

Institut für Solartechnik SPF  
Hochschule für Technik Rapperswil HSR  
CH- 8640 Rapperswil!  
www.solarenergy.ch

## Schichtungseffizienz: Beurteilung von Pufferspeichern auf Grund von Speicherskizzen für den Einsatz in Kombination mit Wärmepumpen und Frischwassermodulen

Modelle:

### Friwa-Pufferspeicher Friwa Solar-Pufferspeicher

---

Antragsteller:	Administration:
unitec Energietechnik GmbH	unitec Energietechnik GmbH
Lindauer Str. 27-29	Herr Gilbert Lux
6911 Lochau	Lindauer Str. 27-29
Austria	6911 Lochau
	Austria
	Tel.: +43 5574 83 630
	Email: <a href="mailto:g.lux@unitec-gmbh.at">g.lux@unitec-gmbh.at</a>

---

Rapperswil, 23.10.2019

A handwritten signature in blue ink, appearing to read 'Haberl'.

Robert Haberl  
Projektleiter Forschung

A handwritten signature in black ink, appearing to read 'Ozan Türk'.

Ozan Türk  
Projektleiter Testing

## 1 Zusammenfassung

Die Zulassung folgender Speicher für die Kombination mit Wärmepumpen und Frischwassermodulen wird empfohlen:

### **Friwa-Pufferspeicher**

### **Friwa Solar-Pufferspeicher**

Der Nenninhalt der begutachteten Modelle beträgt 500, 800, 1000, 1500 und 2000 Liter.

Die Eintrittsgeometrie für die Beladung der Speicher führt zu ausreichend tiefen Strömungsgeschwindigkeiten bis zu einem Volumenstrom von 2.9 m<sup>3</sup>/h bzw. einer Leistung von 17 kW. Entsprechend wird die Zulassung bis zu diesen Grenzen empfohlen.

Die Position von Temperaturfühlern, sowie der Ein- und Austrittsöffnungen wird gemäss der Anwendung mit Wärmepumpen und Frischwassermodulen als passend eingestuft.

---

## Inhaltsverzeichnis

1 Zusammenfassung .....	2
2 Grundlagen.....	3
2.1 Begriffe.....	3
2.2 Konzept.....	4
3 Beschreibung .....	4
4 Beurteilung .....	5
4.1 Position Temperaturfühler .....	5
4.2 Position der Speichereintritte.....	5
4.3 Eintrittsgeometrie.....	6
5 Details .....	7
6 Dokumente .....	8
Anhang A: Hydraulikschema .....	9
Anhang B: Herstellerunterlagen .....	9

## 2 Grundlagen

### 2.1 Begriffe

#### **Kombispeicher**

Wärmespeicher, die Brauchwarmwasser (WW) und Raumheizungswärme (RH) in einer Einheit speichern, werden als Kombispeicher bezeichnet. Speicher mit internem Spirarohr-Wärmetauscher oder mit externen Frischwassermodulen für die Warmwasseraufbereitung sind ausdrücklich in die Definition des Kombispeichers eingeschlossen.

#### **Warmwasserspeicher**

Wärmespeicher zur Speicherung von Brauchwarmwasser (WW) werden als Warmwasserspeicher bezeichnet. Dabei kann entweder das Frischwasser selbst auf entsprechender Temperatur gespeichert werden, oder die Warmwasserbereitung erfolgt über einen Wärmeübertrager (intern oder extern).

#### **Temperaturschichtung**

Die Dichte von Wasser, und somit das spezifische Gewicht, ist temperaturabhängig. Aufgrund dieser Tatsache stellt sich in einem Wasserspeicher automatisch eine Temperaturverteilung mit hohen Temperaturen oben und tiefen Temperaturen unten ein. Diesem Prozess wirken Ausgleichsprozesse entgegen, welche im Wesentlichen auf drei Ursachen zurückgeführt werden können:

- Wärmeleitung und Diffusion im Wasser und in den Speicher-Einbauten
- Mitreissende Strömung (plume entrainment)
- Kinetische Energie direkter Beladungen

#### **Schichterhaltender Volumenstrom**

Ein, in einen Wasserspeicher eintretender, Volumenstrom kann die Temperaturschichtung sowohl durch mitreissende Strömung als auch durch die kinetische Energie zerstören. Um dies zu verhindern müssen zwei Bedingungen erfüllt sein:

- Die Temperatur des eintretenden Volumenstromes muss in engen Grenzen der Temperatur im Speicher entsprechen (um mitreissende Strömung zu verhindern).
- Die kinetische Energie der direkten Beladung darf nicht zu gross sein.

