

Institut für Luft- und Kältetechnik Dresden gGmbH

Energiespeicherung

Vakuumeiserzeugung Eisspeicherung

P. Albring



Ausgleich von Verfügbarkeit und Bedarf

Reduzierung der Anlagengröße

„Leistungsgetriebe“

Energie kann langsam gesammelt (geringer Leistungsbedarf) und schnell verbraucht (hohe Leistung)

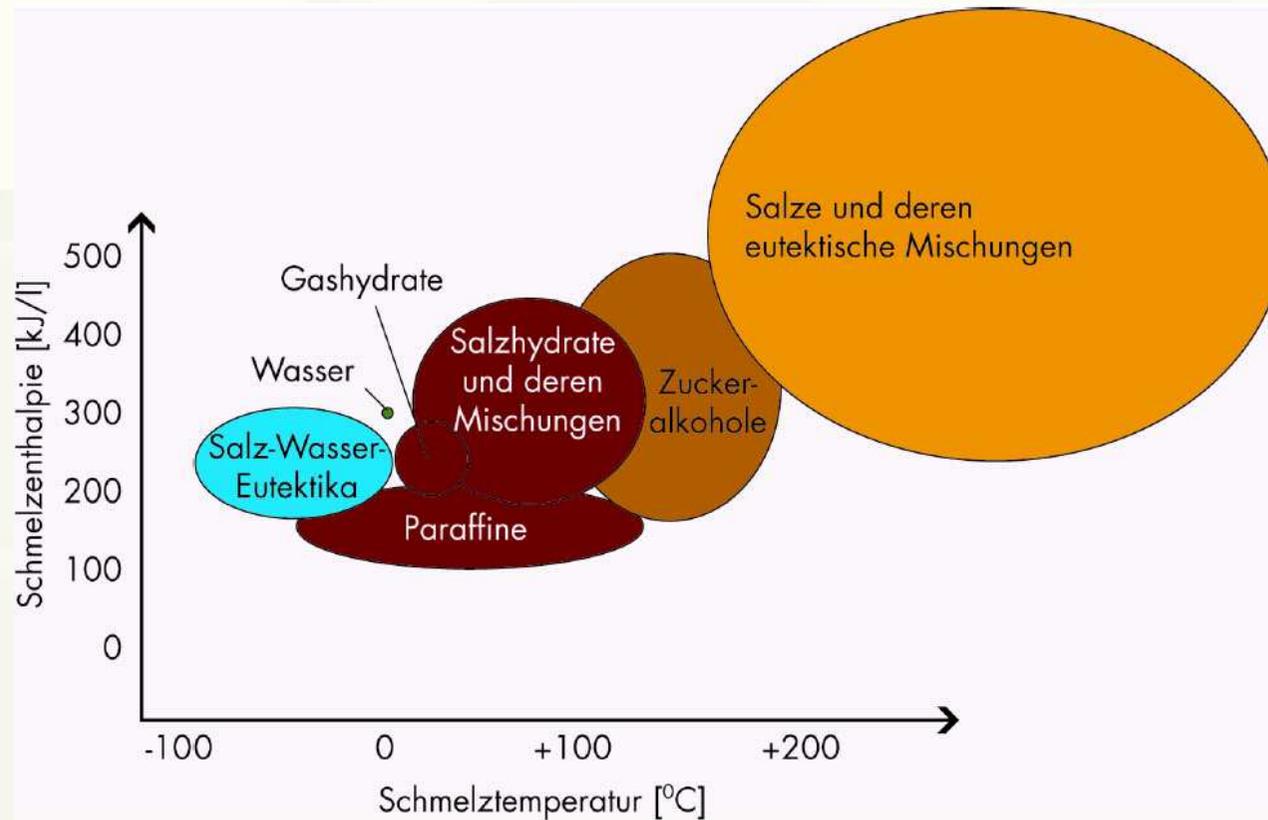


Ein Kältespeicher kann Planungsfehler nicht ersetzen

denn ein 50 kW Kaltwassersatz kühlt einen 1 m³ großen Kaltwasserspeicher in nur 8,4 min um 6K ab!!

Beim gleichzeitiger Eisbildung von 30% des Wasseranteils verlängert sich die Speicherzeit auf 41,4 min.

