

Fachaufsatz

Wie kann eine klimaneutrale in der Zukunft aussehen?

Die Notwendigkeit, den Klimawandel einzudämmen und Treibhausgasemissionen zu reduzieren, hat eine vorherrschende Bedeutung für Unternehmen und Industrien auf der ganzen Welt erlangt. Die Galvanikbranche, die in vielen verschiedenen Branchen eine Schlüsselrolle spielt, ist keine Ausnahme. Wie eine klimaneutrale Galvanik in der Zukunft aussehen könnte, unter Berücksichtigung der aktuellen Klimaziele und technologischen Entwicklungen, damit befassen sich die folgenden Überlegungen.

Der Begriff „klimaneutral“ impliziert, dass der Betrieb einer Galvanik insgesamt keine negativen Auswirkungen auf das Klima hat. Dies steht im Einklang mit dem Ziel der Treibhausgasneutralität, bei dem die CO₂-Emissionen einer Galvanik entweder vollständig vermieden oder durch Kompensationsmaßnahmen ausgeglichen werden. Um diese Emissionen zu bewerten, werden sie in drei Scopes (Bereiche) unterteilt:

- **Scope-1-Emissionen** sind Emissionen aus Quellen, die direkt von Unternehmen verantwortet oder kontrolliert werden. Dazu gehören Emissionen aus Energieträgern an dem Standort des Unternehmens, wie Erdgas und Brennstoffe, Kühlmittel, sowie Emissionen durch den Betrieb von Heizkesseln und Öfen.
- **Scope-2-Emissionen** sind indirekte CO₂-Emissionen aus eingekaufter Energie, wie Strom, Wasserdampf, Fernwärme oder -kälte, die außerhalb der eigenen Systemgrenzen von Unternehmen erzeugt, aber von ihnen verbraucht wird.
- **Scope 3-Emissionen** umfasst alle indirekten Emissionen, die entlang der Wertschöpfungskette von Unternehmen entstehen. Dies umfasst zum Beispiel Emissionen die in Verbindung mit eingekauften Waren (materiellen Gütern) und Dienstleistungen (immateriellen Gütern) sowie nachgelagerte Emissionen, die in Verbindung mit dessen verkauften Waren und Dienstleistungen stehen und entstehen, nachdem sie den Besitz oder die Kontrolle des betreffenden Unternehmens verlassen haben.

Auf dem Weg zur Klimaneutralität spielt die CO₂-Bilanz die entscheidende Rolle. Es müssen alle indirekten wie direkten CO₂-Emissionen einer Galvanik mitbetrachtet werden und in den Entwicklungsprozess hin zur klimaneutralen Produktion mit einbezogen werden.

Gesetzliche Grundlage und Klimaziele

Um eine klimaneutrale Galvanik zu erreichen, ist es wichtig, die aktuellen Klimaziele zu berücksichtigen. Die Bundesregierung hat im „Klimaschutzgesetz“ ehrgeizige Ziele festgelegt, die sich über die nächsten 20 bis 30 Jahre erstrecken. Das Hauptziel ist die Treibhausgasneutralität bis 2045. Bis 2040 soll eine Minderung von mindestens 88 Prozent erreicht werden, wobei das Gesetz konkrete jährliche Minderungsziele für die 2030er-Jahre vorsieht. Langfristig strebt die Bundesregierung negative Emissionen nach dem Jahr 2050 an.

Das novellierte Klimaschutzgesetz schafft nicht nur mehr Generationengerechtigkeit, sondern auch mehr Planungssicherheit. Die Meilensteine auf dem Weg zur Klimaneutralität sind wie folgt festgelegt:

- Kabinettsbeschluss zum Klimaschutzgesetz im Mai 2021, mit Anhebung der jährlichen Minderungsziele bis 2040.
- 2024: Festlegung der jährlichen Minderungsziele für die Jahre 2031 bis 2040.
- Spätestens 2032: Festlegung der jährlichen

Minderungsziele für die Jahre 2041 bis 2045.

- 2034: Festlegung der jährlichen Minderungsziele pro Sektor für die letzte Phase bis zur Treibhausgasneutralität von 2041 bis 2045.

Entwicklung der Energiepreise

Die Energiepreise sind seit Beginn des Ukraine-Konflikts äußerst volatil, was Prognosen erschwert. Grundsätzlich zeigen langfristige Prognosen, abhängig von verschiedenen Szenarien wie hoher Elektrifizierung, dem Fehlen russischer Importe oder moderatem Ausbau erneuerbarer Energien gleichbleibende oder steigende Energiepreise. Die Unsicherheit bezüglich der Entwicklung der Energiepreise sollten ein weiterer Treiber für Überlegungen und Konzepte zur Reduzierung des Energieverbrauchs einer Galvanik sein.

