



Sebastian Uhlig

Energietechnik

26.02.2021

Betreuer: Dipl.-Ing. Oliver Ziegler

Konzeptionierung und Konstruktion eines modular aufgebauten Containers für den autarken Betrieb einer Resorptionskälteanlage

Nr. 604

Motivation

Die Absorptionskälte ist gerade dann eine sinnvolle Art der Kälteerzeugung, wenn damit eine Wärmesenke für eine Kraft-Wärme-Kopplung (KWK) bereitgestellt werden kann. Abwärme, die sonst keine Verwendung findet, kann so als Antrieb für den thermischen Verdichter genutzt werden. Um die Absorptionskältetechnik, die bisher eher in größeren Anlagen zur Lieferung von Grundlastkälte realisiert wird, auch für kleinere Leistungsgrößen zu erschließen, ist die Resorptionskältemaschine (RKM) mit ihrem einfacheren Aufbau und niedrigeren Betriebsdrücken ein wichtiger Entwicklungsschritt auf dem Weg dort hin. Um jedoch im Dauerbetrieb Kälte zu erzeugen, muss eine Kompressionskältemaschine (Chiller) eingesetzt werden, um das Kühlwasser zu konditionieren, damit die RKM ununterbrochen Wärme an das Kühlwasser auf dem dafür notwendigen Temperaturniveau abgeben kann.

Ziel dieser Arbeit, als Bestandteil des Projektes „ResoChill“ der TU Dresden, war es, die Planung (R&I-Schemata, Bemessung von Anlagenkomponenten, 3D-Konstruktion, Montagepläne) für einen Prototypen zu liefern und darauf aufbauend ein Modulkonzept für eine serienreife Version dieser Anlage in verschiedenen Leistungsgrößen zu kreieren. Eine Wirtschaftlichkeitsbetrachtung mit vorangegangener energetischer Betrachtung waren ebenso Bestandteil wie auch eine sicherheitstechnische Betrachtung.