PCM für den Phasenübergang fest-flüssig





Kaltwasserspeicher

Eisspeicher

Eis in Wasser

Eisbank

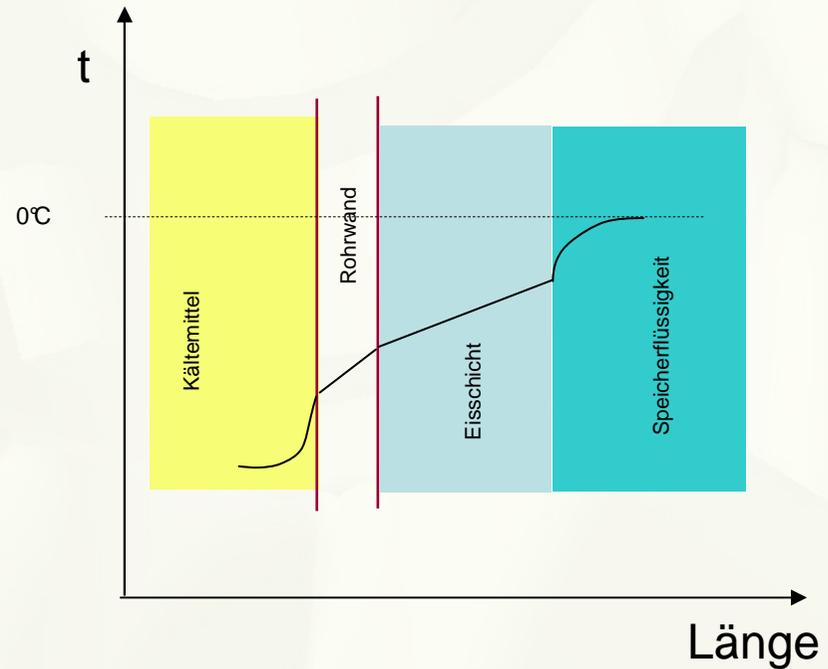
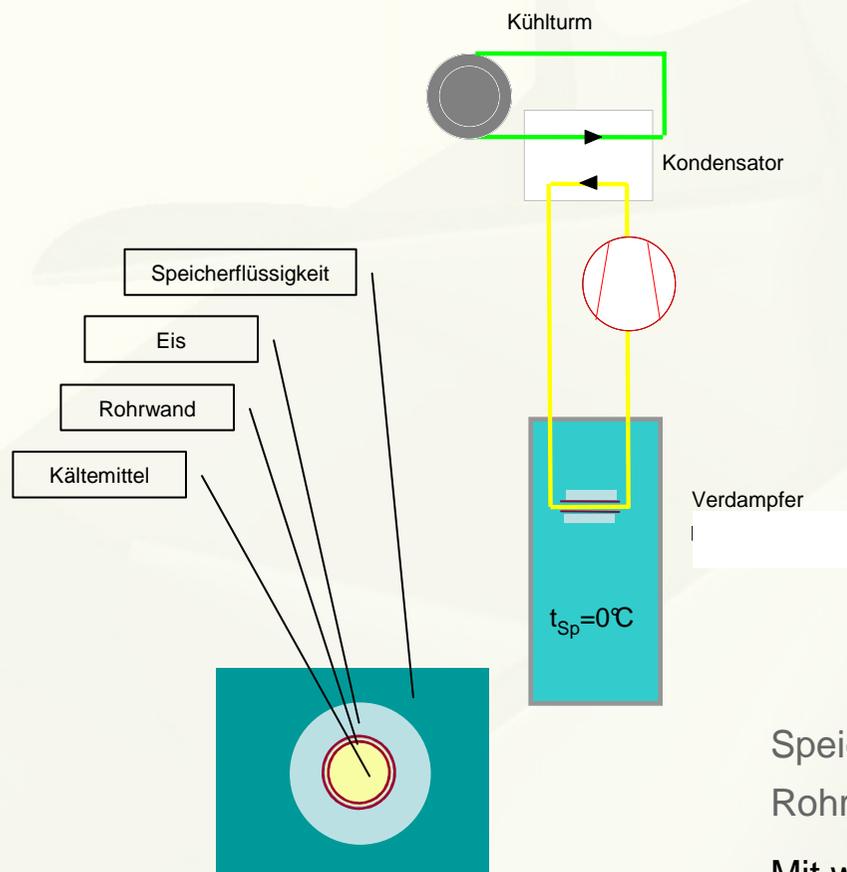
Kratzeis

Vakuumeis

Eis in Sole



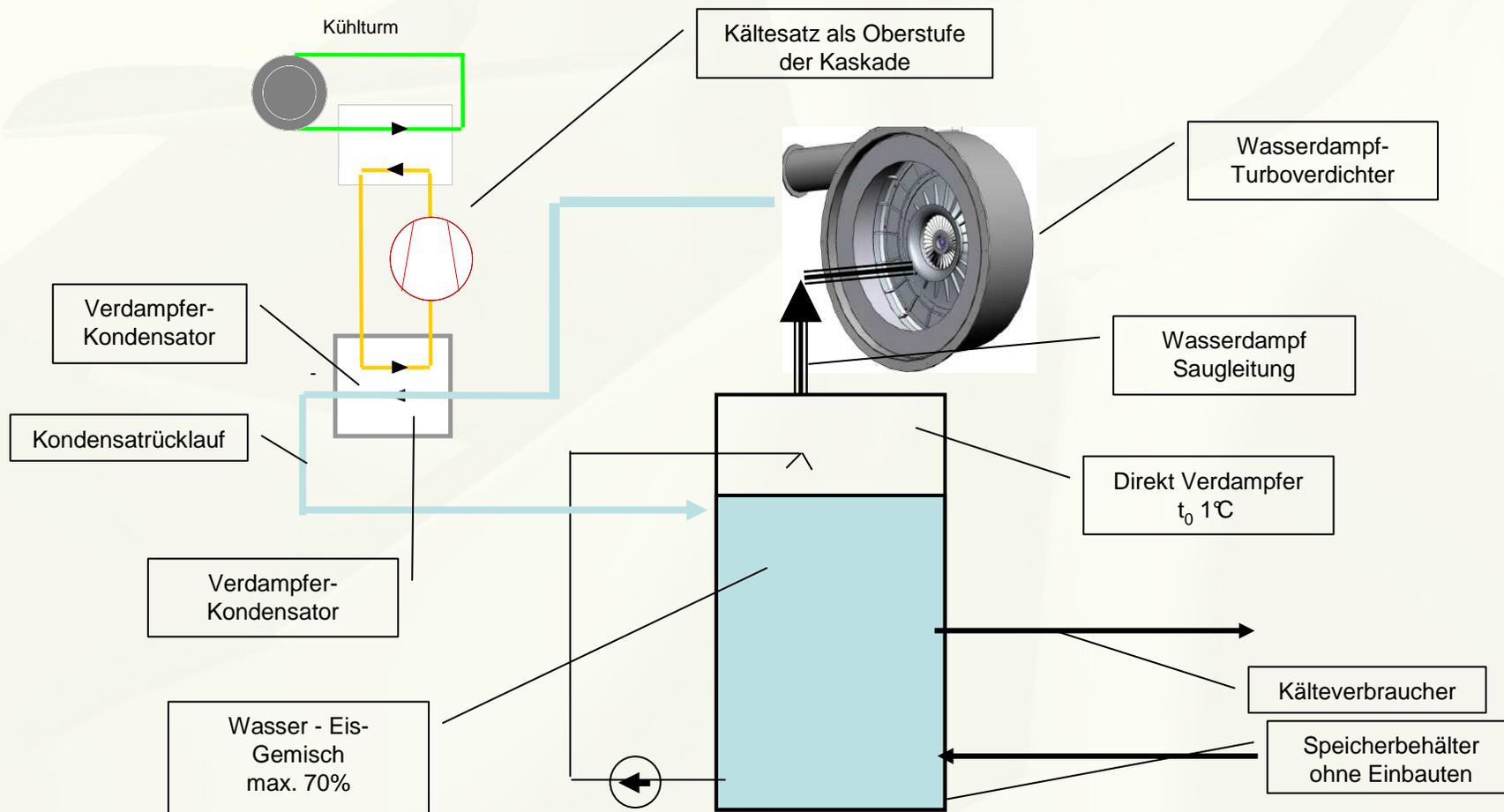
Eiserzeugung mit konventioneller Kältetechnik



