

## Abstract Masterarbeit

### **Techno-ökonomische Analyse der Abwärmenutzung eines geplanten Elektrolyseurs für ein bestehendes Nahwärmenetz in der Gemeinde Aerzen**

Angesichts der nationalen und internationalen Klimaschutzziele sowie der gesetzlichen Vorgaben zur kommunalen Wärmeplanung gewinnt die Nutzung erneuerbarer und unvermeidbarer Abwärme zunehmend an Bedeutung. Insbesondere der deutsche Wärmesektor steht vor der Herausforderung, seine hohen CO<sub>2</sub>-Emissionen deutlich zu reduzieren und spätestens bis 2045 eine klimaneutrale Wärmeversorgung zu erreichen; in Niedersachsen gilt dieses Ziel bereits bis 2040. Vor diesem Hintergrund rückt neben klassischen erneuerbaren Wärmequellen auch die bei der Wasserstoffproduktion mittels Wasserelektrolyse entstehende Abwärme verstärkt in den Fokus. Diese fällt in erheblichen Mengen an. Insbesondere bei alkalischen und Protonenaustauschmembran-Elektrolyseuren (AEL und PEM) weist sie ein Temperaturniveau auf, das grundsätzlich für die Einspeisung in Nah- und Fernwärmenetze geeignet ist.

Die vorliegende Masterarbeit untersucht die technische und wirtschaftliche Machbarkeit der Nutzung von Abwärme eines geplanten Elektrolyseurs zur Versorgung eines bestehenden Nahwärmenetzes in der Gemeinde Aerzen (Niedersachsen). Der Flecken Aerzen betreibt bereits ein Nahwärmenetz zur Versorgung mehrerer kommunaler Liegenschaften, das derzeit überwiegend auf gasförmiger Biomasse basiert. Vor dem Hintergrund einer künftig rechtlich begrenzten Wärmebereitstellung aus Biomasse stellt sich die Frage, ob diese Wärmebereitstellung künftig teilweise oder vollständig durch die Nutzung der Abwärme eines Elektrolyseurs ersetzt werden kann.

Zentrale Forschungsfrage der Arbeit ist daher, ob das bestehende Nahwärmenetz des Flecken Aerzen technisch und ökonomisch durch die Abwärme eines Elektrolyseurs versorgt werden kann und welche technischen, wirtschaftlichen und regulatorischen Rahmenbedingungen hierfür erforderlich sind.

Methodisch basiert die Arbeit auf einer Kombination aus qualitativer und quantitativer Forschung. Zunächst wird im Rahmen einer strukturierten Literaturrecherche der Stand der Forschung zu Elektrolyseverfahren, Abwärmepotenzialen, kommunalen Wärmenetzen sowie relevanten energiepolitischen und rechtlichen Rahmenbedingungen aufgearbeitet. Ergänzend erfolgt eine empirische Datenerhebung durch die Auswertung von Dokumenten und Betriebsdaten der Gemeinde Aerzen, insbesondere zu

Wärmebedarfen, Lastprofilen und zur bestehenden Infrastruktur des Nahwärmenetzes. Darauf aufbauend werden technische Auslegungsrechnungen zur Dimensionierung eines Elektrolyseurs sowie der erforderlichen Zusatzkomponenten (Wärmetauscher, Wärmepumpe, Spitzenlastkessel) durchgeführt. Die wirtschaftliche Bewertung erfolgt mithilfe der Kapitalwert- und Annuitätenmethode unter Berücksichtigung investiver und operativer Kosten sowie zentraler Preisparameter. Eine Sensitivitätsanalyse dient der Identifikation besonders einflussreicher wirtschaftlicher Stellgrößen.

Die Ergebnisse zeigen, dass eine AEL gegenüber einem PEM-Elektrolyseur zu bevorzugen ist und die Nutzung der dabei entstehenden Abwärme technisch grundsätzlich möglich ist. Eine AEL-Anlage mit einer elektrischen Leistung von 1,17 MW kann die Grundlast, also etwa 80 % des jährlichen Wärmebedarfs des betrachteten Nahwärmenetzes von 2.122 MWh, decken. Die verbleibenden 20 % des Wärmebedarfs, die insbesondere zu Spitzenlastzeiten anfallen, müssen weiterhin über zusätzliche Kesselanlagen abgesichert werden. Für die Integration der Abwärme sind ein Plattenwärmetauscher sowie eine ergänzende Wasser-Wasser-Wärmepumpe erforderlich, um das notwendige Temperaturniveau sicherzustellen. Die bestehenden Wärmespeicher können weiterhin genutzt werden und tragen zur Flexibilisierung des Systems bei.

Die wirtschaftliche Analyse ergibt unter den zugrunde gelegten Annahmen einen negativen Kapitalwert sowie eine negative Annuität, sodass das untersuchte Gesamtsystem derzeit als nicht wirtschaftlich einzustufen ist. Die Sensitivitätsanalyse zeigt jedoch, dass insbesondere der Wasserstoffpreis, die Strombezugskosten sowie potenzielle Erlöse aus der Vermarktung von Sauerstoff einen erheblichen Einfluss auf die Wirtschaftlichkeit haben. Unter veränderten wirtschaftlichen oder regulatorischen Rahmenbedingungen erscheint daher eine wirtschaftliche Umsetzung grundsätzlich erreichbar.

Insgesamt kommt die Arbeit zu dem Ergebnis, dass die Nutzung von Elektrolyseurabwärme für das Nahwärmenetz der Gemeinde Aerzen technisch umsetzbar ist, während die ökonomische Tragfähigkeit aktuell noch von externen Rahmenbedingungen abhängt. Das Konzept besitzt jedoch ein relevantes Potenzial, einen Beitrag zur kommunalen Wärmewende sowie zu den Ausbauzielen der Wasserstoffwirtschaft zu leisten.

**Schlagworte:** Abwärmenutzung | Elektrolyseur | Nahwärmenetz | Techno-ökonomische Analyse | Wasserstoff