



Jahresbericht 2018

---

# Applied Research und (inter)nationale Dis- semination und Vernetzung

---



©SPF 2018



INSTITUT FÜR  
SOLARTECHNIK

**Datum:** 05.12.2018

**Ort:** Rapperswil

**Auftraggeberin:**

Bundesamt für Energie BFE  
Forschungsprogramm Solarthermie und Wärmespeicherung  
CH-3003 Bern  
[www.bfe.admin.ch](http://www.bfe.admin.ch)  
[energieforschung@bfe.admin.ch](mailto:energieforschung@bfe.admin.ch)

**Auftragnehmer/in:**

Institut für Solartechnik SPF, Hochschule für Technik HSR  
Oberseetrasse 10  
CH-8640 Rapperswil  
[www.spf.ch](http://www.spf.ch)

**Autor/in:**

Stefan Brunold, Institut für Solartechnik SPF, [stefan.brunold@spf.ch](mailto:stefan.brunold@spf.ch)  
Michel Haller, Institut für Solartechnik SPF, [michel.haller@spf.ch](mailto:michel.haller@spf.ch)  
Paul Gantenbein, Institut für Solartechnik SPF, [paul.gantenbein@spf.ch](mailto:paul.gantenbein@spf.ch)  
Mattia Battaglia, Institut für Solartechnik SPF, [mattia.battaglia@spf.ch](mailto:mattia.battaglia@spf.ch)  
Andreas Reber, Institut für Solartechnik SPF, [andreas.reber@spf.ch](mailto:andreas.reber@spf.ch)  
Robert Haberl, Institut für Solartechnik SPF, [robert.haberl@spf.ch](mailto:robert.haberl@spf.ch)

**BFE-Bereichsleitung:** Andreas Eckmanns, [andreas.eckmanns@bfe.admin.ch](mailto:andreas.eckmanns@bfe.admin.ch)  
**BFE-Programmleitung:** Elimar Frank (Frank Energy GmbH), [elimar.frank@frank-energy.com](mailto:elimar.frank@frank-energy.com)  
**BFE-Vertragsnummer:** SI/500315-03

**Für den Inhalt und die Schlussfolgerungen sind ausschliesslich die Autoren dieses Berichts verantwortlich.**



## Zusammenfassung

Um flexibel, schnell und gezielt auf Anfragen seitens der Solarthermie-Stakeholder (öffentlich, Industrieverbände, etc.) und der „Thermischen Solarenergie-Szene“ zu reagieren, werden am SPF als Kompetenzzentrum Solarthermie Aktivitäten initiiert, die Forschungsergebnisse von allgemeinem Interesse produzieren, welche sich aus verschiedenen Gründen nicht in grössere Forschungsprojekte einbinden lassen bzw. die möglichst schnell erarbeitet und verbreitet werden sollen. Im Berichtsjahr wurden die folgenden sogenannten „applied research“ Themen bearbeitet:

- CorAl – Corrosion of Aluminium
- Messung der Wärmekapazität von flüssigen Wärmeträgern
- BigStrat - Schichtung grosser Wärmespeicher
- HePoStAl - Heat and Power Storage in Aluminum
- LegioSafe - Legionellensicherheit in thermischen Solaranlagen
- DiffStrat - Stratification of Thermal Storage Tanks by Diffusor Design

Ergänzend zu diesen „applied research“-Aktivitäten ist für die nicht zwingend projektgebundene Kontinuität der nationalen und internationalen Vernetzung die aF&E bezogene Mitarbeit des SPF in verschiedenen Gremien und working groups sowie die aktive Mitgliedschaft in Verbänden nötig. Hier werden insbesondere die Ergebnisse und Erkenntnisse aus dem Bereich applied research regelmässig zielführend eingebracht und verbreitet.

## Summary

In order to respond flexibly, quickly and specifically to inquiries coming from solar thermal stakeholders (public, industrial associations, etc.) and from the "solar thermal energy scene", SPF as a competence center for solar thermal energy is initiating activities producing results of general interest, which for various reasons cannot be integrated into larger research projects or which should be developed and disseminated as quickly as possible. The following so-called "applied research" topics were explored in the year under review:

- CorAl – Corrosion of Aluminium
- Messung der Wärmekapazität von flüssigen Wärmeträgern
- BigStrat - Schichtung grosser Wärmespeicher
- HePoStAl - Heat and Power Storage in Aluminum
- LegioSafe - Legionellensicherheit in thermischen Solaranlagen
- DiffStrat - Stratification of Thermal Storage Tanks by Diffusor Design

In addition to these "applied research" activities, the non-mandatory continuity of national and international networking requires the aR&D-related cooperation of the SPF in various committees and working groups as well as active membership in associations. In particular, the results and findings from the field of applied research are regularly disseminated.





# Inhaltsverzeichnis

<b>Zusammenfassung</b> .....	<b>3</b>
<b>Summary</b> .....	<b>3</b>
<b>Inhaltsverzeichnis</b> .....	<b>5</b>
<b>1 Einleitung</b> .....	<b>6</b>
1.1 Applied Research .....	6
1.2 Dissemination und Vernetzung.....	6
<b>2 Resultate der Applied Research Projekte</b> .....	<b>7</b>
2.1 CorAl – Corrosion of Aluminium .....	7
2.2 Messung der Wärmekapazität von flüssigen Wärmeträgern .....	8
2.3 BigStrat - Schichtung grosser Wärmespeicher .....	9
2.4 HePoStAl - Heat and Power Storage in Aluminum .....	9
2.5 LegioSafe - Legionellensicherheit in thermischen Solaranlagen .....	10
2.6 DiffStrat - Stratification of Thermal Storage Tanks by Diffusor Design .....	13
<b>3 (Inter)Nationale Dissemination und Vernetzung</b> .....	<b>13</b>
3.1 SPF-Industrietag.....	13
3.2 Tagung Solarenergie und Wärmepumpen .....	15
3.3 Beiratstätigkeiten sowie Mitarbeit in Verbänden, Netzwerken und anderen Organisationen ..	17



# 1 Einleitung

## 1.1 Applied Research

Um flexibel, schnell und gezielt auf Anfragen seitens der Solarthermie-Stakeholder (öffentlich, Industrieverbände, etc.) und der „Thermischen Solarenergie-Szene“ reagieren zu können, werden am SPF als Kompetenzzentrum Solarthermie, im Rahmen dieses Projektes mit vergleichsweise kleinem Verwaltungsaufwand Aktivitäten initiiert, die Forschungsergebnisse von allgemeinem Interesse produzieren, welche sich aus verschiedenen Gründen nicht in grössere Forschungsprojekte einbinden lassen, bzw. die möglichst schnell erarbeitet und verbreitet werden sollten. Dies sind insbesondere:

- Untersuchungen kurzfristig auftretender Problemstellungen und Expertise (z.B. die Identifizierung gehäuft auftretender Schäden an solarthermischen Anlagen oder Komponenten)
- (Kurz)studien zu neuen Einsatzmöglichkeiten
- Unterstützung bei Anfragen anderer Institute zwecks Expertise im Rahmen laufender Forschungsprojekte (Beispiele: Potentialstudien, Speicherverluste)
- Voneinander unabhängige Anfragen zu verschiedenen Problemstellungen von verschiedenen Herstellern, Verbänden, etc.
- Erstevaluation über die Einsatzmöglichkeiten neuer Materialien, Techniken und Komponenten in Anwendungen der Solarthermie

Die Ergebnisse aus diesen „applied Research“-Projekten sind zudem von hoher Relevanz für die Präsentation auf Veranstaltungen wie beispielsweise dem SPF-Industrietag.