Zur Verhinderung der mitreissenden Strömung muss die Hydraulik am Speicher stimmen. Um die kinetische Energie niedrig zu halten müssen folgende Designkriterien am Speichereintritt erfüllt sein:

- Strömungsgeschwindigkeit  $< 0.1$  m/s am Austritt des Strömungskanals
- Beruhigungsstrecke mindestens 6 x hydraulischer Durchmesser nach der letzten Strömungsumlenkung oder Querschnittserweiterung

#### **Frischwassermodul**

Ein Frischwassermodul dient zur Erhitzung von Frischwasser mittels eines Wärmeübertragers. Dabei wird das Frischwasser nur bei Bedarf im Durchlaufprinzip erwärmt. Im Wasserspeicher befindet sich Heizungswasser, das über eine Pumpe über Wärmeübertrager (Plattenwärmetauscher) geführt wird.

#### **Zirkulation**

Parallel zur Warmwasserleitung vom Erzeuger zur Verbrauchsstelle wird eine weitere Leitung

zurück zum Erzeuger geführt. Mittels einer Zirkulationspumpe wird das zentral erwärmte Trinkwasser in diesem Leitungsnetz permanent umgewälzt und auf einer bestimmten Temperatur gehalten indem es ständig nacherhitzt wird.

### **Sprührohr**

Sprührohre werden als Diffusor am Speichereintritt eingesetzt um die kinetische Energie der direkten Beladung zu reduzieren. Dabei handelt es sich um ein horizontal im Speicher eingebautes Rohr mit seitlichen Öffnungen, durch die das Wasser in den Speicher eingebracht wird.

### **Schichtladelanze**

Schichtladelanzen werden für das gezielte Einschichten des einströmenden Wassers in die verschiedenen Temperaturbereiche im Speicher eingesetzt. Über die vertikal in den Speicher eingebaute Vorrichtung sollte das ankommende Wasser in die jeweils entsprechende temperaturgleiche horizontale Ebene im Speicher geführt werden, ohne dabei die bereits bestehende Temperaturschichtung im Speicher durch Wärmeübertragung oder mitreissende Strömung signifikant zu stören.

## **2.2 Konzept**

Ein wichtiges Kriterium für die Effizienz von Komplettsystemen mit Kombispeichern ist die Schichtungseffizienz des Speichers. Dies gilt besonders bei der Verwendung von Wärmepumpen mit ihren hohen Volumenströmen. Aus diesem Grund muss für die Zulassung von Kombispeichern zum Wärmepumpen Systemmodul dessen Schichtungseffizienz durch eine entsprechende Prüfung nachgewiesen werden.

Wärmespeicher, bei denen kein Trinkwasser durch den Speicher geführt wird, lassen eventuell eine Beurteilung auf der Basis eingereichter, detaillierter Speicherkonstruktionszeichnungen und Nutzungsangaben zu. Das Frischwasser-Modul muss zusätzlich zugelassen sein. Nur die nach Pflichtenheft richtig dimensionierte Kombination Wärmespeicher mit Frischwasser-Modul ergibt eine effiziente Trinkwarmwassererwärmung.

## **3 Beschreibung**

Durch Herrn Gilbert Lux wurde ein Antrag auf die Beurteilung von Pufferspeichern auf Grund von Speicherskizzen für den Einsatz in Kombination mit Wärmepumpen und Frischwassermodulen gestellt.

Die Bezeichnung der einzelnen Modelle lautet:

- Friwa-Pufferspeicher 500
- Friwa-Pufferspeicher 800
- Friwa-Pufferspeicher 1000
- Friwa-Pufferspeicher 1500
- Friwa-Pufferspeicher 2000
- Friwa Solar-Pufferspeicher 500
- Friwa Solar -Pufferspeicher 800
- Friwa Solar -Pufferspeicher 1000
- Friwa Solar -Pufferspeicher 1500
- Friwa Solar -Pufferspeicher 2000

Den eingereichten Zeichnungen zufolge sind die Speicher in Zonen für die Warmwasserbereitung und für die Raumheizung aufgeteilt, wobei die Trennung mittels eines Trennbleches mit einem Ringspalt erfolgt.