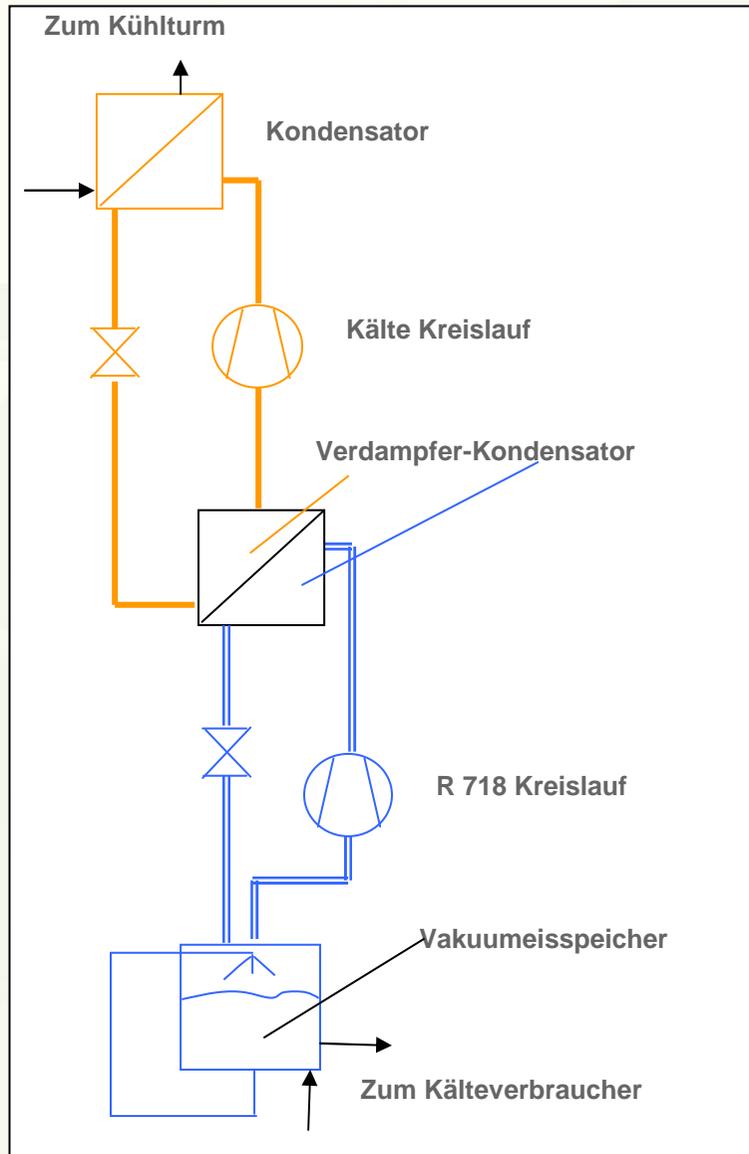
Speicherflüssigkeit gefriert am Kältemittel durchflossenen Rohr / Platte

Mit wachsender Eisdicke wird die Temperaturdifferenz zwischen Kältemittel und Speicher größer und die Energieeffektivität schlechter!