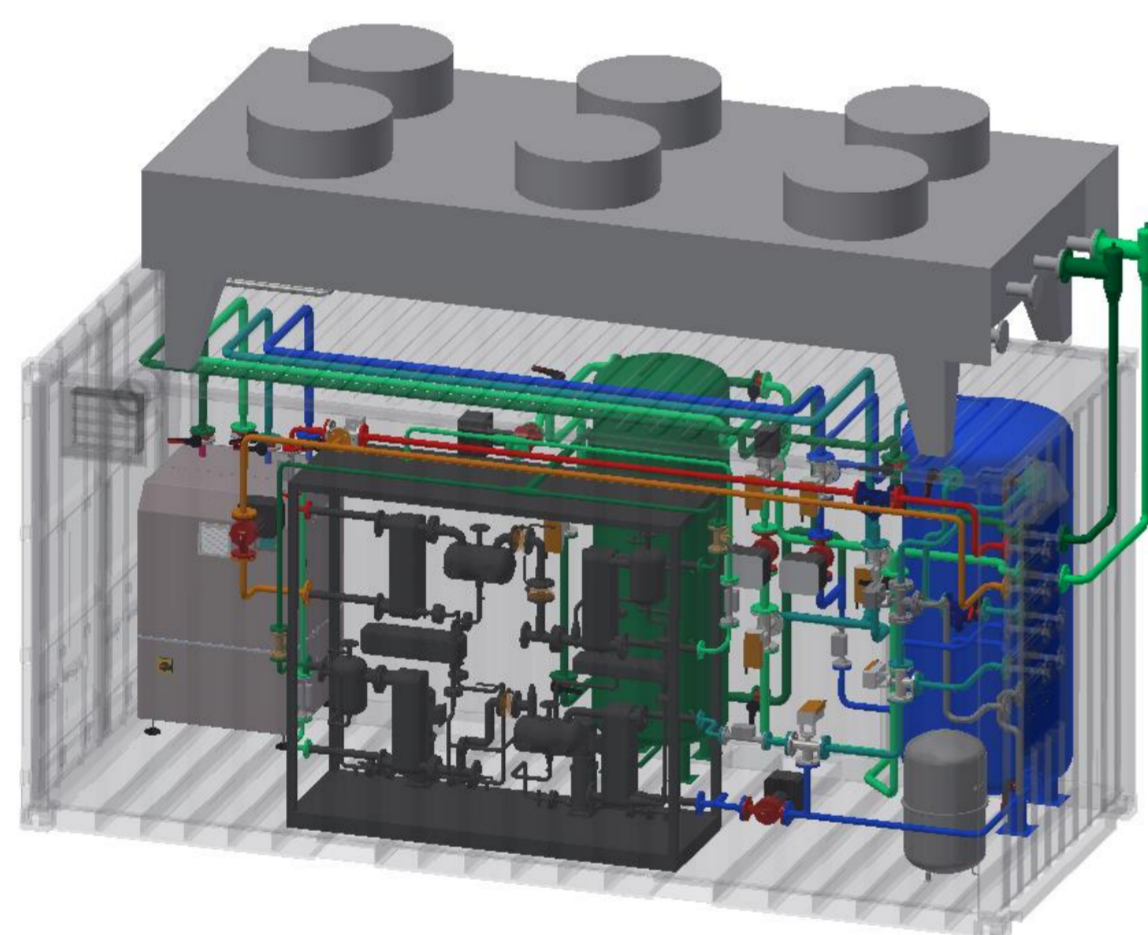


Abbildung 1: Modell der Prototypanlage mit Rückkühler auf Containeroberseite und Resorptionskältemaschine (schwarze Baugruppe).

Anlagencontainer

Beim Prototyp wurde das Anlagenlayout im Containerinneren realisiert. Dazu gehörten auch Schnittstellen durch die Containerwand für Lüftung, Elektrik und Rohrleitungen. Bei einem Projektpartner der TU wurde der Prototyp daraufhin gefertigt. Währenddessen wurde ein Modulkonzept erstellt welches es möglich macht, diese Anlage in Serie herzustellen, wobei nicht nur die Fertigung skalierbar, sondern auch die vorhergehende Projektierung und Planung dafür schneller absolviert werden kann. Das entwickelte Modulkonzept sieht für die Serienanlage vor, alle Komponenten vorher auf einem Gerüst zu montieren um dieses dann komplett in den Container einzubringen.