In beiden Zonen ist jeweils zur Beladung ein sogenanntes Schicht-U eingebaut, das als Diffusor zur Querschnittserweiterung und Strömungsberuhigung dient. Der Rücklauf wird jeweils über

einen 1½" Anschluss entnommen. Somit sind zwei externe Umschaltventile zur Beladung der Warmwasserzone und der Raumheizungszone nötig.

Ein Frischwassermodul entnimmt primärseitig Wasser aus der oberen Zone und führt den Rücklauf in den Raumheizungsteil des Speichers. Es gibt jeweils zwei Paar Anschlüsse für verschiedene Frischwassermodule, je nach der Schüttleistung des Moduls.

In den Versionen "Friwa Solar-Puffer" ist jeweils ein interner Wärmeübertrager im unteren Teil des Speichers enthalten.

Im Anhang des vorliegenden Dokumentes ist ein Schema zur hydraulischen Einbindung, Zeichnungen des Speichers sowie eine Detailzeichnung der Strömungsdämpfer zu finden.

## 4 Beurteilung

### 4.1 Position Temperaturfühler

Insgesamt stehen fünf ½"-Muffen für Fühler/Thermometer zur Verfügung.

Für die Warmwasserbereitung stehen drei Fühler im oberen Teil des Speichers zur Verfügung, wobei der Abstand zur Vorlaufposition für die Raumheizung jeweils mindestens 30 cm beträgt. Somit kann je nach Komfortbedarf eine passende Position für die Warmwasserbereitung gewählt werden.

Für die Heizungsanforderung stehen zwei Fühler in der entsprechenden Zone des Speichers zur Verfügung. Beide Fühler sind zwischen Vor- und Rücklaufposition platziert.

### 4.2 Position der Speichereintritte

#### Wärmepumpe

Zur Warmwasserbereitung ist der Rücklauf der Wärmepumpe im unteren Teil der Warmwasserzone platziert. Der Vorlauf wird bei etwa 2/3 der Gesamthöhe eingebracht. Dadurch bleibt während der Warmwasserbeladung das Volumen im Speicher oben unberührt bzw. auf Temperatur bis die Temperatur in der gesamten Warmwasserzone hoch genug ist.

Die Anschlüsse zur Raumheizung sind in der unteren Zone des Speichers jeweils unten und oben (unterhalb des Trennbleches) platziert.

#### Raumheizung

Die Höhe von Vor- und Rücklauf für die Raumheizung ist identisch mit der Höhe der Anschlüsse zur Beladung der Raumwärmezone durch eine Wärmepumpe. Hydraulisch ist der Vorlauf der Raumheizung mit dem Vorlauf der Wärmepumpe verbunden indem beide Anschlüsse durch ein U-Profil im Speicher geführt werden. Alternativ dazu kann die Raumheizung auch mittels eines T-Stückes im Vorlauf der Wärmepumpe eingebunden werden.

#### Frischwassermodul

Die Rohrleitungen eines Frischwassermoduls werden intern durch den Speicher geführt. Dabei bleiben die Rohrleitungen des Vorlaufs im oberen, heißen Teil des Speichers. Der Rücklauf wird mit Eintritt auf derselben Höhe in den Speicher intern nach unten geführt.

Ein zweites Paar Anschlüsse, jeweils wieder auf derselben Höhe des Speichers, steht für ein Frischwassermodul mit geringerer Schütteleistung zur Verfügung. Auch diese Anschlüsse führen auf Rohre, die intern Warmwasser aus dem Speicher oben entnehmen und Kaltwasser nach unten führen.

Für den Fall einer Warmwasserzirkulation steht ein weiterer Anschluss zur Verfügung. Dieser ist jeweils am Speicher oben positioniert und führt intern auf einen Diffusor in der Mitte der Warmwasserzone. Eine Umschaltung zwischen Zirkulation und Warmwasserbezug muss extern erfolgen.