Vakuumeiserzeuger durch Direktverdampfung von Wasser als Kältemittel

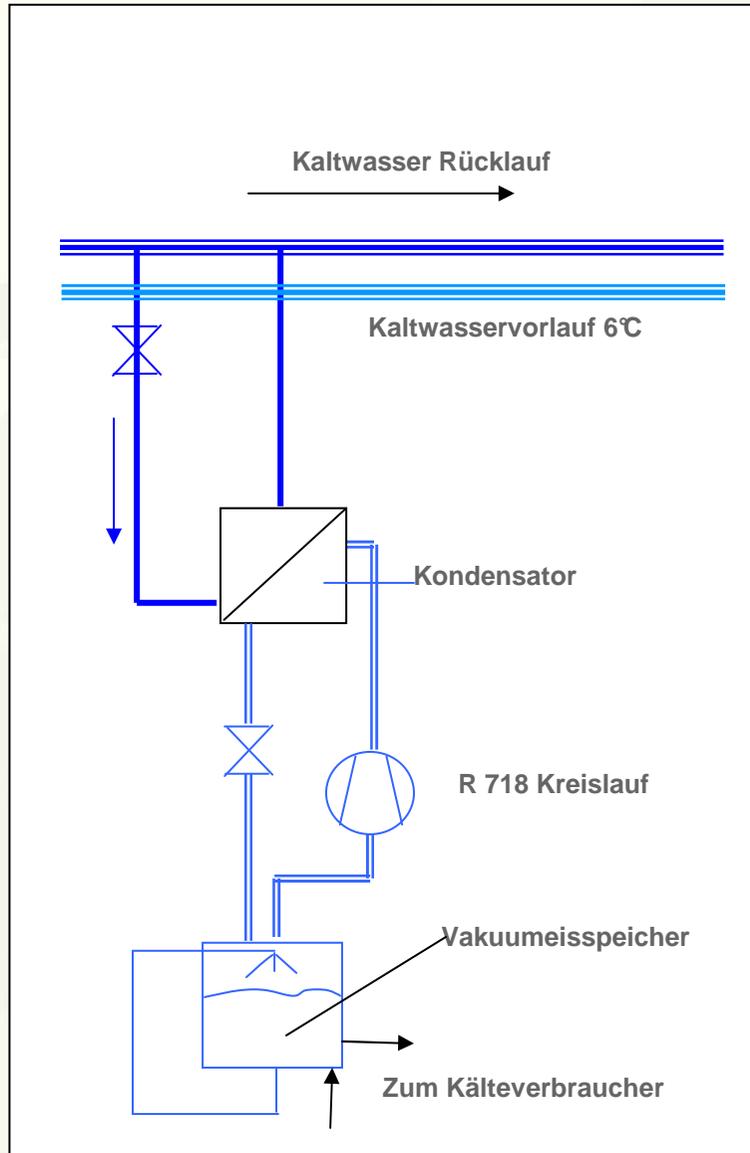


Kältekaskade zur Vakuumeiserzeugung



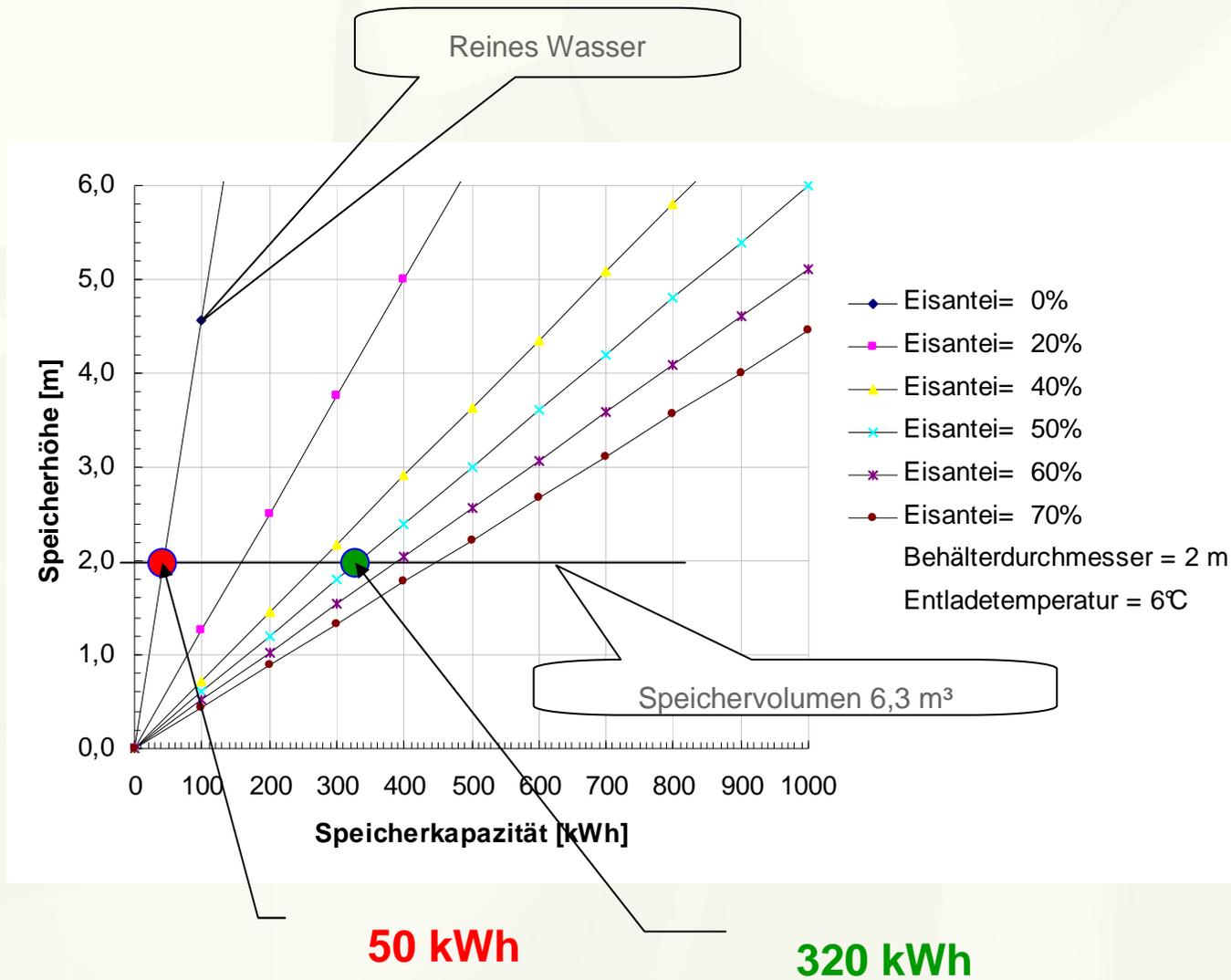
Wegen des hohen Druckverhältnis ist es nicht zweckmäßig nur mit Wasser als Kältemittel zu arbeiten. Günstig ist eine Kaskade mit einer (kostengünstigeren) konventionellen Kälteanlage als Oberstufe.

Indirekte Kältekaskade an bestehendem Kaltwassernetz



Bei Erweiterung einer bestehenden Anlage kann die Wasserdampfstufe mit dem Rücklauf des Kaltwassernetzes gekühlt werden.