Der Weg zur Klimaneutralität am Beispiel einer Galvanikanlage

In unserem Beispiel betrachten wir die Entwicklung einer kombinierte Gestell- und Trommelanlage für die alkalische Verzinkung von Stahl- und Zinkdruckgussteilen. Und schauen dazu auf den Verbrauch der Altanlage von 1995, den Verbrauch und die technische Entwicklung der heutigen Anlage von 2016 und die noch möglichen Schritte hin zur Klimaneutralität für eine zukünftige Anlage.

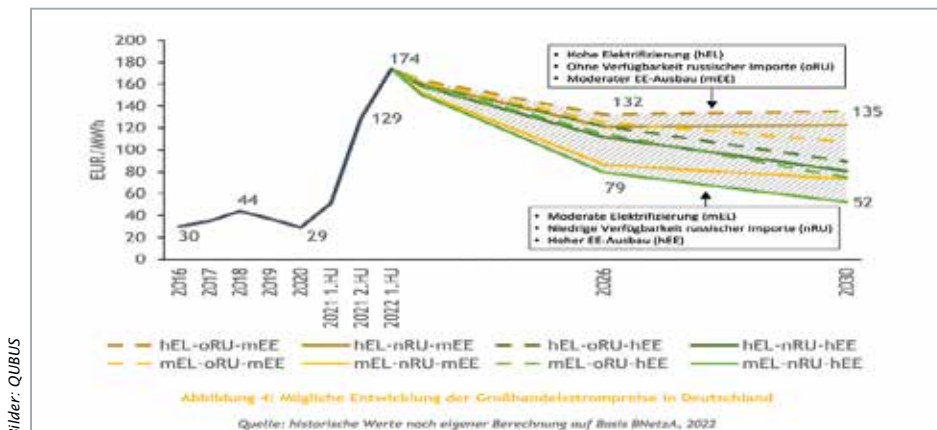


Abb. 1: Prognose Strompreisentwicklung

Galvanik



Abb. 2: Beispielgalvanik

Details zur Beispielanlage

- Baujahr: 2016
- Warenfenster: 400 x 3.600 x 900 mm (Länge in Fahrrichtung x Breite x Höhe)
- Taktzeit: 5 Doppelwareenträger + 1 Trommel pro Stunde; 3-Schicht-Betrieb
- Vorbehandlung für Stahl und Zinkdruckguss
- alkalisch-cyanid freie Verzinkung
- Dünnschicht-/Dickschichtpassivierung
- Versiegelung/Trocknung
- Betriebsstunden: 600 h pro Monat
- Durchsatz: 3.300 WT/m bzw. 5,5 WT/h, 330 TR/m bzw. 0,5 TR/h
- Abluft: sauer/alkalisch: 35.000 m³/h, zinkhaltig: 35.000 m³/h
- Zuluft: 70.000 m³/h
- Prozesswärme: Heißwasser 100 °C – Gasbrenner
- Zulufterwärmung: Heißwasser 60 °C – Gasbrenner
- Kühlung: Kaltwasser 13°C – Kältemaschine
- Strom: aus öffentlichem Netz

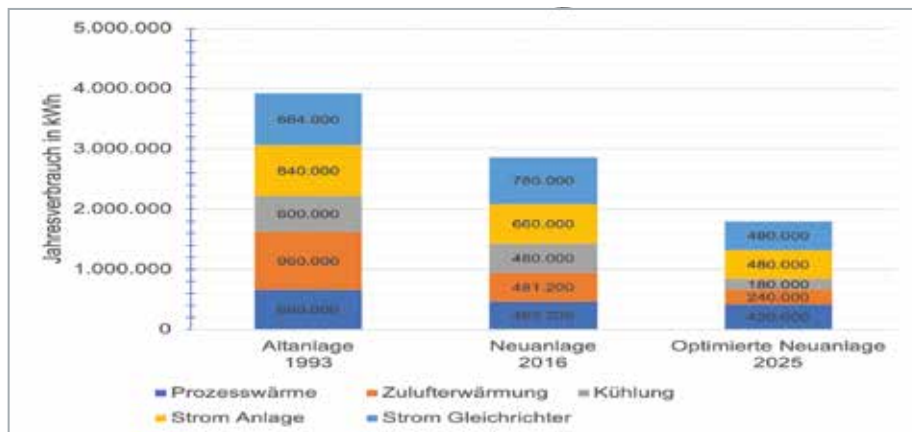


Abb. 3: Jahresverbrauch der Beispielanlage in kWh; im Vergleich der Altanlage zum heutigen Stand und den weiteren Optimierungen ist erkennbar, dass der Energieverbrauch in Summe um über 50 Prozent reduziert werden kann. Weiterhin wurde der Anteil thermischer Energie im Verhältnis zur elektrischen Energie gesenkt.

