

1 Einleitung

1.1 Hintergrund

Der energetisch effiziente Betrieb von Anlagen in der Heizungs- und Klimatechnik stellt gegenwärtig einen sehr großen Forschungsschwerpunkt dar, da ein Großteil der in Deutschland eingesetzten Primärenergie im Gebäudebereich verwendet wird. Bei Systemen zur reinen Beheizung von Gebäuden haben sich in den zurückliegenden Jahren eine Vielzahl von Verbesserungen ergeben, die zu einer Bedarfsreduktion an Primärenergie führen. Im Speziellen zu nennen sind hier die Brennwerttechnologie, die Wärmepumpentechnologie sowie Brennstoffzellen und Mikro-KWK Anlagen. Weiterhin wird durch die ständig verschärfte Anforderungen der EnEV [1] der Einsatz erneuerbarer Energien bei Neubauten zwingend vorgeschrieben. Bei raumlufttechnischen Anlagen ist diese Dynamik im Hinblick auf einen ressourcenschonenden Einsatz der eingesetzten Primärenergie noch nicht in dem Maße zu erkennen wie bei heizungstechnischen Anlagen. Dies ist insbesondere verwunderlich, da die Klimatisierung bzw. bedarfsgerechte Belüftung von Gebäuden einen immer höheren Stellenwert erfährt. Speziell bei modernen Bürogebäuden nehmen die über den Lebenszyklus kumulierten Kosten für raumlufttechnische Anlagen heute schon den größten Teil ein (vgl. Abb. 1.1).

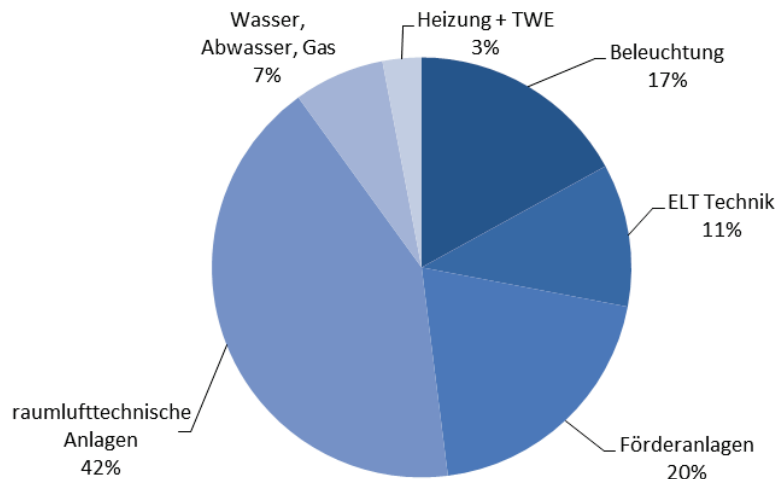


Abb. 1.1: Durchschnittliche Aufteilung der kumulierten Lebenszykluskosten für ein Bürogebäude

Diese Kosten bestehen bei RLT-Anlagen¹ aus den Investitionskosten sowie den laufenden Betriebskosten. Für letztgenannte Kostenart muss neben den Transportkosten (Ventilatoren) ein wesentlicher Teil für die Kälteerzeugung bereitgestellt werden. Dies wurde von vielen Fachleuten in der Vergangenheit erkannt und man ging dazu über, Klimaanlageanlagen zu entwickeln, die keine Kompressionskälte mehr benötigen. Im Wesentlichen ist hier der Typ der DEC-Klimaanlagen² zu nennen. Dieser Klimaanlageentyp beinhaltet ein Sorptionsrad, welches wechselseitig durchströmt wird. In der praktischen Anwendung haben sich diese Anlagen jedoch noch nicht vollständig durchgesetzt, da sie in ihrer Kühlleistung beschränkt sind.

Eine Möglichkeit, diese Beschränkung aufzuheben und gleichzeitig den Gedanken einer Klimaanlage ohne konventionelle Kompressionskälteanlagen weiterzuverfolgen, stellt der Einsatz von

¹RLT - Raumlufttechnik

²DEC - Desiccative and Evaporative Cooling = trocknende und verdunstende Kühlung

magnetokalorischen Kälteerzeugern dar. Diese erzeugen auf Basis eines sich ändernden Magnetfeldes in Verbindung mit speziellen Werkstoffen einen positiven sowie negativen Wärmestrom, welcher zur Klimatisierung verwendet werden kann. Dabei wird die eingesetzte Primärenergie deutlich effizienter umgesetzt als bei klassischen Kompressionskälteanlagen.