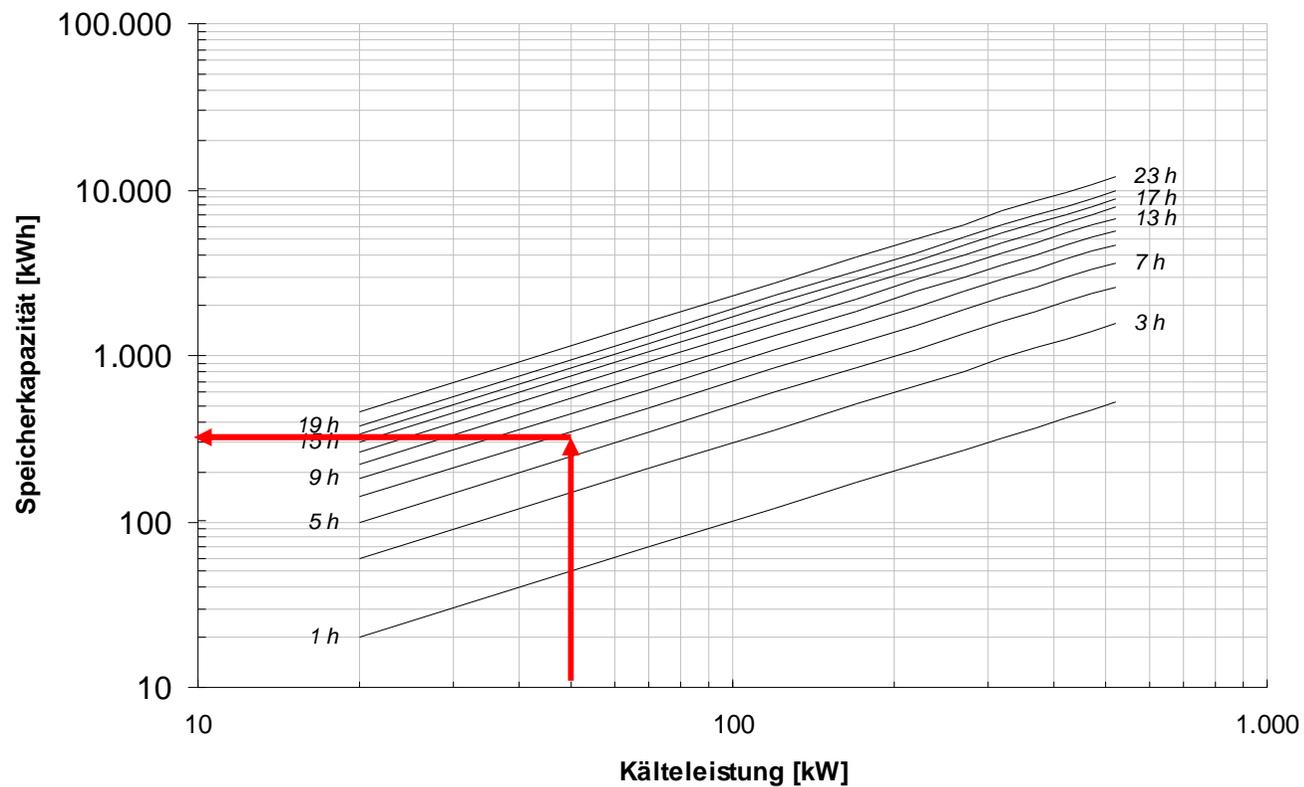
Speicherkapazität als Funktion der Eiskonzentration



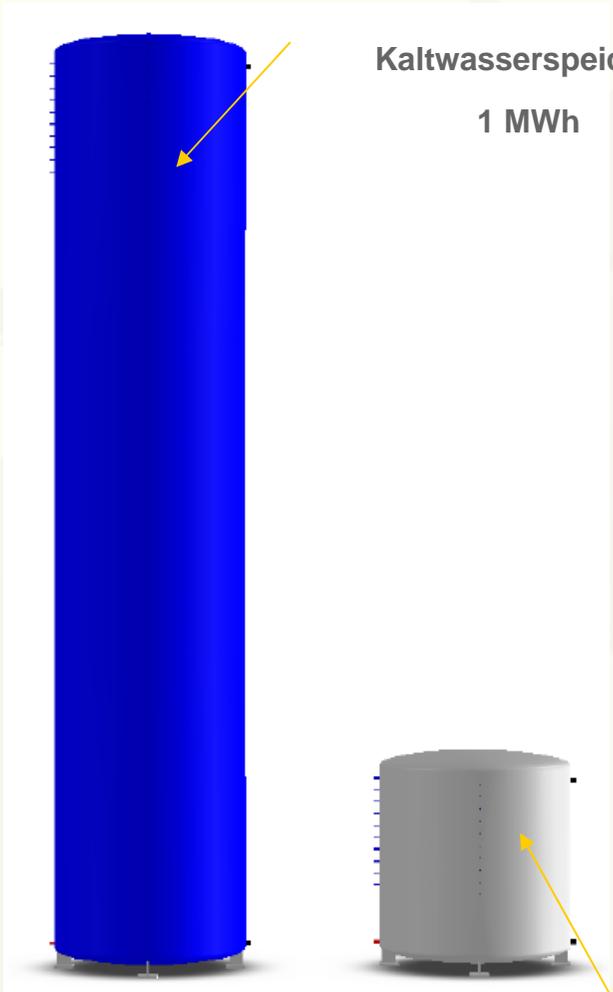
Kälteleistung, Speicherzeit und Speicherkapazität