Die Altanlage aus dem Jahr 1993 hatte noch einen jährlichen Energieverbrauch von 3.924.000 kWh. Die 2016 neu gebaute Anlage weist bereits einen um 26 Prozent reduzierten Energieverbrauch auf, dank:

- Energieeffizienter Antriebe, Frequenzregelung von Verbrauchern mit hoher Leistung
 - Effizienter, wassergekühlter Gleichrichter
 - Frequenzgeregelter Zu- und Abluftanlage
 - Reduzierung der Abluftmenge durch Deckeltechnik
 - Wärmerückgewinnung Zuluft/Abluft mittels WRG-System
 - LED-Beleuchtung in der Halle
- Dies führte bereits zu einer CO₂-Einsparung von 302 Tonnen pro Jahr. Doch welche Potenziale bietet die Neuanlage zur weiteren Reduzierung des Energieverbrauchs hin zu einem klimaneutralen Betrieb?

Weitere Optimierungsschritte für eine zukunftsfähige Neuanlage

Um den Energieverbrauch noch weiter zu senken, können folgende Schritte unternommen werden:

Prozesse

- Reduzierung der Heizleistung durch Niedrigtemperaturentfettung und damit Reduzierung des Energieverbrauchs Prozesswärme
- Verkürzung der anodischen/kathodischen Zyklen für elektrolytische Entfettung und damit Reduzierung des Stromverbrauchs des elektrolytischen Entfettungsprozesses
- Verbesserung der Leitfähigkeit, Erhöhung der Prozesstemperatur und Verringerung der Badspannung für alkalische Verzinkung und damit des elektrischen Energieverbrauchs des Verzinkungsprozesses Steuerung
- Optimierung der Verbrauchersteuerung und Einschaltzeitpunkte, Reduzierung der Leistungen bei Nichtnutzung,
- Weitere Reduzierung der Abluftleistung Zuluft-/Abluft

- Kopplung der Wärmerückgewinnung mit einer Wärmepumpe zur effizienteren Nutzung von Abwärme
- Einbeziehung der Prozess- und Gleichrichterkühlung in das Wärmerückgewinnungssystem

Wie werden sich die weiteren Optimierungen auf den Energieverbrauch der Neuanlage voraussichtlich auswirken?

Im Beispiel-Vergleich zur Altanlage von 1993 kann der Energieverbrauch in der zukünftigen optimierten Neuanlage durch die weiteren energiesparenden Optimierungsmaßnahmen um über 50% reduziert werden. Zudem wurde der Anteil thermischer Energie im Verhältnis zur elektrischen Energie gesenkt.

Technologien auf dem Weg zur Klimaneutralität

Um den Energiebedarf der Beispielgalvanik signifikant zu reduzieren, wurden verschiedene Maßnahmen vorgestellt. Der noch verbleibende Energiebedarf soll zukünftig klimaneutral oder CO₂-neutral gedeckt werden.

Da der Ersatz fossiler Brennstoffe (Gas) durch klimaneutrale Brennstoffe (Wasserstoff) voraussichtlich noch einige Jahre dauern wird, ist die Elektrifizierung der Prozess- und Gebäudewärmeerzeugung von entscheidender Bedeutung.

Im Falle unserer Galvanikanlage ist der Einsatz von Wärmepumpen für die Prozess-/Zulufterwärmung/-kühlung denkbar.

Angesichts der vergleichsweise niedrigen Prozesstemperaturen in der Galvanik stellt die Elektrifizierung, insbesondere durch Power-to-Heat Technologien, wie Wärmepumpen oder Elektrodenkessel, einen bedeutenden Hebel zur CO₂-Emissionsreduktion dar.

Letztlich muss für die elektrischen Verbraucher eine Strommenge von ca. 960.000 kWh pro Jahr klimaneutral aufgebracht wer-

den, für Prozess- /Gebäudewärme sowie Kühlung mittels Wärmepumpentechnik ist nochmals eine Strommenge von etwa. 210.000 kWh pro Jahr erforderlich, legt man einen verbleibenden thermischen Energiebedarf für Heizen und Kühlen von 840.000 kWh/Jahr und einer Arbeitszahl der Wärmepumpe von etwa 4 zugrunde.

Der Gesamtbedarf elektrischer Energie wird also circa 1.170.000 kWh pro Jahr betragen, der möglichst klimaneutral hergestellt werden muss.

Die Erzeugung klimaneutraler Energie ist somit ein Schlüsselaspekt auf dem Weg zur Klimaneutralität. Dies kann durch den Einsatz verschiedener Technologien erreicht werden, darunter:

Photovoltaik und Windkraft:

Diese erneuerbaren Energiequellen können elektrische Energie liefern.