## 1.2 Dissemination und Vernetzung

Ergänzend zum applied research ist für die nicht zwingend projektgebundene Kontinuität der nationalen und internationalen Vernetzung die F&E-bezogene Mitarbeit des SPF in verschiedenen Gremien und Arbeitsgruppen, sowie die aktive Mitgliedschaft in Verbänden nötig. Hier können insbesondere die Ergebnisse und Erkenntnisse aus dem Bereich applied research regelmässig ziel führend eingebracht und verbreitet, sowie nationale Interessen vertreten werden. Dazu gehören:

- Beiratschaften in Organisationen zur Durchführung von Veranstaltungen (Solarthermie-Symposium, Solar Energy in Development Cooperation, Status-Seminar, etc.)
- Aktive Mitarbeit in Fachkommissionen von Swissolar
- Aktive Mitarbeit bei der European Technology Platform on Renewable Heating and Cooling (RHC)
- Begleitung von Vorbereitung und Durchführung des jährlichen SPF-Industrietags
- Mitarbeiten in nationalen und internationalen Gremien
- Reviewing-Tätigkeiten für Fachzeitschriften (Solar Energy, Solar Energy Engineering...)
- Unentgeltliche Vortragstätigkeiten von allgemeiner Bedeutung, beispielsweise im Rahmen von Swissolar-Veranstaltungen (ERFA u.a.) oder Energie-Cluster



## 2 Resultate der Applied Research Projekte

### 2.1 CorAl – Corrosion of Aluminium

Verschiedene Kollektorhersteller haben Projekte zur Herstellung von Ganzaluminiumabsorber. Das Risiko von Korrosionsschäden in Anlagen mit diesen Kollektoren ist aber sehr schwer einzuschätzen und führt zu einiger Unsicherheit am Markt. Um das tatsächliche Risiko von Korrosionsschäden besser abschätzen zu können und um geeignete Massnahmen zur Reduktion des Schadenrisikos vorzuschlagen, wurden im Rahmen dieses Projektes am SPF Prüfstände – *Laboranlage* – aufgebaut die im Folgenden beschrieben sind. Damit sollen sowohl Aluminium- als auch Fluidhersteller die Möglichkeit haben ihre Produkte zu testen. Aus den Resultaten sollen auch allgemeine Aussagen zu Vorsichtsmassnahmen beim Bau von thermischen Solaranlagen, welche Fluid führende Komponenten aus Kupfer, Aluminium und weiteren Materialien enthalten, gemacht werden können. Zur Überprüfung der im Labor erreichten Ergebnisse wurde zudem eine einfache thermische Solaranlage – *Feldanlage* – auf dem Dach des Institutes aufgebaut.

**Laboranlage:** In einer Zusammenarbeit mit der Industrie wurde eine Laboranlage, welche eine einfache thermische Solaranlage abbildet, zur Untersuchung der Korrosion von Aluminium Modellabsorbern in einer Material-Mischinstallation (d.h. mit fluidführenden Rohren aus unterschiedlichen Metallen) aufgebaut, Die Dimensionierung wurde mit einem Flächenverhältnis Aluminium zu Kupfer zu Stahl von 1:5:5 realisiert. Weiter kann Messing z.B. in Verbindungselemente vorkommen. Die Modellabsorber hatten jeweils eine Mäandergeometrie aus einem Aluminiumrohr mit 8x1 mm Durchmesser und einer gesamten Länge von 1.48 m. Der Volumenstrom der Pumpe wurde so eingestellt, dass eine Fluid-Strömungsgeschwindigkeit im Modellabsorber kleiner als 1 m/s resultierte. Da Stagnation der Anlage als meist belastender Betriebszustand für die Anlagen im Feld angenommen wird, ist ein Zyklus mit hohen Temperaturen von 200°C am Absorber und einer Stagnationszeit von 20 bis 30 Min definiert worden. Die Zykluszahl wurde zwischenzeitlich von 600 auf 2400 erhöht und konnte nach entsprechenden Erkenntnissen zu Korrosionsarten und -Ablauf wieder auf 600 reduziert werden. Die Fluidproben wurden dazu vom Fluid-Lieferanten untersucht und die metallurgischen Untersuchungen am Modellabsorber wurden vom Aluminiumhersteller gemacht.

Als Korrosionsarten wurden Lochfrass, Entzinkung vom Messing und intergranulare Korrosion beobachtet. Wobei Lochfrass die gravierendste Art ist und in den ersten Versuchen schon nach rund 48 h Betriebszeit auftrat. Durch entsprechende material- und verarbeitungstechnische Massnahmen kann jedoch eine Anlage mit fluidführenden Bauteilen aus Aluminium gebaut und sicher betrieben werden. Die Empfehlungen dazu sind:

- Wärmeträgerfluid mit entsprechenden Inhibitoren für Aluminium.
- Messing nicht mit Aluminium direkt in Kontakt.
- Messing nur an Stellen verbaut, wo Temperaturen tiefer als ca. 80°C auftreten.
- Kupfer und Aluminium durch rostfreien Stahl – Rohrstück - trennen.
- Verarbeitung ohne zinkhaltige Lötmitel.
- Verarbeitung ohne chlorhaltige Flussmittel.
- Verhindern von Sauerstoffeintrag in den Wärmeträgerkreis.

Eine Weiterführung der Laborarbeiten mit vertiefter Fragestellung zu Korrosion an thermischen Solaranlagen wäre sinnvoll.



