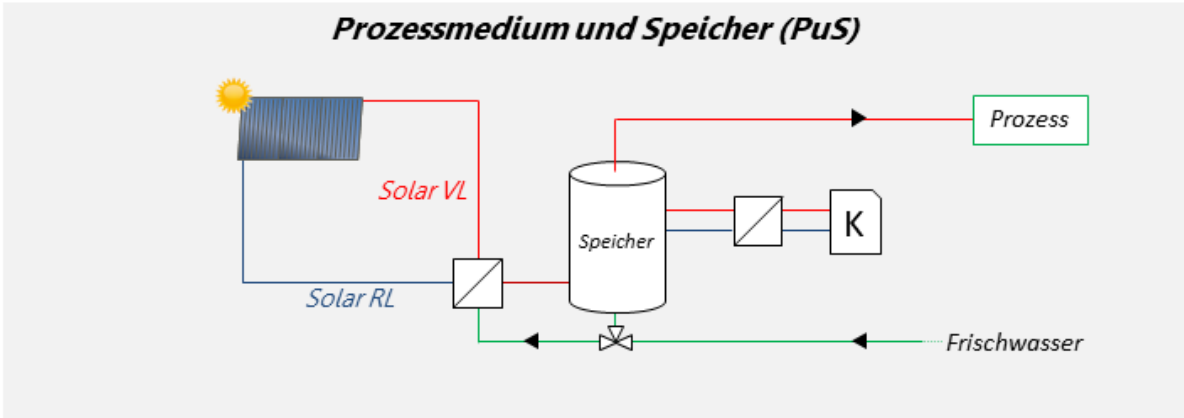
### Möglichkeit zur Einbindung der Solarwärme

DE / NS	DE / NS	NS / PuS
<ul style="list-style-type: none"> <li>- Entfetten</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Waschen</li> <li>- Reinigen</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Wässrige Vorbehandlung</li> <li>- Färben</li> </ul>

### Integrations schemata



### Prozessmedium und Speicher (PuS)



### Charakteristik



- + Niedriges Temperaturniveau und potentiell hohe Solarerträge
- + Speicherinfrastruktur häufig bereits vorhanden, verkleinert ggf. den notwendigen Solarspeicher

- In der Regel keine Grundlast, dafür jedoch große Peaks im Verbrauch



## Best Practice – Warmwasserbereitstellung

SOLAR  
AUTOMOTIVE

### Beispiel 1 – Rücklaufanhebung/ Prozessmedium und Speicher

Der Standort Bremen der **Mr. Wash Autoservice AG** hat in 2018 eine zentral eingebundene solare Prozesswärmanlage installiert, die alle thermischen Prozesse der Fahrzeugreinigung unterstützt.

Auf dem Dach des Standortes wurden ca. **500 m<sup>2</sup> CPC-Kollektoren** installiert, die den Rücklauf des Gaskessels auf bis zu 85 °C aufheizen. Da die Anlage nur über einen sehr kleinen Speicher von 4 m<sup>3</sup> verfügt, der als hydraulische Weiche dient, werden solare Wärmeüberschüsse in einen Osmosewasserspeicher eingebracht.

Die Solaranlage liefert im Jahr rund **265 MWh** Wärme, womit knapp **22 %** des Wärmebedarfs am Standort gedeckt werden können.

Die Kosten von rund 515.000 Euro wurden zu 45 % durch das BAFA gefördert.



Quelle: Mr. Wash Autoservice AG

### Beispiel 2 – Prozessmedium und Speicher

Die **Spedition Petri GmbH** ist spezialisiert auf den Gütertransport in Silos. Zudem bieten sie am Standort in Montabaur die innere Reinigung von Siloauflegern an.

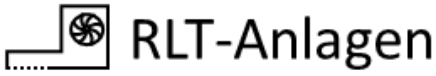
Die Reinigungsanlage hat einen Frischwasserbedarf von 16,5 m<sup>3</sup>/d. Seit 2018 wird die Aufheizung des Frischwassers durch eine Solaranlage unterstützt. Hierzu wurden **256 m<sup>2</sup> Vakuumröhrenkollektoren** installiert, die das Frischwasser auf bis zu 80 °C erwärmen. Die Anlage wird durch einen **15 m<sup>3</sup> Speicher** ergänzt.

Im Jahr können so **140 MWh** Wärme bereit gestellt werden, sodass etwa 34 % des Wärmebedarfs des Prozesses von der Solaranlage gedeckt werden.

Das Investitionsvolumen von 150.000 Euro wurde zur Hälfte durch das BAFA gefördert.