### **Kollektorkreis**

Solarwärme kann in den Speichern mit der Bezeichnung "Friwa Solar-Puffer" über einen internen Wärmeübertrager eingebracht werden. Wärmeübertrager und Speicheranschlüsse befinden sich im Raumheizungsteil des Speichers.

### **4.3 Eintrittsgeometrie**

Der Vorlauf der Beladung zum Speicher wird jeweils über ein so genanntes "Schicht-U" umgesetzt: Ein U-Profil mit einem Querschnitt von 40 x 100 mm<sup>2</sup>. Dadurch ergibt sich eine Strömungsgeschwindigkeit von < 0.1 m/s bis zu einem Volumenstrom von 2.9 m<sup>3</sup>/h.

Zum Schicht-U gibt es jeweils zwei 1½" Anschlüsse. Die Länge des kürzeren Schenkels bis zum Austritt beträgt in jedem Fall mindestens das Vierfache des hydraulischen Durchmessers. Somit wird die Vorgabe zur Mindestlänge der Beruhigungsstrecke eingehalten.

Der Eintritt des Rücklaufs aus dem Frischwassermodul wird über ein Rohr in den unteren Teil des Speichers geführt. Dieser untere Teil ist mittels eines Trennbleches mit einem Ringspalt entlang der Speicherwand vom oberen Teil getrennt. Durch diesen Ringspalt muss während eines Warmwasserbezuges das Speicherwasser vom untern in den oberen Teil des Speichers strömen. Die Spaltbreite beträgt 25 mm. Damit ergibt sich eine Fläche von mindestens 4.5 dm<sup>2</sup> (für die kleinste Baugröße der Produktfamilie). Die Strömungsgeschwindigkeit bleibt damit immer bei unter 0.01 m/s.

## 5 Details

Baugrösse	500	800	1000	1500	2000	
Nennvolumen	514	798	942	1422	1926	
Durchmesser [mm] <sup>(A)</sup>	600	750	790	1000	1100	
Höhe [mm]	1990	1990	2110	2020	2250	
Anschlusshöhen ab Boden in mm:						
A	Wärmepumpe Vorlauf Warmwasser	1550	1550	1670	1455	1455
B	Wärmepumpe Rücklauf Warmwasser	760	760	760	800	800
C	Wärmepumpe Vorlauf Raumheizung	610	610	610	650	650
D	Wärmepumpe Rücklauf Raumheizung	265	265	265	350	350
E	Raumheizung Vorlauf	610	610	610	650	650
F	Raumheizung Rücklauf	265	265	265	350	350
G	Warmwasser Austritt (Friwa 50/75)	1770	1770	1890	1730	1930
H	Kaltwasser Eintritt (Friwa 50/75)	1770	1770	1890	1730	1930
	Warmwasser Austritt (Friwa 30)	760	760	880	720	920
	Kaltwasser Eintritt (Friwa 30)	760	760	880	720	920
	Solar Vorlauf <sup>(B)</sup>	500	500	520	550	550
	Solar Rücklauf <sup>(B)</sup>	265	265	265	230	230

<sup>(A)</sup> ohne Isolation

<sup>(B)</sup> Anschlüsse sind nur in der Version "Friwa Solar-Puffer" vorhanden.

## 6 Dokumente

### **Antrag zur Beurteilung von Pufferspeichern auf Grund von Speicherskizzen für den Einsatz in Kombination mit Wärmepumpen und Frischwassermodulen**

Ausgefüllt durch Herrn G. Lux (g.lux@unitec-gmbh.at)

### **Beurteilungsbericht.**

Dieses Dokument.

### **Allgemeine Geschäftsbedingungen SPF**

Bezugsquelle: SPF, Internet: [www.spf.ch](http://www.spf.ch)



## Anhang A: Hydraulikschema

Die Speicher der Baureihe Friwa-Puffer und Friwa Solar-Puffer haben jeweils identische Anschlüsse, mit Ausnahme der beiden Anschlüsse für den internen Wärmeübertrager zur Einbringung der Solarwärme.