**Feldanlage:** Zum Vergleich und zur Überprüfung mit den im Labor erreichten Ergebnissen, wurde eine einfache, thermische Solaranlage zur Warmwasserbereitung aufgebaut und mit Temperatur-, Durchfluss- und Druckfühler ausgerüstet. Diese Anlage soll für ein fiktives Wochenendhaus – Belegung nur am Wochenende – Warmwasser liefern. Auch hier soll ein möglichst ungünstiger Betriebszustand emuliert werden. Die Fläche der Flachkollektoren welche mit Aluminium-Absorbern bestückt sind, beträgt  $A_K=4.2 \text{ m}^2$ . Das Fluidvolumen der Kollektoren beträgt je  $V_K=1.1 \text{ l}$ , die Kupfer-Rohrleitungen zum und vom Kollektorfeld haben total eine Länge von  $L=18 \text{ m}$  bei einem Innendurchmesser von  $D_{RL}=12 \text{ mm}$ , dies ergibt ein (Fluid) Volumen der Rohrleitungen von  $V_{RL}=2 \text{ l}$ . Der Heisswasser-Speicher hat ein Volumen von  $V_{Sp}=160 \text{ l}$ . Dieser hat einen integrierten Wärmeübertrager mit einer Fläche  $A_{hx}=0.75 \text{ m}^2$  und einem Rohrleitungsvolumen von  $V_{hx}=4.9 \text{ l}$ . Um häufige Stagnationszustände zu provozieren wird ein Warmwasserprofil mit einem Verbrauch von  $140 \text{ l/Tag}$  nur an den beiden Wochenendtagen definiert. Der Solarregler hat als Führungsgrösse die Differenztemperatur  $\Delta T$  zwischen Kollektor-  $T_K$  und Speichertemperatur  $T_{Sp}$  ( $\Delta T=T_K-T_{Sp}$ ). Die Anlage ist seit Februar 2015 in Betrieb und wird auch bis Ende 2018 in Betrieb bleiben. Während dieser Betriebszeit wurden/werden die Daten der Messfühler erfasst sowie in regelmässigen Abständen Fluidproben gezogen. Insgesamt war die Anlage in dieser Betriebszeit 439 Mal in Stagnation mit einer aufsummierten Stagnationszeit von 960 h. Die Fluidproben wurden/werden dem Fluidhersteller jeweils zur Analyse geschickt. Dabei fällt auf, dass über die ersten 9 gezogenen Proben der pH-Wert bei  $20 \text{ }^\circ\text{C}$  immer im Bereich von 8.3 und 8.4 liegt und dann in der zehnten Fluidprobe auf den Wert 7.7 sinkt. Zudem steigt die Restalkalinität in den Proben von 1.3 (ml 0.1M HCl/10ml) auf 1.6 an und der Aluminiumgehalt sinkt von 2 ( $\mu\text{g/g}$ ) auf einen Wert unter der Nachweisgrenze von 1 ( $\mu\text{g/g}$ ). Metallurgische Untersuchungen werden nur bei Auftreten eines durch Korrosion (eindeutig) verursachten Lecks gemacht. Die Anlage konnte bis Ende August 2017 ohne Leck betrieben werden.

Nach dem Auftreten eines Lecks am Austritt der Kollektoren musste im Januar 2018 ein Austausch defekter Dichtungen am Kollektoreintritt vorgenommen werden, das Fluid wurde ausgetauscht und die Anlage wieder in Betrieb genommen. Ab diesem Ereignis wurden weitere drei Proben (zuzüglich Referenzprobe) gezogen. Diese zeigen in fast allen gemessenen Werten - Dichte, Brechzahl und pH-Wert - eine Abnahme um dann wieder an zu steigen bis fast zum Ausgangswert der Referenzprobe. Einzig die Restalkalinität sinkt in der ersten Messung, übersteigt deren Ausgangswert aber in der zweiten Messung. Die dritte Probe wurde in der Berichtszeit nicht untersucht. An der Anlage konnte bisher kein Leck auf Grund einer Absorberkorrosion beobachtet werden.

Die Ergebnisse dieses Projektes sind in einem separaten Schlussbericht zusammengefasst (P. Gantenbein, A. Bohren, L. Leuenberger: „applied Research – Corrosion of Aluminium - CorAl“, 01. Dezember 2018).

## 2.2 Messung der Wärmekapazität von flüssigen Wärmeträgern

In diesem Projekt wurde eine Mess-Apparatur aufgebaut, mit welcher die spezifische Wärmekapazität  $c_p$  von Wärmeträgerfluiden mit einer Messunsicherheit von  $\pm 0.3 \text{ %}$  innerhalb eines Temperaturbereiches zwischen  $+15$  und  $+100 \text{ }^\circ\text{C}$  bzw.  $\pm 0.5 \text{ %}$  unterhalb von  $+15 \text{ }^\circ\text{C}$  bis rund  $-10 \text{ }^\circ\text{C}$  bestimmt werden kann.

Die Apparatur wird im Weiteren für die Qualitätssicherung am SPF eingesetzt, und steht anderen für Mess-Aufträge zur Verfügung. Dies bietet ein grosses Potenzial für Hersteller von Wärmeträgerfluiden, die ihren Kunden genauere Stoffdaten zur Verfügung stellen können, für die Betreiber und Überwacher von grossen Anlagen, welche die Energiebilanz der Anlage genauer überwachen und ausweisen können, sowie für Forscher und Entwickler, die genaue Energiebilanzen von Prototypen erstellen wollen, welche mit anderen Wärmeträgerfluiden als Wasser arbeiten.



Die Ergebnisse dieses Projektes sind in einem separaten Schlussbericht zusammengefasst (M. Haller, A. Bohren, A. Reber: „Messung der Wärmekapazität von flüssigen Wärmeträgern – Mit Update zum Einsatz in einem erweiterten Temperaturbereich“, 19. Oktober 2018).

## 2.3 BigStrat - Schichtung grosser Wärmespeicher

Thermische Speicher spielen eine wichtige Rolle für den Ausgleich von fluktuierenden erneuerbaren Energiequellen und bei der Nutzung von Abwärme. Immer öfters werden in Wärmenetzen oder industriellen Anwendungen grosse Speicher mit Volumen bis zu 100 m<sup>3</sup> und mehr installiert. Bei Wärmequellen mit ausgeprägt temperaturabhängiger Effizienz spielt die thermische Speicherschichtung eine entscheidende Rolle für die Systemeffizienz. Mit Simulationen von Wärmepumpensystemen wurde gezeigt, dass die Arbeitszahl in gut schichtenden Speichern im Vergleich mit stark durchmischten Speichern um bis zu 17 % höher liegen kann. Es wurden sieben Feldanlagen mit grossen thermischen Speichern auf die Qualität der Schichtung untersucht. Die verschiedenen Varianten umfassten dabei Speicher mit direktem Wassereintritt, Speicher mit Bogenrohr und Speicher mit Sprührohr.

Bestehende Empfehlungen zum Design von Schichtspeichern wurden auf beliebige Speichergrossen verallgemeinert. Als relevante Grösse wurde die Ablenkungsrelation identifiziert. Ist diese Ablenkungsrelation kleiner als 0.12 bei vertikalem Eintritt und kleiner als 0.5 bei Eintritt über ein Bogenrohr in Richtung Speicherdeckel, so ist die Ablenkung des eintretenden Fluides in vertikale Strömungen gering und eine bestehende Speicherschichtung wird effektiv erhalten.

Die Ergebnisse dieses Projektes sind in einem separaten Schlussbericht zusammengefasst (M. Battaglia, L. Züllig, M. Haller: „BigStrat – Schichtung grosser Wärmespeicher“, 23. August 2018).

