**Sebastian Buchner**

# Auslegungsmethodik für Eisspeicheranlagen

**Diplomarbeit**

GRIN

BEI GRIN MACHT SICH IHR
WISSEN BEZAHLT

- Wir veröffentlichen Ihre Hausarbeit,
  Bachelor- und Masterarbeit

- Ihr eigenes eBook und Buch -
  weltweit in allen wichtigen Shops

- Verdienen Sie an jedem Verkauf

Jetzt bei www.GRIN.com hochladen
und kostenlos publizieren

GRIN

**Bibliografische Information der Deutschen Nationalbibliothek:**

Die Deutsche Bibliothek verzeichnet diese Publikation in der Deutschen Nationalbibliografie; detaillierte bibliografische Daten sind im Internet über http://dnb.dnb.de/ abrufbar.

Dieses Werk sowie alle darin enthaltenen einzelnen Beiträge und Abbildungen sind urheberrechtlich geschützt. Jede Verwertung, die nicht ausdrücklich vom Urheberrechtsschutz zugelassen ist, bedarf der vorherigen Zustimmung des Verlages. Das gilt insbesondere für Vervielfältigungen, Bearbeitungen, Übersetzungen, Mikroverfilmungen, Auswertungen durch Datenbanken und für die Einspeicherung und Verarbeitung in elektronische Systeme. Alle Rechte, auch die des auszugsweisen Nachdrucks, der fotomechanischen Wiedergabe (einschließlich Mikrokopie) sowie der Auswertung durch Datenbanken oder ähnliche Einrichtungen, vorbehalten.

**Impressum:**

Copyright © 2005 GRIN Verlag
ISBN: 9783668677517

**Dieses Buch bei GRIN:**

https://www.grin.com/document/418349

**Sebastian Buchner**

# Auslegungsmethodik für Eisspeicheranlagen

GRIN Verlag

**GRIN - Your knowledge has value**

Der GRIN Verlag publiziert seit 1998 wissenschaftliche Arbeiten von Studenten, Hochschullehrern und anderen Akademikern als eBook und gedrucktes Buch. Die Verlagswebsite www.grin.com ist die ideale Plattform zur Veröffentlichung von Hausarbeiten, Abschlussarbeiten, wissenschaftlichen Aufsätzen, Dissertationen und Fachbüchern.

**Besuchen Sie uns im Internet:**

http://www.grin.com/

http://www.facebook.com/grincom

http://www.twitter.com/grin_com

Fachbereich
Maschinenbau und
Versorgungstechnik

# Diplomarbeit

University of Applied Sciences

---

Bearbeiter: **Sebastian Buchner**

Studiengang: **Versorgungstechnik**

Durchgeführt bei: **Georg – Simon – Ohm Fachhochschule Nürnberg**
**Fachbereich Maschinenbau und Versorgungstechnik**

Ausgabedatum: **12.04.2005**
Abgabedatum: **28.07.2005**

Thema der Arbeit: **EINE AUSLEGUNGSMETHODIK FÜR EISSPEICHERANLAGEN**

## Zusammenfassung:

Ziel dieser Arbeit war es eine Auslegungsmethodik für Eisspeicheranlagen zu entwickeln, die auf dimensionslosen Kennzahlen basiert. Es wurde besonders darauf geachtet, dass die Methodik flexibel auf fast alle Auslegungsfälle anwendbar ist. Sie beschränkt sich also nicht nur auf die TGA, sondern deckt nahezu alle Anwendungen mit Kältespeichern ab.

Die Zielgrößen sind die Kältemaschinenleistung und die Eisspeicherkapazität bzw. deren dimensionslosen Größen, das Auslegungsverhältnis $r_{AL}$ und die Volllastentladezeit $t_{VE}$, die jeweils auf die maximale Kühllast bezogen sind. Außerdem ist es nötig nachzuweisen, dass der Eisspeicher die nötige Entladeleistung erbringt.

Außer den oben genannten dimensionslosen Größen wurden im Laufe der Untersuchungen zwei weitere Größen gefunden. Die Ähnlichkeit $\alpha$ spiegelt die Eigenschaft des Lastprofils wider, das Betriebsverhältnis $\beta$ beschreibt die betriebstechnischen Umstände.

Für die Teilspeicherung gilt:
(zweistufige Berechnung nötig)

$$r_{AL} = \frac{\alpha}{\beta + 1}$$

Für die Vollspeicherung gilt:

$$r_{AL} = \frac{\alpha}{\beta}$$

Zur Überprüfung der Entladeleistung wurde ein Diagramm entwickelt, mit dessen Hilfe es möglich ist, durch Einzeichnen eines Betriebspunktes abzuschätzen, ob es hinsichtlich der Entladeleistung zu Problemen kommen kann.