Speicherkapazität als Funktion der Ladezeit

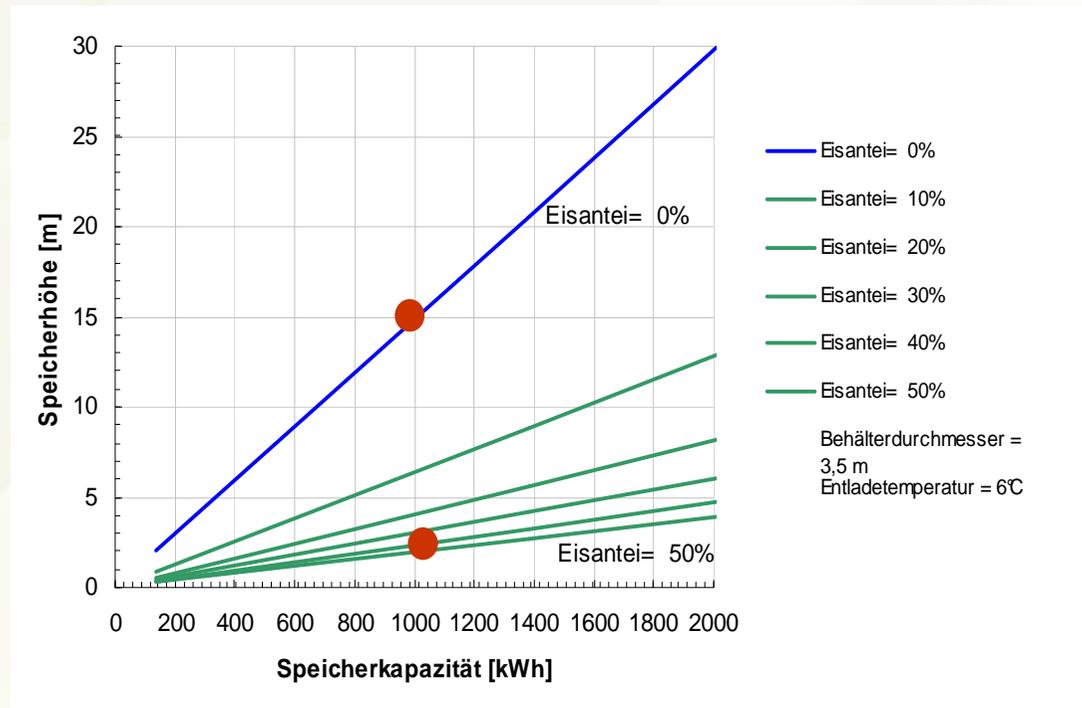


Speichergröße und Speicherkapazität von Kältespeichern



Kaltwasserspeicher

1 MWh



Vakuumeisspeicher

1 MWh



	Kälteanlage	t_0 ^[1]	t_c ^[2]	η_{is} ^[3]	COP ^[4]
Konv. Eisspeicher	R134a (einstufig)^[5]	-10	37	75 %	3,28
Vakuumeis Kaskade	R718 / R134a Kaskade^[6]	-1	37	75 % / 75 %	14,8 / 7,2 → 4,60
Konv. Kaltwassersatz	R134a KWS^[7]	3	37	75 %	5,2
Vakuumeis Kaskade	R718 / R134a Kaskade^[8]	-1	31	70 % / 75 %	14,8 / 10,2 → 5,8

^[1] Verdampfungstemperatur

^[2] Kondensationstemperatur

^[3] isentroper Wirkungsgrad des Kältemittelverdichters

^[4] Leistungszahl (Coefficient of Performance)

^[5] konventioneller Kältesatz zur Eisspeicherung

^[6] Anlage entsprechend Darstellung in Abbildung 1

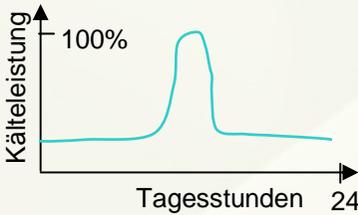
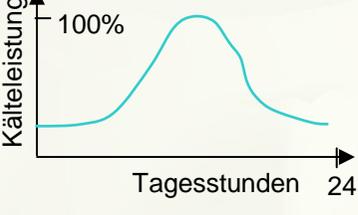
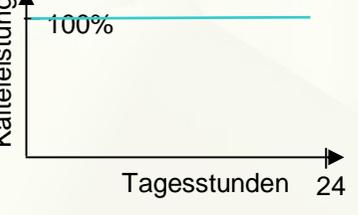
^[7] konventioneller Kaltwassersatz

^[8] Anlage entsprechend Abbildung 1, die in Nachtstunden mit geringeren Kondensationstemperaturen betrieben wird.

Das Verfahren der Eiserzeugung durch direkte Verdampfung von Wasser als Kältemittel erreicht Leistungszahlen in der Größenordnung der „normalen“ Kaltwassererzeugung

Planungsvoraussetzungen für Kältespeicherung



<p>Eignung für Speicher</p>	<p>gut</p>	<p>durchschnittlich</p>	<p>nicht geeignet</p>
<p>Lastgang</p>			
	<p>Große Spitzenlast kann mit kleiner Kältemaschine gedeckt werden. Einsparung von Maschinengröße Investitionskosten und elektrischer Leistung</p> <p>Anwendung: Produktion, Schockkühlung, Fischkühlung, Flugzeug am Gate..</p>	<p>Speicherbeladung während der Nachtstunden. Spitzenlastsenkung Elektrischer Anschlusswert reduziert</p> <p>Bürogebäude</p>	<p>Kommunikationseinrichtung, Callcenter... (Innere Lasten größer als äußere Lasten)</p>