## 2.4 HePoStAl - Heat and Power Storage in Aluminum

Es wurde eine Machbarkeitsstudie durchgeführt zur Beurteilung der Möglichkeit, mit Hilfe eines Aluminium Redox-Zyklus Energie saisonal zu speichern. Zur Beladung des Speichers wird oxidiertes Aluminium mit Hilfe von überschüssigem Strom aus erneuerbaren Energien im Sommer in einer zentralen Aufbereitungsanlage reduziert in seine Grundform. Die Entladung erfolgt im Winter am Ort des Energiebedarfs, über eine Reaktion des Aluminiums mit Wasser. Diese Reaktion setzt Wärme, Wasserstoff und Aluminium-Hydroxid oder Aluminium-Oxid frei. Der Wasserstoff kann zum Zeitpunkt der Speicher-Entladung sofort in einer Brennstoffzelle umgesetzt werden zu Strom und Wärme.

Betrachtet wurde dieser Pfad der Energiespeicherung als Ergänzung eines Energiesystems für ein Einfamilienhaus, welches zu 100% mit Solarenergie versorgt werden soll. Die gebäudeintegrierte Photovoltaik liefert während des grössten Teils des Jahres in Kombination mit einer Wärmepumpe und konventionellen Kurzzeitspeichern sowohl Strom als auch Wärme für das Gebäude. Im Sommer werden Stromüberschüsse an eine zentrale Anlage geliefert, welche Aluminium zur saisonalen Speicherung regeneriert. Dieses Aluminium wird ans Gebäude zurück geliefert, und dort im Winter oxidiert, und der entstehende Wasserstoff in einer Brennstoffzelle umgesetzt. Sowohl die dabei entstehende Reaktionswärme als auch die produzierte elektrische Energie werden verwendet, um den nicht durch die Photovoltaik abgedeckten Winterbedarf für Strom und Wärme des Gebäudes zu decken.

Die Abklärungen haben ergeben, dass die chemischen Teilschritte des Aluminium-Zyklus im Labormassstab bereits realisiert und demonstriert worden sind, und dass sowohl die Ökobilanz als auch die Kostenbetrachtung positiv sind. Die Herausforderung wird darin bestehen, die im Labor demonstrierten Teilschritte der Aluminium-Hydrolyse und der Reduktion von Aluminium mit Inert-Elektroden weiter zu optimieren für einen kontrollierbaren kontinuierlichen Betrieb oder Batch-Prozess,



welcher als Grundlage für den Bau von Prototypen dienen kann, die im Feld eingesetzt werden können.

Die Ergebnisse dieses Projektes sind in einem separaten Schlussbericht zusammengefasst (M. Haller, D. Carbonell, M. Dudita, D. Zenhäusern: „Applied Research – HePoStAl – Heat and Power Storage in Aluminium“, 5. Februar 2018).

## 2.5 LegioSafe - Legionellensicherheit in thermischen Solaranlagen

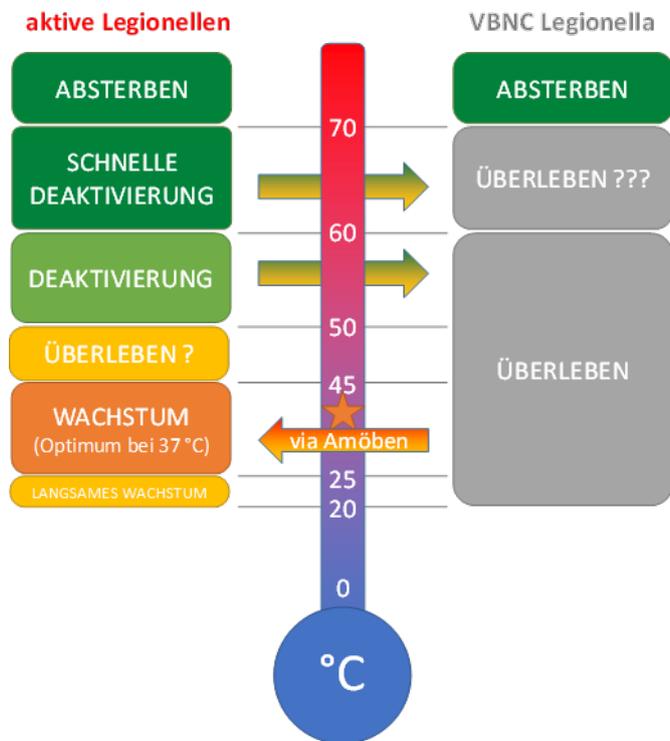
Im Projekt LegioSafe wurde der Stand des Wissens bezüglich des Vorkommens von Legionellen in häuslichen Warmwassersystemen ermittelt. Ein besonderer Fokus liegt dabei auf der Warmwassererwärmung über thermische Solaranlagen, sowie auf der Rolle von Wärmespeichern. Um die Faktoren, welche Wachstum und Ausbreitung bestimmen, zu verstehen, braucht es zuallererst ein Verständnis der Lebensweise der Legionellen an sich. Aus diesem Grund erstreckte sich die durchgeführte Literaturrecherche nicht nur auf das Vorkommen von Legionellen in Warmwassersystemen mit und ohne Solarwärme, sondern auch auf die Umweltbedingungen, insbesondere Temperaturen, bei welchen Legionellen wachsen, überleben und sterben. Auf der Basis der bekannten Literatur sollten Kennzahlen ausgearbeitet werden, welche zur Beurteilung der Legionellensicherheit von Solarwärmeanlagen hinzugezogen werden können. Wenn möglich sollten solche Kennzahlen und Grenzwerte auch als Vorschläge für die Ausarbeitung von Normen herausgearbeitet werden.

Legionellen vermehren sich in einem Temperaturbereich von 20 – 45 °C. Die optimale Vermehrungstemperatur herrscht bei 37 °C. Besonders günstige Bedingungen für die Vermehrung finden Legionellen in Biofilmen oder innerhalb von Amöben. Ging man früher davon aus, dass Legionellen ab einer Temperatur von 50 °C langsam, und mit zunehmender Temperatur schneller absterben, so muss man diese Annahmen heute auf Grund der Möglichkeit der Legionellen Dauerstadien – sogenannte VBNC-Stadien - zu bilden, relativieren. Man geht heute davon aus, dass ab 50 °C wachstumsfähige Legionellen deaktiviert werden und in sogenannte Dauerstadien übergehen (siehe Abbildung 2.6.1). In diesen Dauerstadien können die Legionellen jedoch auch längere Zeit auch bei Temperaturen bis zu 60 °C überleben. Zwischen 60 – 70 °C beginnen dann auch diese Dauerstadien abzusterben. Die Rückkehr aus einem Dauerstadium in eine vermehrungsfähige und dadurch auch wieder kultivierbare Form scheint nicht ohne weiteres möglich zu sein. In Laboruntersuchungen wurde diese Rückkehr bisher nur nach erfolgter Phagozytose durch Amöben oder andere Phagen beobachtet.