In Abbildung 1 ist ein Schema zur Einbindung des Speichers mit Wärmepumpe und Frischwassermodul zu sehen. Die Anschlüsse für Vor- und Rücklauf der Raumheizung und der Wärmepumpe im Raumheizungsbetrieb sind jeweils auf derselben Höhe angeordnet, wobei die beiden Vorlaufpositionen in einen gemeinsamen Diffusor münden. Alternativ zu dieser Einbindung kann auch eine Einbindung der Raumheizung über ein T-Stück erfolgen.

Die Höhenangaben zu den Bezeichnungen A bis H sind in der Tabelle im Kapitel 5 zu finden.

Zur Einbindung des Frischwassermoduls stehen zwei Paar Anschlüsse, je nach Schüttleistung des Frischwassermoduls zur Verfügung. Die alternativen Höhenangaben sowie die Angaben zur Einbindung der Solarwärme sind ebenfalls in der genannten Tabelle zu finden.

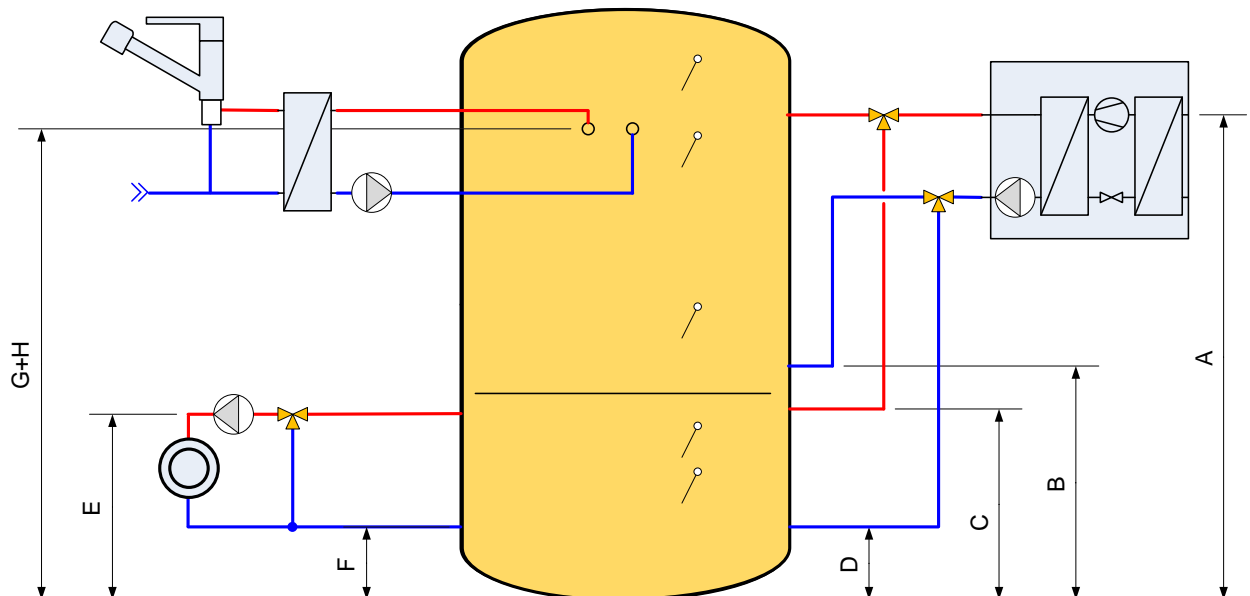
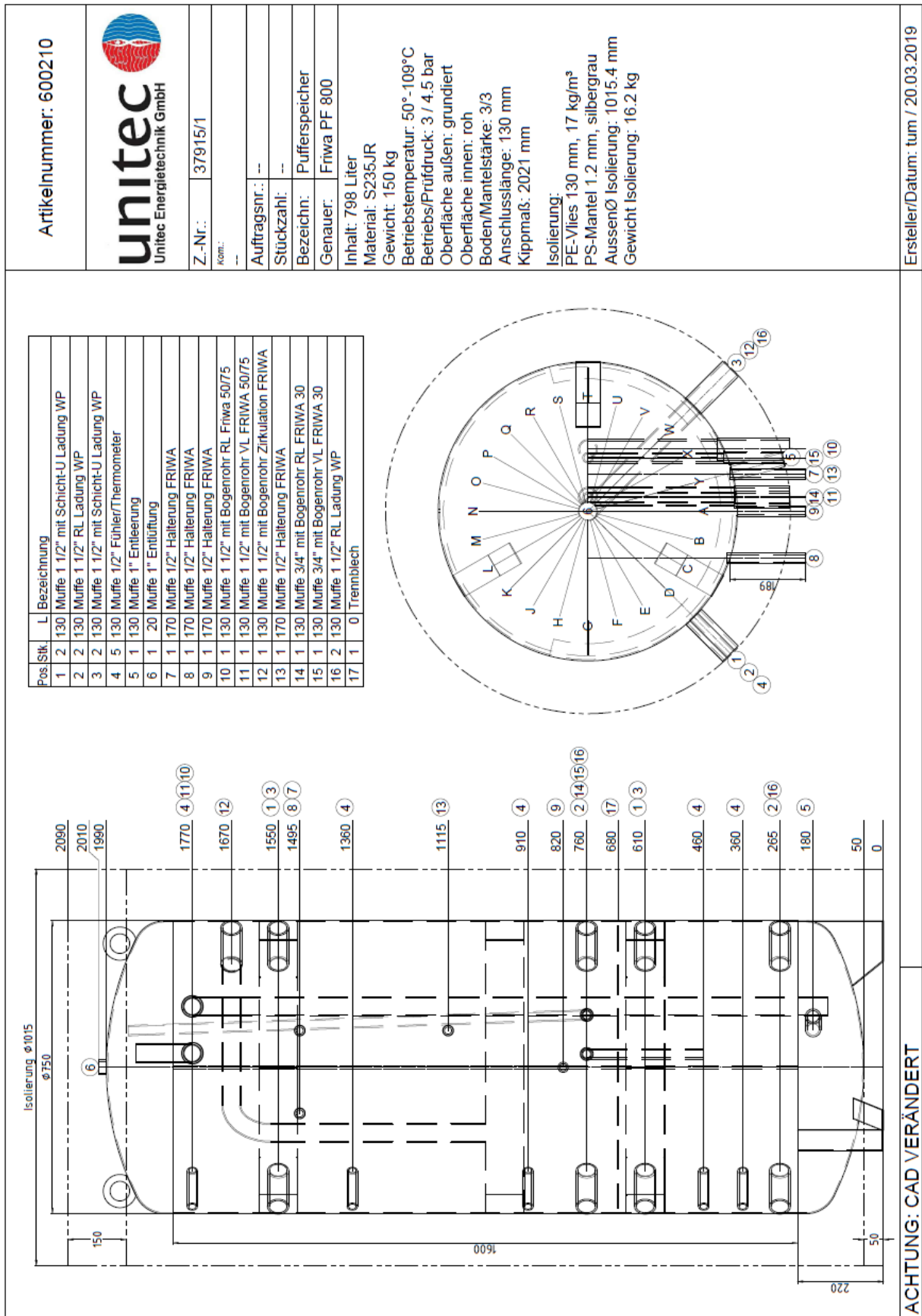