Quelle: Spedition Petri GmbH

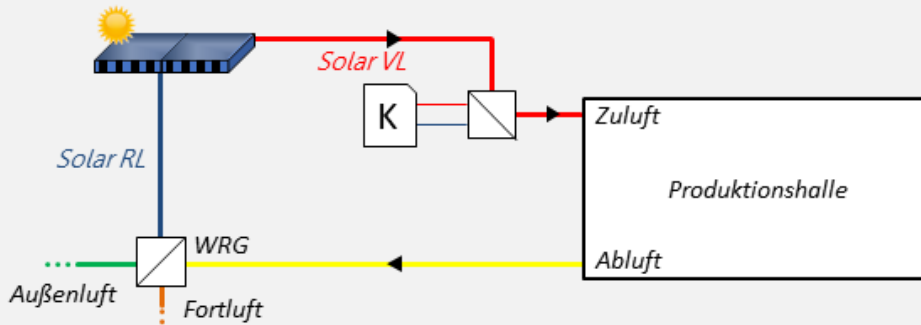


## Möglichkeit zur Einbindung der Solarwärme

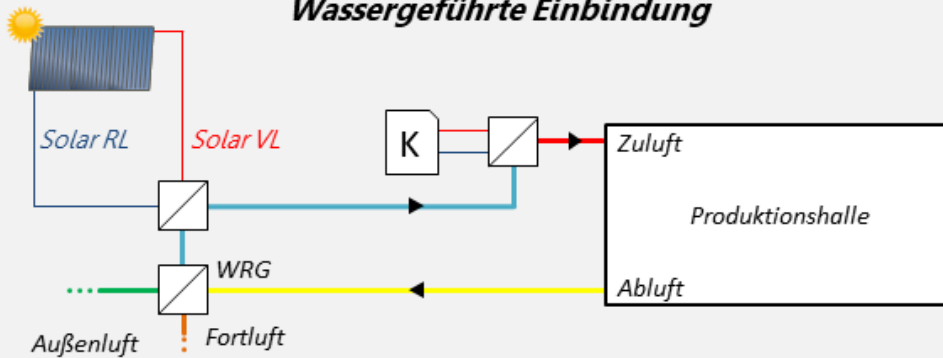
- Luftkonditionierung von Produktionsräumen

### Integrationschemata

#### Luftgeführte Einbindung



#### Wassergeführte Einbindung



### Charakteristik



- + Niedriges Temperaturniveau
- + Hoher Wärmebedarf bei aktiver Entfeuchtung
- Hohe Außentemperaturabhängigkeit des Wärmebedarfs → reduzierte solare Deckung im Jahresverlauf

## Best Practice – RLT-Anlagen

SOLAR  
AUTOMOTIVE

### Beispiel 1 – Luftgeführte Einbindung

Die **Lethe GmbH** in Hamburg bietet viele Produkte aus Stahl, Edelstahl oder Aluminium zur Ausstattung von Schiffen an. Im Jahr 2015 investierte das Unternehmen in eine Solarthermieanlage zur teilweisen Deckung des Prozesswärmebedarfs.

Die Solaranlage besteht aus **80 m<sup>2</sup> Luftkollektoren**, die 2.800 m<sup>3</sup> Frischluft pro Stunde auf 22 °C erwärmen können. Die vorgewärmte Außenluft wird anschließend im Lackierprozess benötigt oder für die Raumerwärmung der Lackiervorbereitung eingesetzt.

Im Jahr können so **35 MWh** Wärme bereit gestellt werden, sodass etwa 40 % des Wärmebedarfs von der Solaranlage gedeckt werden. Das Investitionsvolumen von 45.000 Euro wurde zur Hälfte durch das BAFA gefördert.



Quelle: GRAMMER Solar

### Beispiel 2 – Wassergeführte Einbindung

Im **Lackiercenter Schulte** in Meppen werden überwiegend Reparaturlackierungen, aber auch jegliche Lackierungen von Karosserieteilen durchgeführt. Aufgrund des hohen Energieverbrauchs ließ das Unternehmen im Jahr 2008 eine Solarthermieanlage installieren.

Die Anlage besteht aus **137 m<sup>2</sup> Vakuumröhrenkollektoren** und **zwei 5 m<sup>3</sup> Speichern**. Über Wasser-Luft-Wärmeübertrager werden nun die Lackier- und die Trocknungskammern mit Solarwärme versorgt. Der Lackierprozess findet bei lediglich 24 °C statt, während für die Trocknung 70 °C benötigt werden.

Die Solaranlage liefert im Jahr etwa **54 MWh** Wärme und deckt damit rund 30 % des jährlichen Wärmebedarfs ab.



Quellen: S-Power,  
Sonne Wind & Wärme 3/2009

## 9 Kontaktdaten

DI Jürgen Fluch

AEE – Institut für Nachhaltige Technologien (AEE INTEC)

Feldgasse 19, 8200 Gleisdorf

Tel.: +43 3112 5886 454

Fax: +43 3112 5886 18

### **SolarAutomotive - Solare Prozesswärme für die Automobil- und Zulieferindustrie**

*Binationales Verbundvorhaben zwischen Deutschland und Österreich*

#### **Projektpartner Deutschland**

##### **Universität Kassel**

Fachgebiet Solar- und Anlagentechnik

Institut für thermische Energietechnik

[www.solar.uni-kassel.de](http://www.solar.uni-kassel.de)

##### **Universität Kassel**

Fachgebiet Umweltgerechte Produkte und

Prozesse

Institut für Produktionstechnik und Logistik

[www.upp-kassel.de](http://www.upp-kassel.de)

##### **STREKS Stiftung für**

##### **Ressourceneffizienz**

##### **und Klimaschutz**

Karlsruhe

[www.streks.org](http://www.streks.org)

#### **Projektpartner Österreich**

##### **AEE - Institut für Nachhaltige**

##### **Technologien**

Gleisdorf

[www.aee-intec.at](http://www.aee-intec.at)

##### **SOLID Solar Energy Systems GmbH**

Graz

[www.solid.at](http://www.solid.at)

##### **KPV Solar GmbH**

Klagenfurt am Wörthersee

[www.kpv-solar.com](http://www.kpv-solar.com)