Die Legionelloseinzidenzen zeigen in der Schweiz – wie auch im übrigen Europa, eine starke saisonale Ausprägung mit deutlich mehr Erkrankungen im Sommer. Aus wärmeren Kantonen werden zudem mehr Legionelloseerkrankungen gemeldet als aus den eher kälteren Kantonen. Dies und die Tatsache, dass bei den Meisten Beprobungen der Hausinstallationen nach einem Legionellosebefall die Ursache dort nicht gefunden werden kann, deuten darauf hin, dass der Überwiegende Teil der Ansteckungen nicht durch das häusliche Trinkwassersystem verursacht wird. Als andere Infektionsquellen kommen in erster Linie Nasskühlwerke in Frage, aber auch Kläranlagen, Autowaschanlagen oder andere Einrichtungen, in denen Wasser versprüht oder vernebelt wird.



Abbildung 2.6.1: Leben und Sterben der Legionellen (vereinfacht);  
grau = Gegenstand der Forschung



Feldstudien, in welchen eine grössere Anzahl Trinkwasseranlagen mit Solarwärmeunterstützung untersucht wurden, zeigen, dass diese Anlagen deutlich weniger Legionellenbefall aufweisen als Anlagen ohne Solarwärme. Dies selbst dann, wenn man die Proben in der kalten Jahreszeit (Februar bis April) nimmt, also in einer Zeit, in der man nicht von hohen Temperaturen im Vorwärm- und Mitteltemperaturbereich dieser Anlagen ausgehen kann.

Weiter zeigen die Feldstudien, dass bei Wärmespeichern bereits ab 50 °C kaum noch Legionellen nachweisbar sind. Überhaupt scheinen die Wärmespeicher weit weniger für übermässiges Legionellenwachstum verantwortlich zu sein, als warm gehaltene Verteilungen. Letztere sind insbesondere dann als kritisch einzustufen, wenn sie unübersichtlich sind, mehrere parallele Stränge aufweisen (die evtl. sogar noch ungleich durchströmt sind), oder wenn blind endende Stichleitungen und wenig durchströmte und/oder schlecht isolierte Bereiche vorhanden sind. Prinzipiell steigt das Risiko der Legionellenkontamination mit der Grösse der Objekte, respektive mit der Grösse des Warmwasserverteilsystems und der Anzahl paralleler Stränge.

In Solarwärmeanlagen konnten nur vereinzelt Legionellen nachgewiesen werden. Dies war vor allem dann der Fall, wenn das Bereitschaftsvolumen des Speichers auf weniger als 50 °C nachgeheizt wurde, oder wenn eine kontaminierte Zirkulationsleitung in den Vorwärmbereich eines Solarwärmespeichers geführt wurde.

Dass grössere Trinkwasservolumen im Wärmespeicher prinzipiell eher eine Gefahr für Legionellen darstellen als kleine Volumen, können wir auf Grund der ausgewerteten Feldstudien nicht als pauschale Aussage bestätigen. Die Daten weisen eher darauf hin, dass bei grossem Volumen bei Temperaturen unter 50 °C die Gefahr von Legionellenbefall steigt, jedoch bei Speichern welche auf über 50 °C erhitzt werden ein grosses Volumen eine Garantie dafür ist, dass keine Legionellen aus

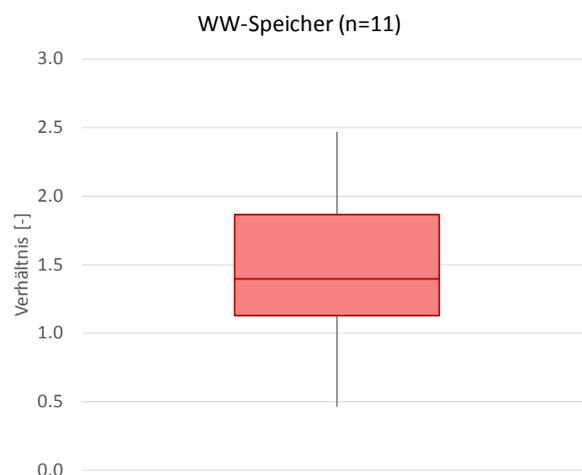


dem Speicher in das System gelangen. Als Parameter, welche eventuell das Vorkommen von Legionellen begünstigen könnten, wurde das Verhältnis von Vorwärm- und Mitteltemperaturvolumen zum Bereitschaftsvolumen und die Oberfläche in Vor- und Mitteltemperaturzonen verschiedener Speicher auf dem Markt ausgewertet. Wie aus dem Box-Plot Diagramm in Abbildung 2.6.2 hervorgeht, ist das Vorwärmvolumen gängiger Warmwasserspeichern in der Regel nicht mehr als zweimal so gross wie das Bereitschaftsvolumen. Bei Kombispeichern, welche nach dem Tank-in-Tank Prinzip gebaut sind, enthält das Bereitschaftsvolumen immer ein Mehrfaches an Trinkwasser im Vergleich zu den Vorwärme- und Mitteltemperaturzonen. Nur bei Kombispeichern welche das Trinkwasser mit integrierten Spiralrohren erwärmen sind die Trinkwasservolumen im Vorwärm- und Mitteltemperaturbereich in ähnlicher Grössenordnung wie das Bereitschaftsvolumen. Unklar ist jedoch nach wie vor, ob das Volumen als Kenngrösse entscheidend ist, oder die (ebenfalls ausgewerteten, aber hier nicht gezeigten) Oberflächen im Kontakt mit dem Trinkwasser, auf denen sich Biofilm bilden könnte. Letztendlich besteht auch die Möglichkeit, dass weder das Volumen noch die Oberflächen generell entscheidend sind, sondern Kalkablagerungen oder andere Sedimente auf dem Speicherboden, welche eventuell bei der Aufheizung eines ungünstig konzipierten Speichers gar nie auf eine Temperatur nahe dem Sollwert gebracht werden.

Die im Rahmen der Literaturstudie zusammen getragenen Erkenntnisse wurden mit den unterschiedlichsten Spezialisten und Fachstellen diskutiert und kommuniziert:

- SIA Kommission 385/1 "Anlagen für Trinkwasser in Gebäuden"
- Swissolar und Solarwärme-Branche über Swissolar
- Bundesamt für Veterinärwesen und Bundesamt für Gesundheit (BLV/BAG)
- Bundesamt für Energie
- Frau Dr.-Ing. Karin Rühling (TU Dresden)
- Technical Committee 164 (TC 164), zuständig für die EN 806/2 " Technische Regeln für Trinkwasser-Installationen"

Abbildung 2.6.2: Box-Plot mit Min, Max und Quartilen für das Verhältnis des Vorwärmvolumens im Vergleich zum Bereitschaftsvolumen bei WW-Speicher (n=12).



Zudem wurden die Erkenntnisse im Rahmen des vom FWS organisierten "Wärmepumpen- und Erdwärmesonden-Technik Update" am 6. Nov. 2018 in der Umwelt-Arena Spreitenbach . ca. 200 Teilnehmern aus der Wärmepumpenbranche präsentiertDas Projekt wird in diesem Jahr



abgeschlossen und ein Schlussbericht verfasst. Es laufen zudem die Vorarbeiten für ein Folgeprojekt, in welchem in einer Feldstudie offenen Fragen bezüglich Legionellenvorkommen und Charakteristik von Anlagen und Betriebsweisen weiter auf den Grund gegangen werden soll.