Abbildung 1: Hydraulikschema für die Einbindung der Speicher aus der vorgestellten Produktfamilie.

## Anhang B: Herstellerunterlagen

Im Folgenden sind Zeichnungen der Speicher mit Nenninhalt 800l dargestellt. Der Aufbau der Speicher gesamt sowie der Eintrittsgeometrie im Detail ist für die weiteren Baugrößen identisch umgesetzt.



Artikelnummer: 600210



Z.-Nr.: 37915/1

Kom.:

Auftragsnr.: --

Stückzahl: --

Bezeichn.: Pufferspeicher

Genauer: Friwa PF 800

Inhalt: 798 Liter

Material: S235JR

Gewicht: 150 kg

Betriebstemperatur: 50°-109°C

Betriebs/Prüfdruck: 3 / 4.5 bar

Oberfläche außen: grundiert

Oberfläche innen: roh

Boden/Mantelstärke: 3/3

Anschlusslänge: 130 mm

Kippmaß: 2021 mm

Isolierung:

PE-Vlies 130 mm, 17 kg/m<sup>3</sup>

PS-Mantel 1.2 mm, silbergrau

AussenØ Isolierung: 1015.4 mm

Gewicht Isolierung: 16.2 kg

Ersteller/Datum: tum / 20.03.2019

Abbildung 2: Zeichnung des Speichers Friwa-Puffer mit Nennvolumen 800l. Die weiteren Modelle haben einen identischen Aufbau.