Mit der entwickelten Auslegungsmethodik ist es also möglich alle für die Planung wichtigen Größen, ohne ein Computerprogramm zu berechnen.

Fachbereich Maschinenbau und Versorgungstechnik

Diplomarbeit im Studiengang Versorgungstechnik

Thema:

# EINE AUSLEGUNGSMETHODIK FÜR EISSPEICHERANLAGEN

Sebastian Buchner

2005

**Diplomarbeit** zur Erlangung des akademischen Grades
**Diplom – Ingenieur (FH)**
an der Georg – Simon – Ohm Fachhochschule Nürnberg,
Fachbereich Maschinenbau und Versorgungstechnik.

Arbeitstitel: EINE AUSLEGUNGSMETHODIK FÜR EISSPEICHERANLAGEN

Eingereicht von: Sebastian Buchner

Am: 28.07.2005

**Inhaltsverzeichnis:**

**1 Einleitung……5ff**
1.1 Vorteile beim Einsatz von Kältespeichern…… 6
1.2 Nachteile beim Einsatz von Kältespeichern…… 6
1.3 Verschiedene Typen von Kältespeichern…… 7
1.4 Überblick über verschiedenen Speicherarten…… 8
1.5 Spezifische Speicherkapazität…… 9

**2 Grundlage zur Dimensionierung von Eisspeicheranlagen……10ff**
2.1 Grundlegende Gleichungen……11
2.2 Bilanzierung……12

**3 Verwendete Formeln und Formelzeichen……13f**
3.1 Formelzeichen……13
3.2 Formeln…… 14

**4 Allgemeine Kühllastprofile……15ff**
4.1 Rechteck mit Peak…… 15f
4.2 Beliebiges Kühllastprofil mit $\Delta t_E = \Delta t_B$ ……17

**5 Anlagenkonzept der Vollspeicherung…… 18**

**6 Entladeleistung……19ff**
6.1 Randbedingungen……19
6.2 Ermittlung des Wärmeübergangskoeffizienten zwischen Eis und Wasser…… 20ff
*6.2.1 Ermittlung der Strömungsgeschwindigkeit w im Eisspeicher…… 20ff*
*6.2.2 Ermittlung der Nusselt – Zahl für längsumströmte Rohre…… 24ff*
6.3 Dimensionslose Kenngröße für die Entladeleistung……25f
6.4 Spezifische Entladeleistung bei Eisspeichern mit interner Schmelze…… 27
6.5 Übersicht über die spezifischen Entladeleistungen……28
6.6 Grenzbetrachtung der spezifische Entladeleistung…… 28
6.7 Bedingung für die Spezifische Entladeleistung…… 29
6.8 Grenzkurve……30
6.9 Folgerung für die Auslegung…… 31
6.10 Ermittlung der Entladekurve…… 32

**7 Bezug zur Diplomarbeit von Herrn Peter Hofmann…… 33ff**
7.1 Randbedingungen…… 33
7.2 Auslegungsverhältnis $r_{AL}$ als Funktion der Gleichmäßigkeit $\gamma$ …… 34ff
7.3 Zusammenfassung und Fazit…… 38
7.4 Volllastentladezeit $t_{VE}$ als Funktion des Zeitverhältnisses $\tau$ …… 39ff
7.5 Zusammenfassung und Fazit……42

**8 Erläuterung der Auslegungsmethodik…… 43**
8.1 Ausgangsgrößen…… 43f
8.2 Auslegung……45
8.3 Berechnung der Kältemaschinenleistung und Eisspeicherkapazität…… 46
8.4 Überprüfung der Entladeleistung…… 47

**9 Auslegungsschieber……48**

**10 Auslegungsbeispiele…… 49ff**

**11 Spezielle Lastprofile……57ff**
11.1 Dreiecksprofil…… 57ff
11.2 Trapezprofil…… 60ff
11.3 Rechteckprofil…… 63ff
11.4 Parabelprofil…… 65ff
11.5 Sinusprofil…… 69ff

**12 Zusammenfassung und Fazit……72**

**13 Literaturverzeichnis…… 73**

**14 Anhang……74ff**
14.1 Berechnungen zum Dreiecksprofil…… 74ff
14.2 Berechnungen zum Trapezprofil…… 77ff
14.3 Berechnungen zum Parabelprofil……83ff
14.4 Berechnungen zum Sinusprofil…… 102ff
14.5 Berechnungen zum Rechteckprofil mit Peak…… 113ff