Vakuumeiserzeuger mit Direktverdampfer und Eisspeicher



Thermodynamische Parameter der Anlage

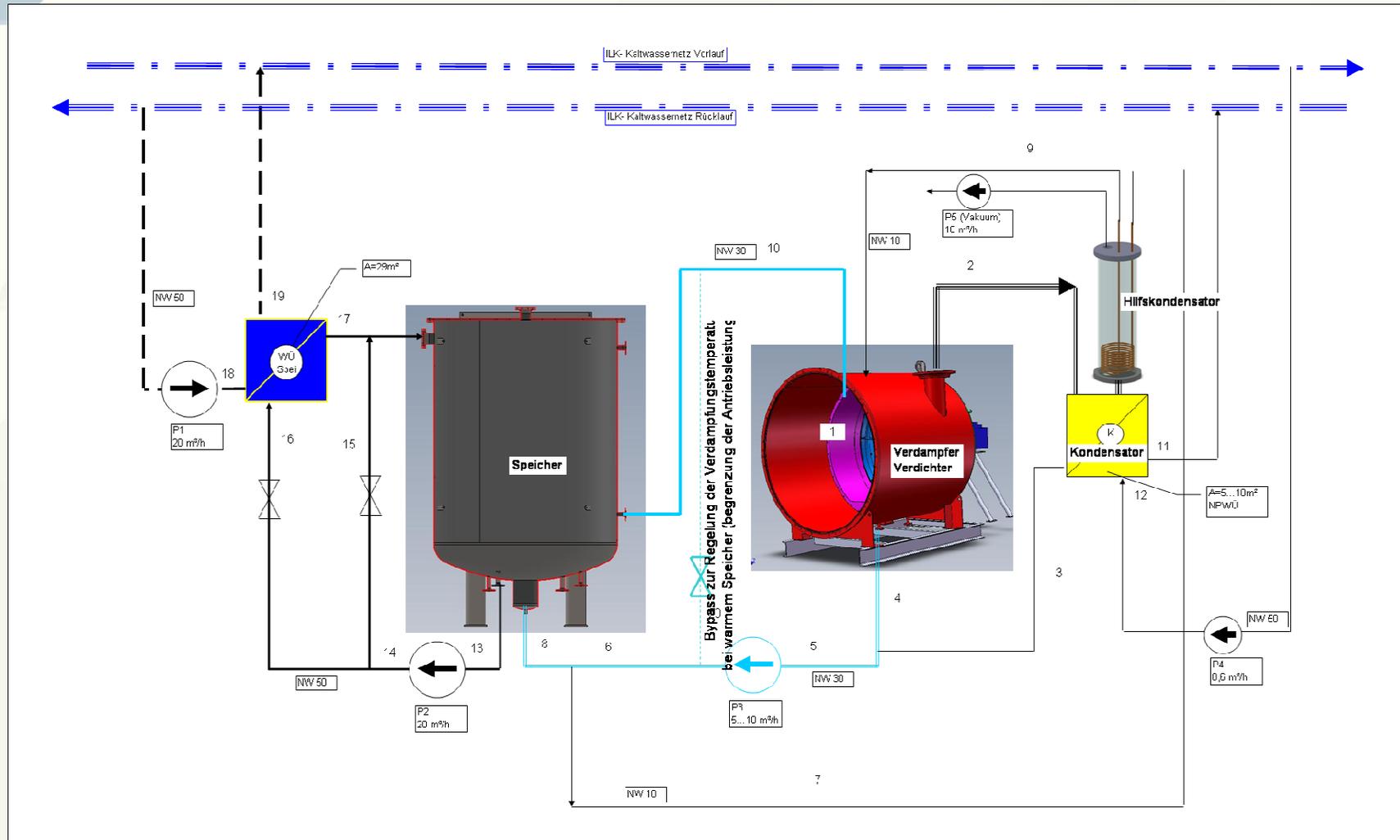
Verdampfungstemperatur:	0°C
Verdampfungsdruck:	600 Pa
Verdampferleistung:	50 kW
max. Speicherkapazität:	350 kWh
max. Speicherkälteleistung:	300 kW

Technische Parameter der Anlage

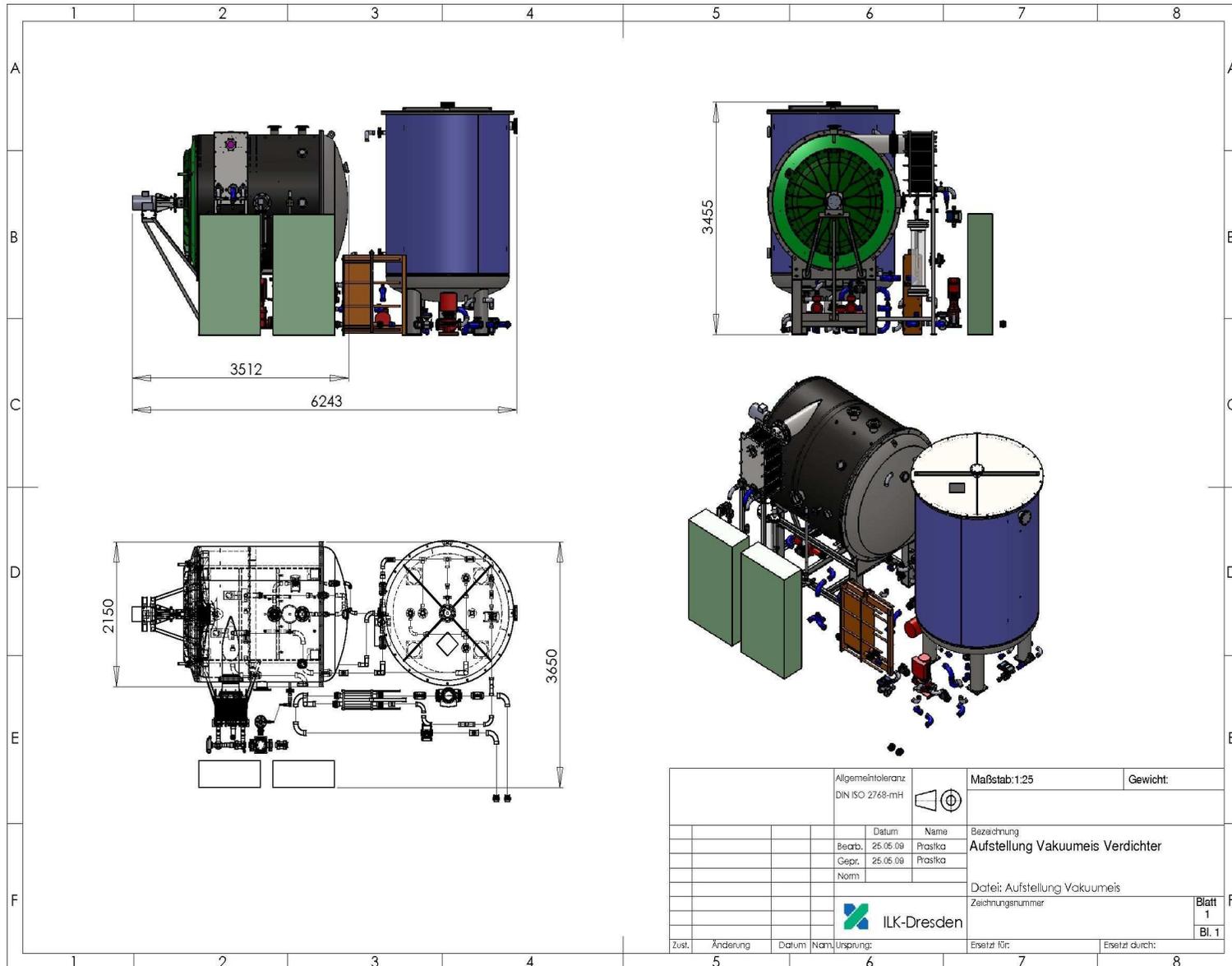
Verdichterantriebsleistung:	5 kW
Dampfvolumenstrom:	4.7 m ³ /s
Netto Speichervolumen:	6.6 m ³
Eiskonzentration:	50 %



