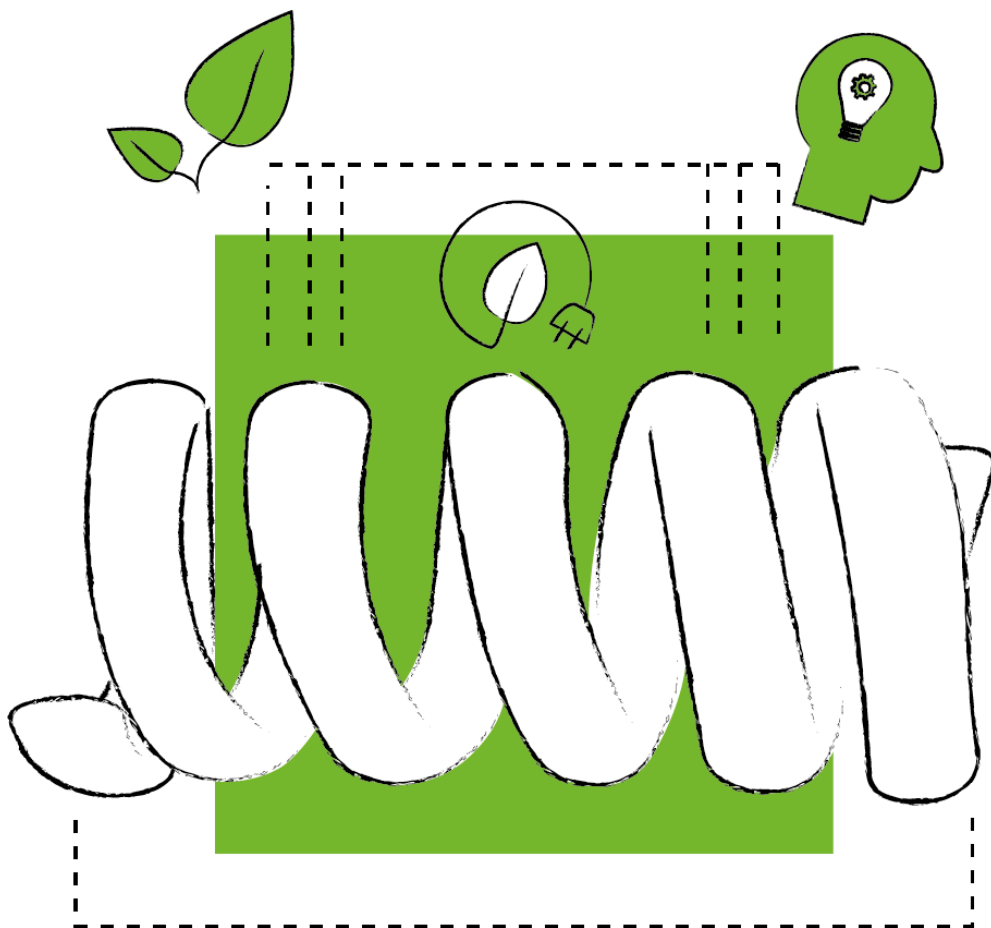


Nachhaltigkeitsanalyse einer Nitinol FGL-Feder im Projekt THEAsmart II



1 Zusammenfassung der Analyse

Das Projekt THEAsmart II beschäftigt sich mit der Möglichkeit anfallende Abwärme in Industrie und Haushalten nutzbar zu machen, indem sie in Bewegungs- und elektrische Energie umgesetzt wird. Hierfür sollen Nickel-Titan Federn als Formgedächtniselemente eingesetzt werden. Formgedächtnislegierungen besitzen die Funktionsweise ihre Form durch Wärmeeinfluss gezielt zu verändern. Zuvor wurde die entsprechende Form und Reaktionswärme durch Heattreatment „angelernt“. Im Kontext des Projektes werden die Federn in zwei verschiedene Maschinenperipherien eingebaut und die Temperaturzufuhren so gesteuert, dass sie sich laufend auseinander und zusammen ziehen. Hierdurch wird eine Drehbewegung erzeugt, die wiederum einen Generator zur elektrischen Stromerzeugung antreiben könnte.

Die vorliegende Analyse befasst sich mit einer Betrachtung der Klimawirkung der Federproduktion. Es soll ermittelt werden, wie hoch das Erderwärmungspotential der Herstellung ist und ob/ab wann es sich durch die rückgewonnene Energie durch den Einsatz der Feder als Akteur amortisiert. Zur Modellierung des Produktionssystems wird die Software GaBi LCA for Experts von Sphera verwendet.