**15 Formelübersichtsblatt…… 114**

# 1 Einleitung

In der technischen Gebäudeausrüstung gibt es kaum eine Anwendung, die durch konstante Größen gekennzeichnet ist. Nahezu jeder Prozess unterliegt Schwankungen, die durch unterschiedliche Maßnahmen ausgeregelt werden. Die Kühllast eines Gebäudes stellt solch eine nicht konstante Größe dar. Die Schwankung wird einerseits durch den Arbeits- und Prozessablauf im Gebäude und andererseits durch die nicht konstanten äußeren Lasten, also durch Änderung der Sonneneinstrahlung und der Temperatur hervorgerufen. In der Regel wird die Kühlleistung einer Kältemaschine der Kühllast durch verschiedene Regelungsarten angepasst. Eine weitere Möglichkeit ist die Speicherung von Kälte in bedarfschwachen Zeiten.

Ohne Kältespeicher muss die Kältemaschine auf die größte Kühllastspitze ausgelegt werden. Ein Kältespeicher wird in den Zeiten, in denen die Kühllast geringer als die installierte Kälteleistung ist, geladen und in Zeiten hoher Kühllast entladen. Er unterstützt die Kälteanlage und kann auch ausgeprägte Kühllastspitzen abdecken.

## 1.1 Vorteile beim Einsatz von Kältespeichern

Da die Kältemaschine die benötigte Kältearbeit eines Zyklus über einen längeren Zeitraum erzeugen kann, verringert sich die nötige Kältemaschinenleistung. Dies führt zu einer ebenfalls kleineren Peripherie, wie Rückkühler oder Schaltschrank. Aufgrund der kleineren Kältemaschine wird eine kleinere Anschlussleistung benötigt und es verringert sich folglich der Anschlusspreis. Da der Kältespeicher einen Teil der Kühllastschwankungen ausgleicht, ist ein Betrieb bei gleich bleibender Last möglich, was dazu führt, dass eine bessere Leistungszahl und ein schonender Betrieb erreicht werden. Es ist ebenfalls möglich den Eisspeicher in Niedrigtarifzeiten zu laden.

## 1.2 Nachteile beim Einsatz von Kältespeichern

Da zum Laden des Speichers (insbes. eines Eisspeichers) tiefere Temperaturen nötig sind als im normalen Betrieb, verringert sich aufgrund des niedrigeren Verdampferdruck die Kältemaschinenleistung im Ladebetrieb. Da der Speicher meistens nachts geladen wird, wird dies zum Teil durch die meist tieferen Temperaturen und den dadurch niedrigeren Kondensationsdruck ausgeglichen. Der Platzbedarf für eine Kälteanlage mit Eisspeicher ist in der Regel größer als der ohne Eisspeicher.

## 1.3 Verschiedene Typen von Kältespeichern

Das erste Kriterium nach dem sich Kältespeicher unterscheiden lassen, ist das verwendete Medium für die Speicherung. Das zweite Merkmal ist der verwendete Kälteträger zum Laden bzw. Entladen des Speichers.

- Kaltwasserspeicher (sensibel)
  Die Aufnahme bzw. Abgabe von Wärme basiert beim Kaltwasserspeicher ausschließlich auf der Erhöhung bzw. Verminderung der Temperatur des Wassers - also rein sensibel. Das Medium mit dem der Speicher geladen und entladen wird ist Wasser.

- Eisspeicher (latent)
  Beim Eisspeicher wird beim Entladen der größte Teil der Wärme durch den Phasenwechsel von Eis zu Wasser aufgenommen. Beim Laden wird das Wasser wieder eingefroren. Eisspeicher lassen sich zusätzlich nach dem Kälteträger beim Laden bzw. Entladen unterscheiden.

  - Eiskugelsystem

    Beim Eiskugelsystem wird Wasser, welches sich in Kunststoffkugeln befinde, eingefroren bzw. beim Entladen wieder aufgetaut. Diese Kugeln schwimmen in Sole, welche auch Kälteträger beim Laden und Entladen ist.

  - Eisbanksystem

    Beim Eisbanksystem ist ein mit Wasser gefüllter Behälter mit Rohren durchzogen, die mit Sole durchströmt werden. Diese Sole ist Kälteträger beim Laden und beim Entladen. Der Eisanbau erfolgt definiert um die Rohre.

  - Eisbauersystem

    Beim Eisbauersystem erfolgt die Ladung ebenfalls über eine Sole, die durch Rohre strömt. Nach dem Laden verbleibt ein Rest flüssiges Wasser im Speicher. Der Speicher wird danach über dieses Wasser entladen.