Schema einer Versuchsanlage im ILK Dresden



Vakuumeiserzeuger mit Speicher, Prototyp 300kWh



Versuchsanlage Vakuumeiserzeuger und Eisspeicher im ILK Dresden



Thermodynamische Parameter der Anlage

Verdampfungstemperatur: $-2 \dots 0^\circ\text{C}$

Verdampfungsdruck: 600 Pa

Verdampferleistung: 50 kW

Verdichterantriebsleistung: 5 kW

Verdichtervolumenstrom: $4.7 \text{ m}^3/\text{s}$

max. Speicherentladeleistung:
300 kW

max. Speicherkapazität: 350 kWh

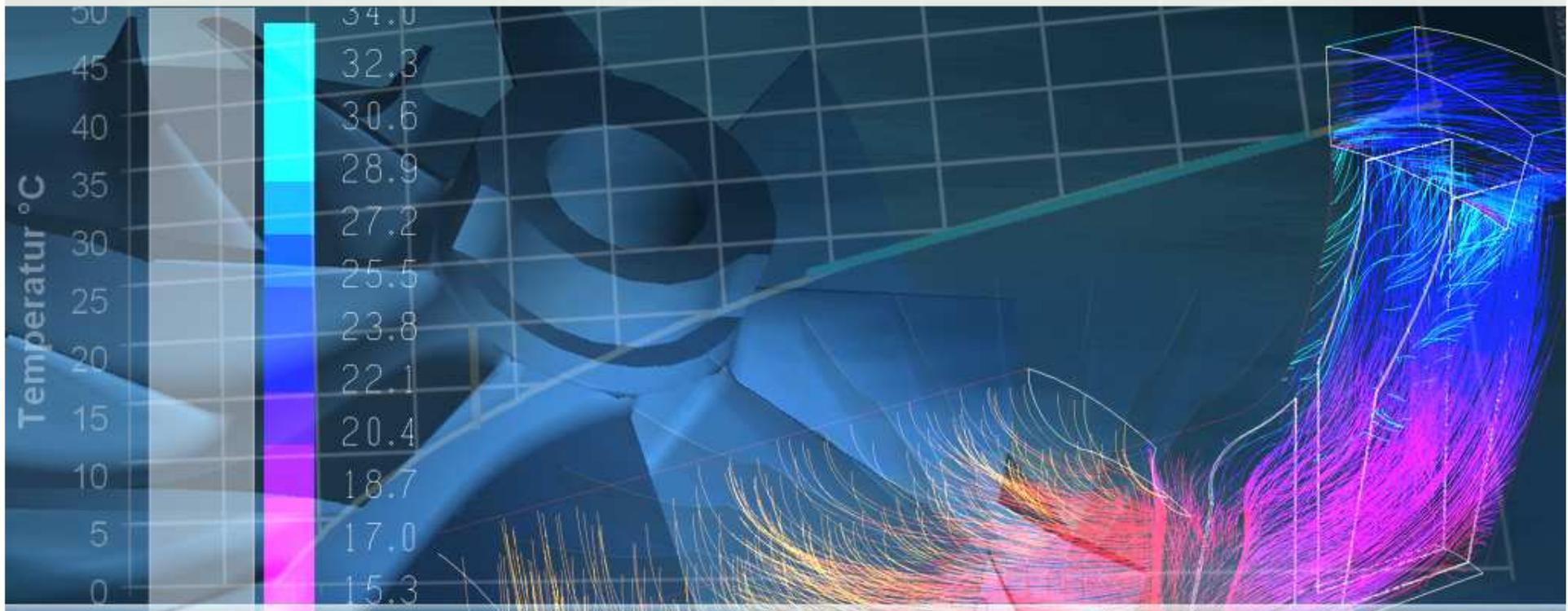
bei Eiskonzentration: 50 %

Speichervolumen: 6.6 m^3





- ▶ **Installierte Kälteleistung geringer**
- ▶ **Teillastanteil der Kälteanlage sinkt**
- ▶ **Kälteerzeugung kann in Stunden mit geringer Außentemperatur verlegt werden**
- ▶ **Teilentladung und Teilbeladung möglich (konventionelle Eisspeicher müssen immer vollständig entladen werden)**
- ▶ **Kann mit hoher Leistung entladen werden**
- ▶ **Bei ansteigendem Spitzenbedarf kann in bestehender Anlage auf weitere Kältemaschine zu Gunsten einer Vakuumeisspeichereinheit verzichtet werden**



Institut für Luft- und Kältetechnik

Gemeinnützige Gesellschaft mbH
Bertolt-Brecht-Allee 20
01309 Dresden

Dr. Peter Albring

Tel.:	+49 351 / 4081-700
Fax:	+49 351 / 4081-705
E-Mail:	peter.albring@ilkdresden.de
www:	www.ilkdresden.de