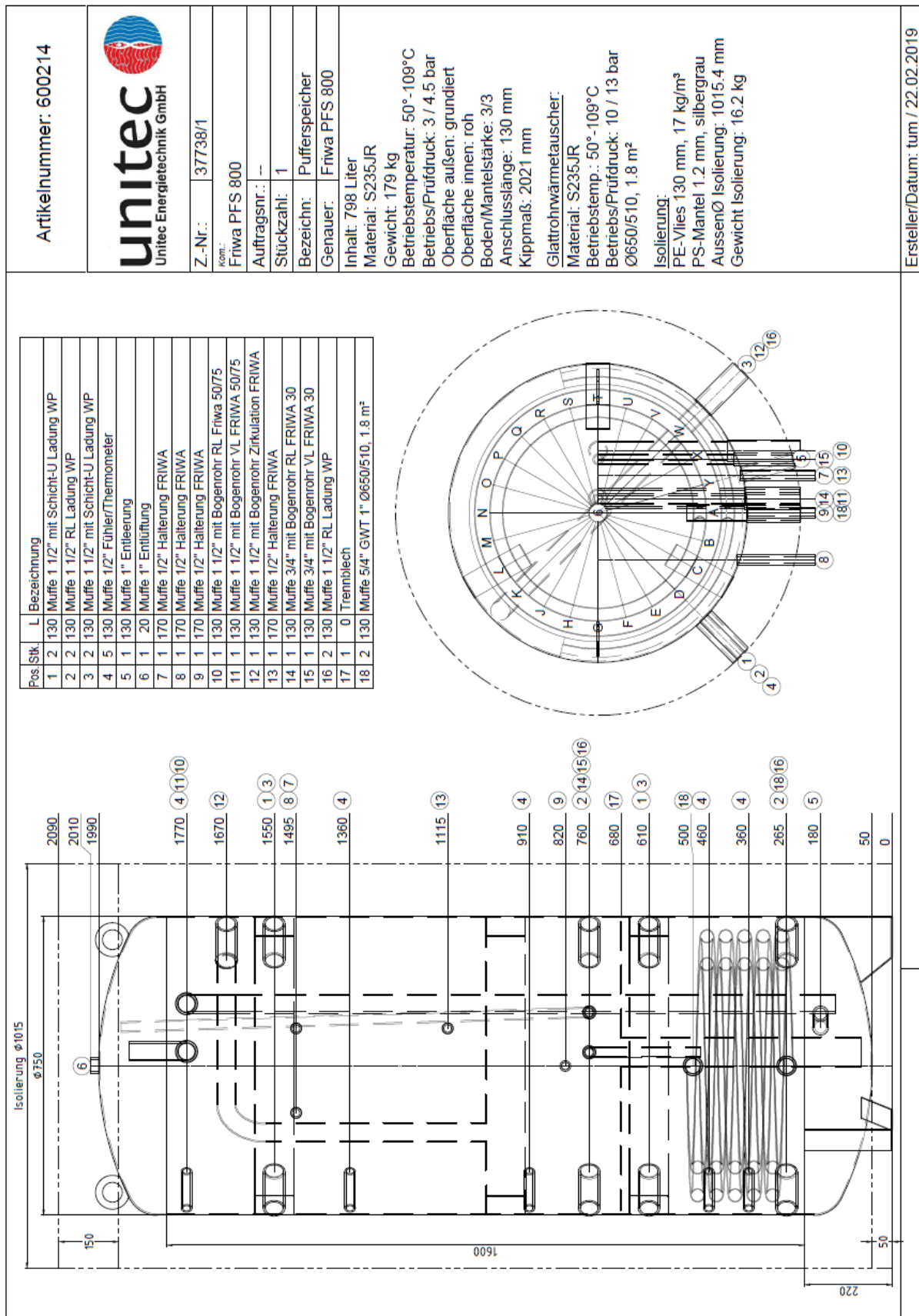


Abbildung 3: Zeichnung des Speichers Friwa Solar-Puffer mit Nennvolumen 800l. Die weiteren Modelle haben einen identischen Aufbau.