## 2.6 DiffStrat - Stratification of Thermal Storage Tanks by Diffusor Design

In den Projekten StorEx und BigStrat konnte gezeigt werden, wie wichtig die Schichtung thermischer Speicher für effiziente Wärmesysteme mit modernen LowEx- und Niedertemperaturanwendungen ist. Bezüglich Speichereinbauten, welche die Schichtungseffizienz erhöhen sollen, bestehen jedoch nach wie vor erhebliche Unsicherheiten. Zwar wurden Faustformeln für die Gestaltung von Diffusoren mit Hilfe von sowohl Laborexperimenten als auch CFD-Simulationen erstellt. Diese Gestaltungsvorgaben sind allerdings nicht auf alle Geometrien anwendbar.

Im Projekt DiffStrat sollten deshalb verschiedene Eintrittsgeometrien mit optischen Methoden untersucht und ihr Einfluss auf die thermische Schichtung im Speicher ermittelt werden. Zu diesem Zweck wurde ein Prüfaufbau konzipiert, der die Konditionierung von sowohl der Temperatur im Speicher als auch des eintretenden Volumenstromes erlaubt. Der Aufbau lässt optische Verfahren zur Visualisierung der Strömung zu: Mit der Schlierenfotografie können örtliche Schwankungen des Brechungsindex im Fluid und somit thermische Konvektionsbewegungen gezeigt werden. Eine weitere mögliche Anwendung des Aufbaus ist das Particle Image Velocimetry (PIV) Verfahren zur Bestimmung von Geschwindigkeitsfeldern im Speicher.

Die Definition der zu untersuchenden Geometrien und die Durchführung der Messungen sind für das Jahr 2019 geplant. Basierend auf den Resultaten der Labormessungen werden auch CFD-Simulationen durchgeführt, die den Einfluss der Eintrittsgeometrien unter identischen Randbedingungen zeigen sollen.

# 3 (Inter)Nationale Dissemination und Vernetzung

## 3.1 SPF-Industrietag

Am 27. Februar 2018 fand der traditionelle Industrietag des SPF Institut für Solartechnik der HSR Hochschule für Technik Rapperswil statt. Der Event zog wieder über 100 Firmenmitarbeiter, Planer und Installateure aus den Bereichen Solarwärme, Photovoltaik und Wärmepumpen an.

Nach einer Begrüssung durch Margit Mönnecke, Rektorin der HSR, gaben Institutsleiter Andreas Häberle und Forschungsleiter Michel Haller eine Übersicht über die Schwerpunkte der Arbeiten des SPF. Zu den langjährigen Kernkompetenzen des Instituts zählen neben dem akkreditierten Prüfzentrum für solarthermische Komponenten und Systeme auch Photovoltaik und die Speicherung von Wärme. Pionierarbeit hat das Institut auch geleistet bei der Entwicklung von Prüfverfahren kompletter Heizsysteme mit dem Concise Cycle Test - einem Hardware-In-the-Loop Testverfahren. In den letzten Jahren sind neue Themenbereiche dazu gekommen, wie zum Beispiel die Entwicklung von solaren Wärmepumpensystemen, Eisspeicher-Heizsystemen, Photovoltaisch-Thermische Kollektoren (PVT), Anergienetze, solare Prozesswärme und die Energieeffizienz von Gebäuden.

### *Projektförderung im Energiebereich*

Andreas Eckmanns (BFE) und Hanspeter Bär (Innosuisse Mentor) stellten die Energiestrategie vor sowie die Möglichkeiten welche insbesondere dem BFE und der Innosuisse (früher KTI) für die Unterstützung von Projekten und Innovationsvorhaben zur Verfügung stehen.



### *Entwicklung von solaraktiven Elementen*

Marc Bächtli (BS2) stellte grossflächige solarthermisch aktivierte PVT-Dachelemente vor, welche in einem von der KTI geförderten Projekt gemeinsam vom SPF, der BS2 AG und Erne Holzbau entwickelt worden sind. Das Spezielle an den neuen Dachelementen ist der Ansatz der Vorfabrikation und der konsequenten Umsetzung der Ziele Vorfertigung, Kosteneffizienz und architektonische Integration. Im Vergleich zu früheren PVT-Dachkonzepten konnten insbesondere die Anzahl Verbindungselemente für die hydraulische Verrohrung massiv reduziert werden. In einem weiteren KTI Projekt werden Aspekte zur kostengünstigeren Produktion von kundenspezifischen PV-Fassadenmodule untersucht. Der Modulproduzent Megasol und das CSEM in Neuchâtel arbeiten zusammen mit dem SPF an der Weiterentwicklung optischer Eigenschaften von Solarmodulen in der Fassade und der Prozessoptimierung bei der Laminierung von Glas-Glas-Modulen in der Produktion. Die Zwischenergebnisse wurden von Daniel Zenhäusern und Christof Biba vorgestellt.

### *Kühlen von Rechenzentren*

Im Rahmen des SCCER Heat and Electricity Storage arbeitet das SPF an Ab- und Absorptionsprozessen, welche sowohl für thermisch angetriebene Wärmepumpen als auch für kompakte Wärmespeicher zur Anwendung kommen. Patrick Ruch (IBM) und Paul Gantenbein (SPF) legten dar, wie in einem vom SNF geförderten Projekt eine Adsorptionswärmepumpe für die Kühlung von Rechenzentren entwickelt wurde. Der Prototyp dieser Wärmepumpe konnte bei der Technical Tour besichtigt werden.

### *PerformanceGap von Mehrfamilienhäusern*

Unter dem energetischen PerformanceGap versteht man in der Gebäudetechnik die Abweichung des gemessenen Energiebedarfs von den auf Grund der Planungsgrundlagen prognostizierten Werten. Igor Mojić zeigte auf Grund von klimakorrigierten Messdaten, wie neu erstellte Gebäude meist einen weit höheren Heizwärmebedarf aufweisen als man auf Grund der Planungsunterlagen erwarten würde. Die Abweichungen können nur teilweise durch erhöhte Komfortansprüche gegenüber den in der Planung angenommenen Werten erklärt werden. Bemerkenswert ist der Befund, dass ein Mehrverbrauch gegenüber der Prognose vor allem bei höheren Aussentemperaturen und an Tagen mit eher höheren Solarstrahlung auftritt, und dass die Heizgrenzen der Objekte meist um ca. 3 -7 K über dem Planwert eingestellt worden sind.

