

LN-Kühlung in Ägypten



Flüssiger Stickstoff als Energiespeicher für überschüssigen Strom und Verwendung als Kühlmittel

1 Abstract

Ägypten weist in den Wintermonaten erhebliche Stromüberschüsse auf. Diese sollen genutzt werden Stromengpässe in den Sommermonaten, verursacht durch den hohen Verbrauch der vielen Klimaanlage, auszugleichen. In diesem Projekt wurde die Verflüssigung von Stickstoff zur späteren Raumkühlung, bei gleichzeitiger Nutzung der Abwärme zur Meerwasserentsalzung, bilanziert und mit der Kühlung durch konventionelle Klimageräte verglichen.

2 Allgemeiner Kontext und Zielsetzung

Die Stromversorgung Ägyptens wird zu 20 % durch den Assuanstaudamm und zu 80 % von thermischen Kraftwerken sichergestellt. Während im Winter erhebliche Überschüsse vorhanden sind, kommt es während der Sommermonate, vor allem tagsüber, immer wieder zu Engpässen. Ursache hierfür sind eine Vielzahl von Klimaanlage, allein in Kairo wird ihre Zahl auf 30 Millionen geschätzt.

Aufgrund des Stromüberschusses entstand die Überlegung, diesen für Erzeugung von flüssigem Stickstoff (englisch: liquid nitrogen; daher sind auch die folgenden Abkürzungen in der Literatur üblich: LN, LIN, LN₂) zu nutzen. Der Flüssigstickstoff fungiert dabei als Zwischenspeicher und könnte sowohl als Kühlmittel, als auch als Antriebsenergie verwendet werden. Die bei der Komprimierung von Luft in der ersten Komprimierungsstufe anfallende Abwärme soll zur Entsalzung von Meerwasser verwendet werden. Die Energiebilanz einer derartigen Nutzung wird untersucht und mit einer konventionellen Luftkühlung verglichen.

3 Vorgehensweise

Eine Energiebilanz konventioneller Klimageräte wurde erstellt. Für die Erhebung werden die klimatischen Bedingungen in Ägypten, wie sie in der Stadt Kairo in den Sommermonaten vorherrschen, zugrunde gelegt. Die Energiebilanz der LN-Kühlung gliedert sich in LN-Erzeugung, -Lagerung, -Transport und als Kühlmiteinsatz. Die Kühlung durch Flüssigstickstoff beruht auf seiner Verdampfungswärme und Wärmekapazität. Die Erzeugung von Flüssigstickstoff erfolgt durch Luftverflüssigung nach dem Linde-Verfahren und anschließender Abtrennung von Stickstoff. Zusätzlich wird die Nutzung der anfallenden Abwärme im ersten Kompressionsschritt der Luftverflüssigung zur Meerwasserentsalzung durch thermische Destillation bei der LN-Erzeugung betrachtet. Abschließend werden die beiden Nutzungspfade miteinander verglichen.

4 Ergebnisse

Vergleicht man die Energiebilanz von Flüssigstickstoffkühlung und konventioneller Kühlung, so zeigt sich, dass durch den Einsatz einer Kilowattstunde Strom bei der konventionellen Kühlung dem zu kühlenden Medium eine Wärmemenge von ca. drei kWh entzogen wird. Dagegen wird bei der Kühlung mittels Flüssigstickstoff lediglich eine Wärmemenge von 0,129 kWh erreicht (Lagerzeitraum des Flüssigstickstoffs: 180 Tage). Nachfolgende Tabelle zeigt die Energiebilanz von konventioneller und LN-Kühlung.

Tabelle 4-1: Energiebilanzen von konventioneller und LN-Kühlung

in kWh	LN	konventionell
Stromeinsatz	1,00	1,00
Gespeicherte Energie LN nach Erzeugung (Verdampfungswärme + Wärmekapazität)	0,207	
Gespeicherte Energie LN nach 180d	0,144	
Nutzungsgrad Wärmetauscher	90,0%	
Nutzkälte	0,129	3,00

Technisch bestehen keine Einschränkungen, in den Wintermonaten den überschüssigen Strom zur Flüssigstickstoffherzeugung einzusetzen. Allerdings ist der Gesamtnutzungsgrad von rund 13 % sehr ungünstig. Selbst bei direktem Verbrauch (keine Lager- und Transportverluste) ergibt sich maximal ein Nutzungsgrad von 20 %.

Des Weiteren sind in den bisherigen Betrachtungen die hohen Investitionskosten, die für kryogene Luftverflüssigungsanlagen anfallen außer Acht gelassen worden. Dieser Faktor ist jedoch für die Nutzung von LN als möglichen Energiespeicher nicht unerheblich.

Auch die Kombination von Meerwasserentsalzung und Flüssigstickstoffherzeugung ist aufgrund der jeweiligen Temperaturniveaus nur für die Abwärmenutzung relevant und deshalb nicht sinnvoll. Für die Meerwasserentsalzung sollte nach Prozessen mit Abwärmequellen mit Temperaturniveaus von bis zu 100 °C gesucht werden.

Auftraggeber:	GEOTEX Ingenieurgesellschaft mbH
Ansprechpartner:	Prof. Dr.-Ing. W. Mauch
Bearbeiter:	Dipl.-Phys. T. Staudacher; Dipl.-Ing. R. Podhajsky