Aufgrund des Mangels an Primärdaten wird ein exemplarischer Produktionsweg abgebildet, dessen Ausgestaltung durch Literaturrecherche, VDI-Richtlinie 2248, Interviews mit Herstellern, Experteneinschätzungen und technische Datenblätter und Berechnungen begründet ist. Die im Produktionsablauf betrachteten Prozesse umfassen Rohstoffgewinnung und Transportprozesse, Legierungsschmelze, Schmieden, Warmwalzen, Rundkneten, Drahtziehen, Federwickeln und Formgebung/Heattreatment.

Auf Basis der ermittelten In- und Outputs und Elementarflüsse der betrachteten Prozesse des Produktionssystems ließen sich sowohl die notwendige Energie als auch die verursachten Treibhausgase ermitteln. Das GWP reicht beim konzipierten Produktionsprozess von 26,31 bis 28,84 kg CO₂eq. Die Schwankungen sind zurückzuführen auf die Gestaltung der Prozesse (z.B. Anzahl, Intensität, Temperatur, Auslastung, Bearbeitungsdauer). Der Ressourcenabbau besitzt den größten Einfluss auf das GWP. Die nächstgrößeren sind die Produktionsschritte Rundkneten, Drahtzug, Legierungsschmelze und Formgebung. Es handelt sich hier um Prozesse, die eine Vielzahl von Wiederholungen zur Materialbearbeitung durchführen und immer wieder eine Erwärmung des Materials vornehmen (Rundkneten, Drahtzug) oder im Fall der Legierungsschmelze die Rohstoffe mehrfach energieintensiv vollständig aufschmelzen. Der hohe prozentuale Anteil der Formgebung/Heattreatment ist darauf zurückzuführen, dass es sich nicht um einen großen industriellen Prozess handelt und die anfallenden Emissionen auf eine verhältnismäßig kleine Menge Material verteilt werden.

Erwartbar besitzen die Strombedarfe eine ähnliche Verteilung wie das GWP. Zur Produktion von 1kg Federmaterial mit 1mm Durchmesser werden vom Ausgangsmaterial bis zum Heattreatment mindestens 24,95 kWh benötigt. Somit ist dies die Energiemenge, die 1kg Federn aus 1mm dickem Draht mindestens aus ungenutzter Abwärme rückgewinnen müssen, um den Energieeinsatz für die Herstellung zu amortisieren.

Die wirkungsstärkste Feder Typ A mit einer maximalen Abtriebsleistung in Höhe von 0,039kW/kg benötigt 635,01h d.h. 1.600.236 Zyklen zur Amortisation. Bei angenommenen möglichen 100.000

Zyklen pro Feder müsste sich die Leistung der Federn auf 0,628kW pro kg Federmaterial erhöhen. Das bedeutet eine Leistungssteigerung um 0,589kW/kg bzw. 1499,4% pro kg Federmaterial, was vom Projektkonsortium als unrealistisch eingestuft ist. Der Vergleich der Produktionsenergie mit der Energierückgewinnung während der Nutzungsphase besitzt daher zum aktuellen Stand der Technik keinen Break-Even-Point. Somit ist die Anwendung von FGL-Federn zur Rückgewinnung von Energie aus Abwärme aus energieeffizienter Sicht als nicht zielführend einzustufen, solange der Produktionsprozess und die Leistungsfähigkeit des Materials nicht um ein Vielfaches verbessert werden können.

Auch bei der Betrachtung des GWP erhält man ein vergleichbares Ergebnis. Bei angenommenen 100.000 möglichen Zyklen der wirkungsstärksten Feder können 1,559kWh pro kg NiTi zurückgewonnen werden und die entsprechende Menge an CO₂eq der Energiequelle ersetzen, welches für dessen Primärproduktion anfallen würde. Geht man davon aus, dass diese Energiemenge einen Teil des deutschen Strommixes ersetzt, können so 0,687 kg CO₂eq eingespart werden. Bei einer Ersetzung von Kohleenergie können 1,493 kg CO₂eq eingespart werden; in Bezug auf einen Strommix aus Erneuerbaren Energien (Wasser, PV, Wind) wird eine Einsparung von 0,028 kg CO₂eq erreicht. Während der Federproduktion werden mindestens 11,016 kg CO₂eq pro kg Nitinol freigesetzt. Wird der Rohstoffabbau miteinbezogen, sind es mindestens 26,307 kg CO₂eq. Somit ergibt sich auch in Bezug auf das GWP kein Break-Even bei angenommenen 100.000 möglichen Zyklen.