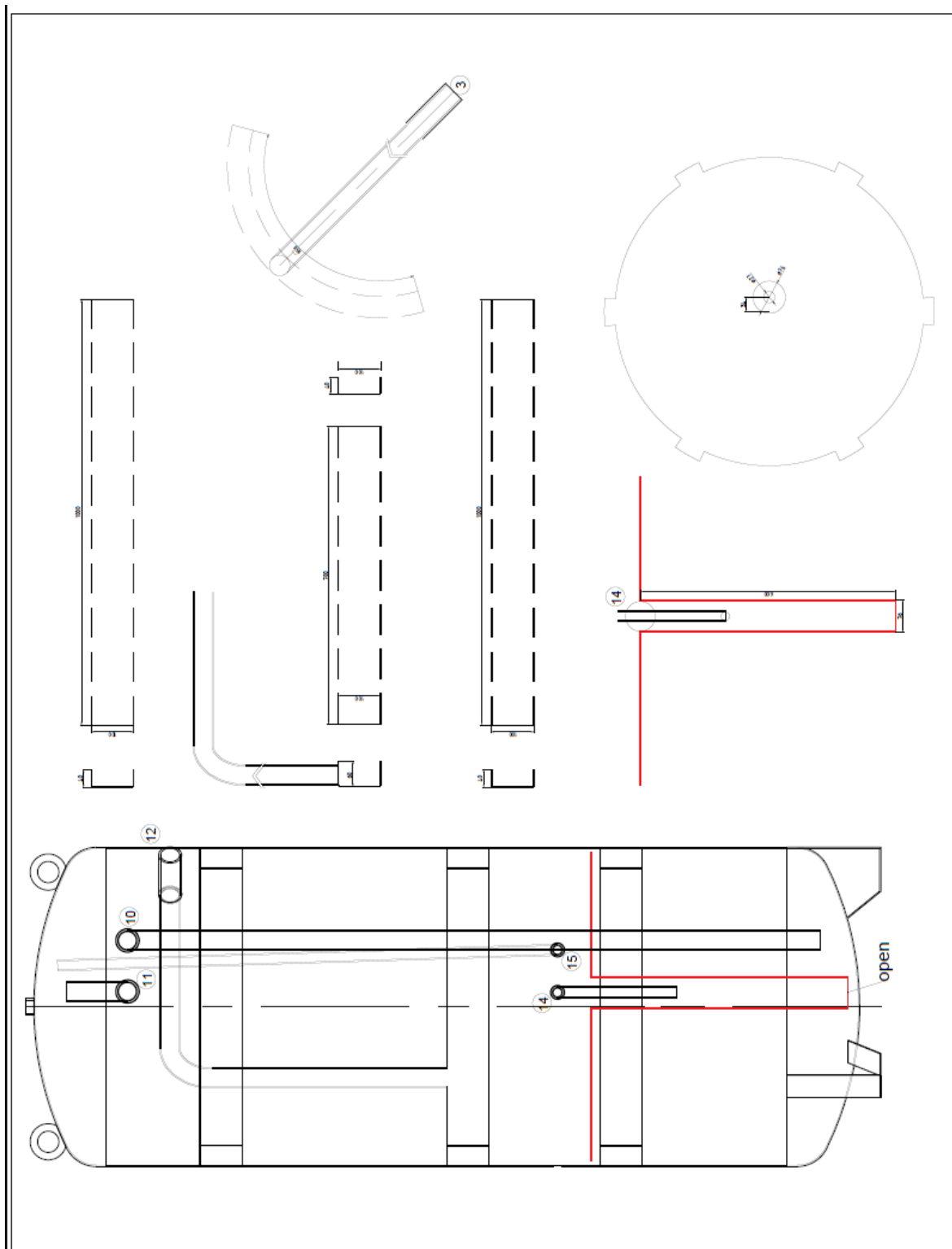


Abbildung 4: Details der Speichereinbauten. Das dargestellte U-Profil dient der Strömungsberuhigung am Speichereintritt. Die Länge des Profils wird je nach Aussendurchmesser des Speichers so gewählt, dass eine Beruhigungsstrecke nach den Eintrittspositionen von mindestens 250 mm resultiert.