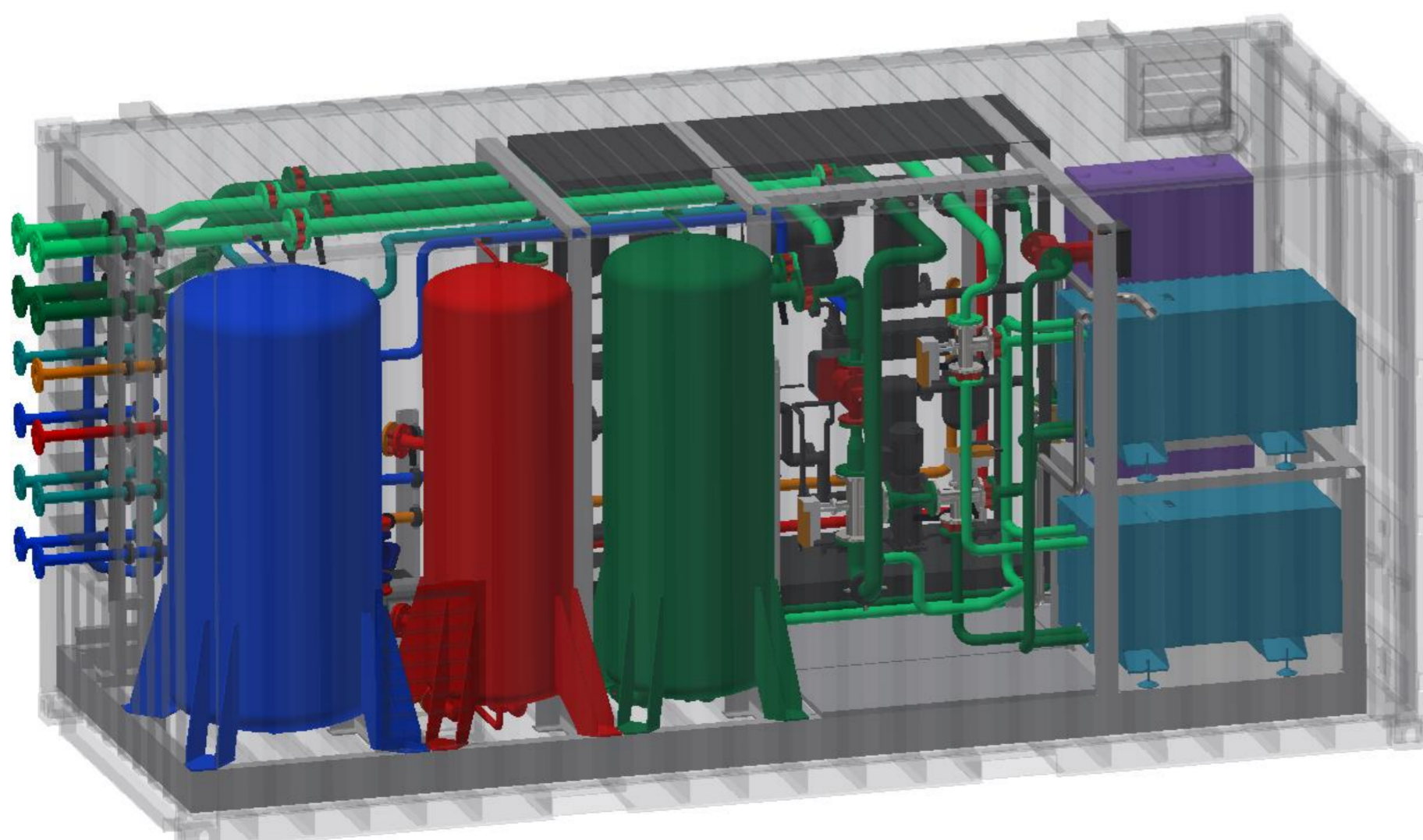


Abbildung 2: Modell der Serienanlage 50 kW auf dem Modulgerüst mit zwei Chillern (türkis), Resorptionskältemaschine (schwarz), Schaltschrank (violett), Pufferspeicher (von links nach rechts) für: Nutzkälte, Heizung, Kühlwasser.

Das entwickelte Modulkonzept sieht für die Serienanlage vor, alle Komponenten vorher auf einem Gerüst zu montieren um dieses dann komplett in den Container einzubringen.

Energetische und wirtschaftliche Bewertung

Mit den Jahrestemperaturlinien von 2017 bis 2019 wurde die Anlage energetisch bilanziert. Dazu sind verschiedene Arten der hydraulischen Einbindung des Chillers in die Kühlwasserversorgung untersucht worden. Dabei hat sich die Schwäche des für die Anlage vorgesehenen, mit Propan (R290) betriebenen, Chillers gezeigt, der betriebsbedingt einen sehr hohen Temperaturabstand zwischen Verdampfungs- und Kondensationstemperatur erfordert. In der Auswertung ging dadurch auch bei moderaten Kühlleistungen stets ein hoher elektrischer Verbrauch des Chillers einher.

Unter den gegebenen Umständen war der wirtschaftlichste Betrieb bei einer, durch den Chiller bewerkstelligten, Konditionierung des vom Rückkühler zurückfließenden Kühlwassers gegeben, welches von dort zwar mit niedriger Temperatur als der Vorlauftemperatur zurückfließt, jedoch noch zu warm war um der RKM Wärme abzunehmen („Verbrauch Restkonditionierung“ aus Abbildung 3).