Das Projekt befasst sich mit der Einbindung und Weiterentwicklung dieser Technologie und hat zum Ziel, einen Prototypen eines Kälteerzeugers für die Anwendung in stationären Systemen (DEC Klimaanlage) zu konstruieren und innerhalb einer "Hardware in the Loop" Umgebung zu testen.

1.2 Stand der Forschung

Nach aktuellem Stand der Forschung sind für den großtechnischen Einsatz bei Raumtemperatur zwei Materialsysteme mit „gigantischem“ magnetokalorischen Effekt von Relevanz: Die Mn-basierten Übergangsmetall-Pniktide und die Fe-basierten Legierungen vom Typ $\text{La}(\text{Fe}, \text{Si})_{13}$. Beide Materialklassen weisen sich durch eine geringe thermische und magnetische Hysterese aus, wodurch materialeitig ein nahezu verlustfreier Magnetisierungs-/Entmagnetisierungszyklus bewerkstelligt werden kann. Die Arbeitstemperaturen können durch geeignete Substitution der Legierungselemente über einen großen Bereich eingestellt werden.

Allerdings ist bei den Übergangsmetall-Pniktiden eine reproduzierbare chemische Zusammensetzung aufgrund der hochflüchtigen Elemente, Phosphor und Mangan, gegenüber den $\text{La}(\text{Fe}, \text{Si})_{13}$ -Legierungen erheblich erschwert. Die Übergangsmetall-Pniktide bestehen darüber hinaus aus kostenintensiven Elementen, während in $\text{La}(\text{Fe}, \text{Si})_{13}$, das preiswerteste Übergangsmetall, Eisen, den höchsten Anteil (ca. 80 m%) hat. Die genannten Materialklassen weisen zwar einen großen magnetokalorischen Effekt auf, allerdings handelt es sich um intermetallische Phasen, und damit um spröde Materialien. Die Herstellung geeigneter Regeneratorgeometrien [2] ist nicht durch mechanische Bearbeitung, sondern aktuell nur durch pulvermetallurgische bzw. additive Verfahren, wie das Sintern oder das 3D-Laserschmelzen, zu realisieren.

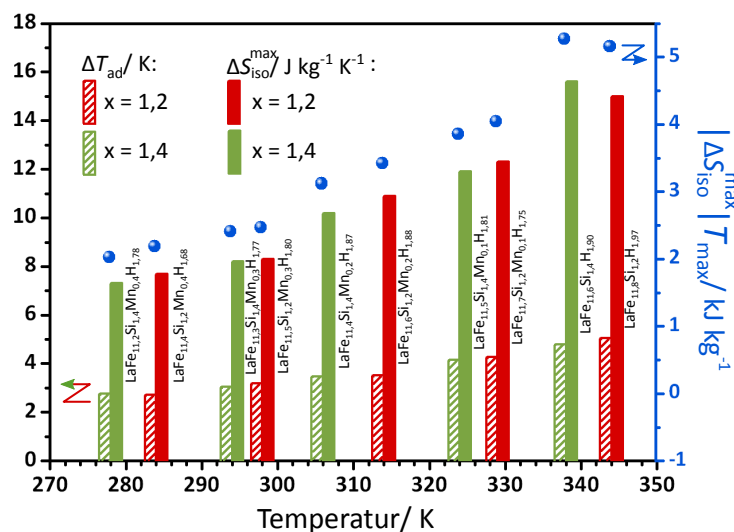


Abb. 1.2: Übersicht geeigneter LaFeSi-basierter Legierungen für die Kühlung nahe Raumtemperatur

Grundvoraussetzung für den „gigantischen“ magnetokalorischen Effekt ist die gekoppelte magnetisch-strukturelle Phasenumwandlung beim Magnetisierungs-/Entmagnetisierungsvorgang. Hierbei werden im Material Spannungen und Risse induziert, die bereits nach geringer Zyklenzahl zur mechanischen Degradation führen. Daher stehen momentan Komposite aus einem MK-Material und einer duktilen Matrix im Fokus der Forschung. Die mechanische Beanspruchung beim Phasenübergang wird durch die duktile Komponente kompensiert, wodurch derartige Komposite eine deutlich gesteigerte Lebensdauer gegenüber Massivmaterial zeigen [3, 4, 5]. Die Fertigung solcher Kompositmaterialien zu geeigneten Regeneratorgeometrien und deren Performancevergleich ist wesentlicher Bestandteil des vorliegenden Projektes. Durch die Arbeiten von [6] stehen LaFeSi-basierte Materialien mit verschiedenen Arbeitstemperaturen zur Verfügung (Abb. 1.2).