### *Speicher für Wärmepumpensysteme*

Evelyn Bamberger präsentierte einen Vergleich von elektrischen und thermischen Speichern für die Erhöhung des PV-Eigenverbrauchs in Kombination mit Wärmepumpen-Systemen. Aufgrund der Ökobilanzierung und heutigen Preisstrukturen ist der Einsatz eines thermischen Speichers zur Verschiebung der Wärmepumpen-Last sowohl aus ökonomischer als auch aus ökologischer Sicht einem Batteriespeicher vorzuziehen. Einziger Nachteil des thermischen Speichers: er kann den Haushaltsstrom nicht abdecken. Deshalb führt eine Kombination aus thermischem und elektrischem Speicher am effektivsten zu hohen Eigenverbrauchsquoten, respektive sehr tiefem Netzstrombezug. Die Bedeutung der Schichtungseffizienz für Wärmepumpen-Systeme mit Kombispeicher wurde von Robert Haberl erörtert. Viele Kantone fördern inzwischen Wärmepumpensysteme bis 15 kW Heizleistung, wenn diese über ein Zertifikat des Wärmepumpen-System-Moduls verfügen. Bis vor kurzem gab es für Anlagen mit Kombispeichern keine Zertifikate. Neu können jedoch Kombispeicher auch für das Wärmepumpen-System-Modul zertifiziert werden. Welches die Voraussetzungen für die Zertifizierung von Kombispeicher im WP-System-Modul sind wurde von Robert Haberl erläutert.



### *Siphonierung thermischer Speicher und Speicherschichtung*

Neue Erkenntnisse und Empfehlungen zur Siphonierung von Anschlüssen thermischer Speicher und zur Schichtung thermischer Speicher wurden von Mattia Battaglia vorgestellt. Auf dem potenten Rechencluster der HSR wurden numerische Strömungssimulationen durchgeführt, welche aufschlussreiche Informationen lieferten über das Schichtungsverhalten und über die Verluste von siphonierten Speicheranschlüssen mit und ohne Wärmedämmung.

### *Vielseitige Technical Tour*

In der Technical Tour konnten sich die Besucher vor Ort ein Bild machen verschiedenster Prüfeinrichtungen wie Sonnensimulator, Kombisystem-Teststand, Hagelschlagtests und Solarthermische Kälteanlage. Bei Temperaturen von -13 °C bot ein Besuch des mobilen PV-Labors, der Sonnentracker, des Parabolrinnenkollektors sowie der Fassadenprüfstände mit adiabater Prüfbox auf dem Dach der HSR einen starken Kontrast zwischen Eiseskälte und solarer Wärme.

### *Präsentation von Studienarbeiten der HSR*

Im Rahmen der Posterausstellung wurden auch Bachelor- und Semesterarbeiten von Studierenden des Studienganges Erneuerbare Energien und Umwelttechnik der HSR präsentiert. Die vom SPF betreuten Arbeiten beschäftigten sich mit Themen wie „Studie Solardachziegel“, „Analyse Elektrobuss“, „Solare E-Bike-Ladestation“ oder „Solare Versorgung einer Alpenhütte“.blabla

## 3.2 Tagung Solarenergie und Wärmepumpen

An der Hochschule für Technik Rapperswil HSR fand am 14. November wieder das alljährliche Symposium Solarenergie und Wärmepumpen statt. Im Fokus standen in diesem Jahr Technologien, mit welchen Wärme oder Strom für Photovoltaik und Wärmepumpen kurzfristig, d.h. über Stunden oder Tage, gespeichert werden kann. Das Thema stiess offensichtlich auf reges Interesse, denn die Veranstaltung war mit 200 Teilnehmern aus Wirtschaft, Behörden und Forschung sehr gut besucht. Michel Haller und Evelyn Bamberger führten durch das Programm, welches von Systembetrachtungen über Wärmespeicher bis zu Batteriespeichern sehr vielfältig war.

### *Systembetrachtungen*

Markus Markstaler (NTB Buchs) berichtete in einem ersten Vortrag über Systeme, welche den Eigenverbrauch von Photovoltaikstrom durch den zeitlich abgestimmten Einsatz von Wärmepumpen in Kombination mit Speichermöglichkeiten erhöhen. Er machte darauf aufmerksam, dass die Anlagenbesitzer durch den Wunsch den PV-Strom selbst zu verbrauchen inzwischen nicht mehr nur den PV-Ertrag online verfolgen, sondern auch ihren eigenen Stromverbrauch. Dadurch erleben sie teilweise auch Überraschungen, so zum Beispiel, dass die Wärmepumpe viel häufiger taktet als geglaubt. Auch nicht wahrgenommene oder unterschätzte Stromverbraucher im Haushalt können so entdeckt werden. Markstaler weist auch darauf hin, dass der Eigenverbrauch an sich kein gutes Kriterium ist um die Qualität eines Systems zu beurteilen, weil Speicherverluste und Ineffizienzen im System bei der Verwendung dieser Kenngrösse belohnt werden. Letztendlich möchte der Kunde meist primär den Bezug von Strom aus dem Netz minimieren.

Evelyn Bamberger, vom SPF Institut für Solartechnik der HSR, präsentierte den sogenannten Concise Cycle Test zur Ermittlung der Leistungsfähigkeit von PV-Wärmepumpen-Systemen. Dieser Test ermittelt innert sechs Tagen die Effizienz, den Eigenverbrauch und den Autarkiegrad dieser strombasierten Energieversorgungskonzepte. Insgesamt wurden vier Systeme verschiedener Hersteller mit dem Verfahren ausgemessen. Auch Bamberger weist darauf hin, dass Eigenverbrauch und Autarkiegrad keine geeigneten Optimierungsgrössen für diese Systeme sind. Als dimensionslose Kenngrösse weist sie die Netzaufwandszahl aus. Diese bringt zum Ausdruck, wie gross der Bezug



elektrischer Energie aus dem Netz im Vergleich zum gesamten Nutzenergiebedarf ist, wobei der Nutzenergiebedarf aus der Summe des Haushaltsstroms, des Warmwasserbedarfs und des Raumwärmebedarfs berechnet wird. Die vier gemessenen Systeme erreichen mit einer PV-Anlage, die in einem Jahr fast gleichviel Strom produziert wie Strom verbraucht wird (Netto-Null-Energie Gebäude), Netzaufwandszahlen von 20 % – 37 %. Im besten Fall muss also in einem solchen System noch ein Fünftel des gesamten Nutzenergiebedarfs in Form von elektrischer Energie über das Netz zugeführt werden, und ein Fünftel des PV-Ertrages wird in das Netz eingespeist. Grosse Unterschiede ergaben sich in den Tests nicht nur bei der Gesamteffizienz der Systeme, sondern auch bei der gemessenen Zykluseffizienz von Batteriespeichersystemen unter realen Einsatzbedingungen.

Ralf Dott (FHNW) präsentierte Erfahrungen zur PV-Eigenverbrauchsoptimierung mit leistungsgeregelten Wärmepumpen. Die Möglichkeiten zur Eigenverbrauchssteigerung über einen Warmwasserspeicher mit Wärmepumpe werden zum Beispiel begrenzt durch das Verhältnis zwischen der grössten Warmwasserzapfung und der Speicherkapazität. Ist der Speicher bereits sehr knapp dimensioniert, so besteht relativ wenig Spielraum zur Eigenverbrauchssteigerung mit Wärmepumpe. Dott führte aus, dass der Gewinn für den Eigenverbrauch bis zu einer Speicherdauer von ungefähr einem Tag stark ansteigt, danach jedoch abflacht, so dass sich grössere Speicherkapazitäten im Moment kaum lohnen.