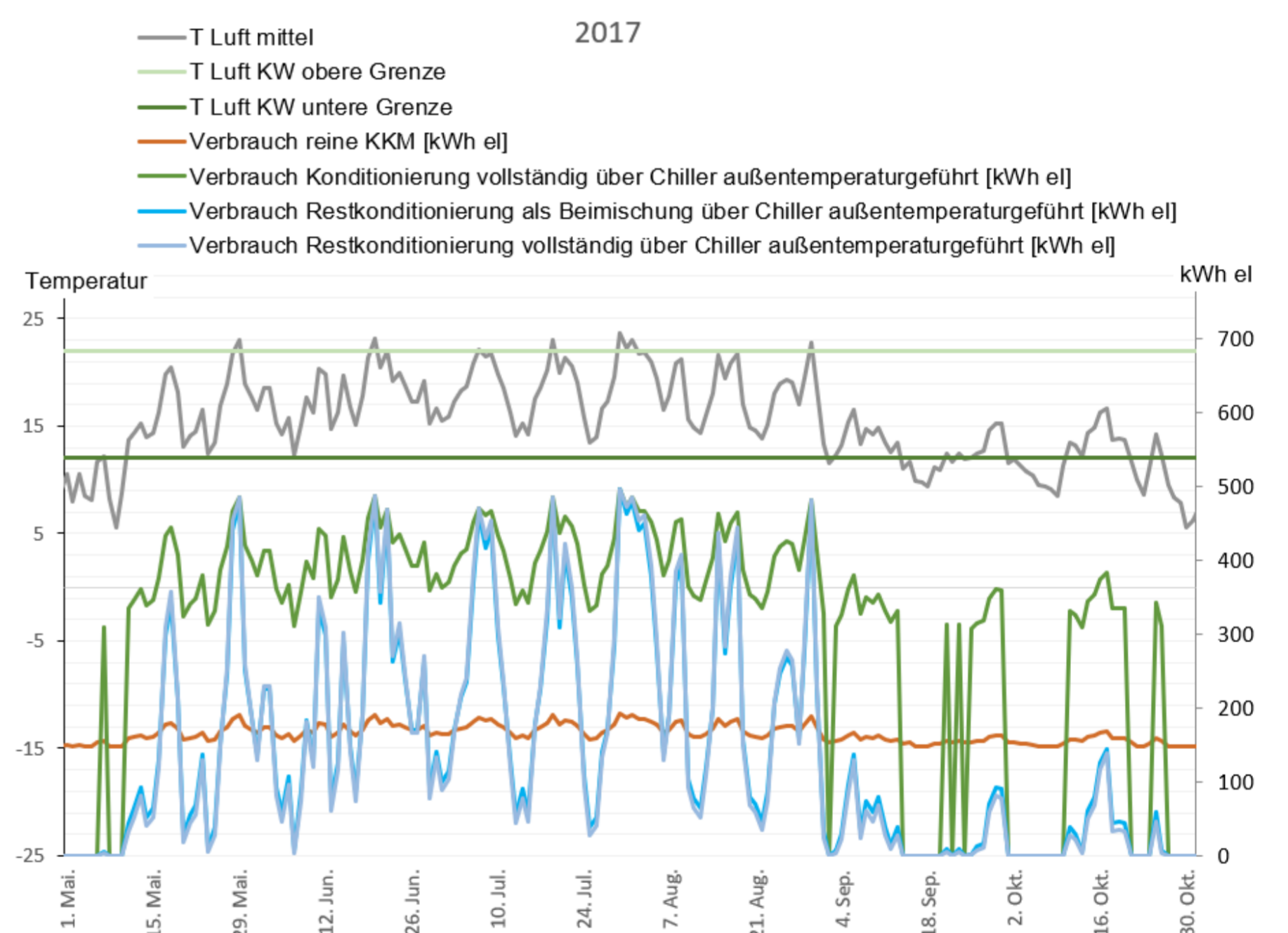


Abbildung 3: Ausschnitt aus 2017 mit den Außentemperaturen und dem Eigenenergieverbrauch der Kühlwasserkonditionierung.

Die Investitionsrechnung wurde für zwei Anlagen mit jeweils 25 kW und 50 kW durchgeführt. Als Ergebnis musste festgehalten werden, dass keine der Anlagen mit dem vorgegebenen Chiller wirtschaftlich zu betreiben ist, die mit der größeren Leistung jedoch insgesamt wirtschaftlich noch am besten abschneidet.

Zusammenfassung

Mit dem entwickelten Modulkonzept ist sichergestellt, dass sich die Containeranlage schon in der Projektierung schnell an unterschiedliche Anforderungen anpassen lässt. Die Herstellung der einzelnen Module der Anlage ist nun skalierbar. Im Falle einer Serienproduktion ist eine Kostendegression zu erwarten.

Für die Weiterentwicklung der Anlage ist die Verwendung des bisherigen Chillers zu überdenken, da er die notwendige Kühlwasserkonditionierung nicht wirtschaftlich abbilden kann. Ein neuer Chiller muss feinstufig regelbar sein, damit die Volumina der Pufferspeicher in der Anlage reduziert werden können, um so einen Einspareffekt auf die Anschaffungskosten zu erhalten.

Weiterhin sollte untersucht werden, ob eine Hybridkühlung bzw. offene Rückkühlung zur Nutzung der Feuchtkugeltemperatur ein sinnvoller Ersatz für den Trockenkühler darstellen kann.