#### *Thermische Energiespeicher – mehr als nur ein Behälter mit Wasser*

Robert Haberl (SPF Institut für Solartechnik) stellte dar, dass die thermische Speicherschichtung die Effizienz von Wärmepumpensystemen massgeblich beeinflusst: Bei Kombispeichern resultieren bei guter Speicherschichtung 30% weniger Stromverbrauch als bei einem schlecht schichtenden Speicher. Bei Pufferspeichern, welche in grösseren Anlagen und Wärmenetzen verbaut werden, konnte durch Feldmessungen und anschliessende Simulationen durch eine wesentlich bessere Schichtung des Speichers eine Steigerung des COP von 5 – 18 % ermittelt werden. In den Feldmessungen wurde festgestellt, dass sehr grosse Unterschiede bestehen bezüglich der Qualität der Speicherschichtung. Es wurden Empfehlungen abgegeben für die Gestaltung der Strömungsberuhigung am Eintritt des Speichers, welche wesentlich für eine gute Schichtung ist, und über Erfahrungen mit Bogenrohren und Sprührohren berichtet.

#### *Batteriespeicher – massive Kostenreduktion und gute Marktaussichten*

Von der Berner Fachhochschule ordnete Noah Pflugradt die Batteriespeicher in der Landschaft der Stromspeichertechnologien ein. Es wurde klar, dass Batteriespeicher ohne weiteres für die Überbrückung von ein paar Tagen geeignet sind, jedoch in absehbarer Zukunft kaum als Saisonalspeicher in Frage kommen. Aufgrund von Lerneffekten und massiven Forschungsinvestitionen aus der Automobilindustrie erscheinen dramatische Preissenkungen in den nächsten Jahren wahrscheinlich, so dass mit einer Wirtschaftlichkeit für den Einsatz als Kurzzeitspeicher für den PV-Eigenverbrauch in der Schweiz bereits in naher Zukunft gerechnet werden kann. Pflugradt prognostiziert ein massives, exponentielles Wachstum für Batteriespeicher in den nächsten Jahren.

Andreas Jungo von Helion, einem der Marktführer im Bereich der Planung und Installation von Photovoltaik und Batteriespeichern in der Schweiz, berichtete über das Handling der Heimbatterien, Transportvorschriften - Lithium-Ionen Batterien sind Gefahrgut - und Garantiebedingungen. Er weist darauf hin, dass die von den Herstellern angegebenen Zyklenzahlen innerhalb der Garantiezeiten nicht erreicht werden und daher die Garantiebedingungen ausschlaggebend sind, die sich im Kleingedruckten deutlich unterscheiden. Er führte zudem aus, mit welchen Systemkosten heute zu rechnen ist.



Während der Markt für Heim-Batteriespeicher in der Schweiz noch in den Anfängen steckt, wurden in Deutschland bereits über 100'000 Batteriespeicher installiert und es wird mittlerweile jede zweite neu installierte PV-Anlage mit einem Heimspeicher ausgerüstet. Georg Angenendt von der RWTH Aachen gab einen Einblick in den deutschen Markt und die Anreizprogramme welche wesentlich zu einer Verbreitung von Batterien in Deutschland beigetragen haben. So müssen in Deutschland Anlagenbesitzer, die finanzielle Förderungen in Anspruch nehmen, ihre PV-Einspeiseleistung auf 70% der Nennleistung (ohne Batterien) respektive auf 50% der Nennleistung (mit Batterien) begrenzen. Dadurch besteht ein Anreiz, Selbstverbrauch und Batteriemangement nicht einfach auf maximalen Eigenverbrauch auszurichten, sondern vor allem auf maximale Verwertung derjenigen PV-Leistung, welche die genannten Grenzwerte überschreitet. Die meisten Hersteller in Deutschland geben - wie auch in der Schweiz - 10 Jahre Garantie auf ihre Batterien. Dies bedeutet in der Regel, dass die Batterie auch nach 10 Jahren noch 80% ihrer Nennkapazität zur Verfügung stellen kann. Die Preise für Batteriespeicher haben sich in den letzten fünf Jahren etwa halbiert, gleichzeitig werden die verbauten Speicher grösser, so dass die Investition des Verbrauchers mit ca. 10'000 Euro in etwa gleich bleibt. Die RWTH Aachen misst im Rahmen eines Speichermonitorings 20 Anlagen mit Batteriespeicher im Feld aus, und wertet im Rahmen dieser Feldmessungen auch die tatsächlich verfügbare Speicherkapazität aus.

Das vielfältige Programm wurde, wie üblich, abgerundet durch mehrere Pausen und Gelegenheiten für das Networking.

### 3.3 Beiratstätigkeiten sowie Mitarbeit in Verbänden, Netzwerken und anderen Organisationen

Im Rahmen von Beiratstätigkeiten kann das SPF gestalterischen Einfluss auf Ablauf und Inhalt von nationalen und internationalen Tagungen und Symposien nehmen, die von anderen Veranstaltern organisiert und durchgeführt werden. Aktuell stellt das SPF Beiräte für folgende Veranstaltungen:

- Symposium Solarthermie und Wärmesysteme, organisiert durch die Conexio GmbH
- International Sustainable Energy Conference – ISEC, organisiert durch AEE INTEC
- Nationaler Kongress der erneuerbaren Energien und der Energieeffizienz, organisiert durch AEE Suisse
- Status-Seminar, organisiert durch brenet
- Swissolar Wärmetagung, organisiert durch Swissolar

Durch die aktive Mitarbeit in Gremien und Verbänden können Netzwerke geknüpft und nationale sowie internationale Projekte initiiert werden. Darüber hinaus kann Einfluss auf die Gestaltung und Auslegung von Vorschriften, Richtlinien und Normen auf dem Gebiet der Solarthermie und Wärmetechnik genommen werden. Aktuell zeichnet das SPF bzw. Mitarbeiter des SPF Mitgliedschaft in folgenden Organisationen und Verbänden:

- ISES Board of Directors
- brenet
- Swissolar Vorstand
- Swissolar Technikkommission Solarwärme, Leitung
- Swissolar Bildungskommission



- Normkomitee NK0144 (Solar) / Vertreter ISO TC 180 / CEN TC312, Vorsitz
- IEC TC 82 (PV)
- IEC TC 117 Solar thermal Electric
- CEN TC 312 WG1, Convenor
- CEN/TC 164 WG2 / INB/NK 0144
- Fachkommission Elementarschutzregister FER (VKF)
- Solar Keymark Network
- EKTSU<sub>b</sub> (Austauschkreis Prüflaboratorien)
- Steering Committee SCF (Solar Certification Fund)
- SVU Schweizer Verband für Umweltsimulation
- RHC (Renewable Heating & Cooling - European Technology Platform) - CCP (Cross Cutting Technology Panel)
- Verband Fernwärme Schweiz
- IBPSA-CH (International Building Performance Simulation Association)
- SIA 380
- SIA 385/1
- SHE/estif (Solar Heat Europe)
- energiecluster