Die Installation von Photovoltaik-Modulen auf den Dächern unserer Beispielgalvanik kann Teil einer Gesamtlösung sein, PV-Anlagen sind inzwischen bei vielen Galvanikbetrieben ein wesentlicher Faktor zur regenerativen Stromerzeugung. Eine vorläufige Planung Die geplanten etwa 830 kWPI würden einen Jahresertrag von ca. 830.000 kWh bedeuten. Der prognostizierte Jahresbedarf der optimierten Neuanlage 2025 von 1.170.000 kWh könnte also zu etwa 71 Prozent abgedeckt werden Durch die Belegung weiterer Dach- und Fassadenflächen könnten die fehlenden etwa 29 Prozent eventuell noch abgedeckt werden

Großes Manko bei der Nutzung der Photovoltaik ist nach wie vor die Speicherung von photovoltaisch erzeugtem Strom, die Installation von Batteriespeichern mit ausreichender Kapazität ist derzeit nicht wirtschaftlich darstellbar.

Solarthermie und Geothermie:

Diese Technologien ermöglichen die Erzeugung thermischer Energie.

Die Möglichkeiten zur Nutzung hydrothermaler Geothermie hängen stark vom Standort ab, so ist zum Beispiel die Region München gut geeignet, hier werden derzeit konkret Projekte zur hydrothermalen Geothermie umgesetzt, es können hier Leistungen im Bereich 10 bis 15 MW mit einer Vorlauftemperatur von 70 bis 75°C dargestellt werden. Je nach Anforderung kann die gewonnene Wärmeenergie direkt oder nach Temperaturerhöhung mittels Wärmepumpe für den Gebäude- und Prozesswärmebedarf genutzt werden

Prinzipiell ist auch die Erzeugung von Strom aus Geothermie möglich, jedoch mit noch zu hohem Aufwand und zu niedrigem Wirkungsgrad.

BHKW und Wärmepumpen:

Die Verwendung von Brennstoffzellenkraftwerken (BHKW) mit erneuerbaren Brennstoffen und Wärmepumpen zur Gewinnung von Energie aus verschiedenen Quellen sind wichtige Ansätze. Insbesondere der Einsatz von Wärmepumpen zur Rückgewinnung von Wärmeenergie aus der Prozessabluft zur Beheizung in den Winter- und Übergangsmonaten bietet ein großes Einsparpotential. Sind große Verbraucher von Kühlenergie vorhanden, das können z.B. Temperöfen sein, kann die benötigte Kälteleistung ebenfalls über Wärmepumpen erzeugt werden, die anfallende Wärme wird idealerweise wieder im Bereich Prozesswärme zum Beispiel zur Beheizung von Prozessbädern eingesetzt.

Die Auswahl und Wirtschaftlichkeit dieser Technologien hängen von den individuellen Gegebenheiten ab und müssen von Fall zu Fall sorgfältig geprüft werden.

Der Weg zur klimaneutralen Galvanik ist anspruchsvoll und erfordert eine sorgfältige Planung und Umsetzung. Dazu gehören zusammengefasst:

- Eine umfassende Analyse des aktuellen Energieverbrauchs und der Energiearten.
- Die Einführung eines betrieblichen Energiemanagementsystems nach ISO 50001.
- Die Identifikation von Einsparpotenzialen und Maßnahmen zur Energieeffizienzsteigerung.
- Die Entwicklung von Konzepten zur klimaneutralen Energieerzeugung.
- Die Überprüfung der Umsetzbarkeit und wirtschaftlichen Auswirkungen.
- Die Prüfung der Fördermöglichkeiten, zum Beispiel durch das „Bundesförderprogramm für Energie- und Ressourceneffizienz in der Wirtschaft“ (EEW). Die EEW ist das wichtigste Förderprogramm des BMWK zur Steigerung der Energie- und Ressourceneffizienz sowie zum Ausbau erneuerbarer Prozesswärme in Industrie und Gewerbe.
- Die Umsetzung der Maßnahmen und gegebenenfalls die Zertifizierung als „klimaneutrales Unternehmen“ nach dem Standard PAS 2060.

Die Erreichung der Klimaneutralität erfordert eine systematische Herangehensweise und die kontinuierliche Anpassung an sich ändernde Rahmenbedingungen. Letztlich kann der klimaneutrale Betrieb einer Galvanik durch die Kombination von Energieeffizienzmaßnahmen und erneuerbaren Energietechnologien erreicht werden, um die zukünftigen Klimaziele einzuhalten und einen nachhaltigen Betrieb zu gewährleisten.

*Christian Deyhle,
QUBUS Planung und Beratung
Oberflächentechnik GmbH*

Energie	Altanlage 1993			Neuanlage 2016			Optimierte Neuanlage 2025	
	Jahresverbrauch in kWh	Energieeinsparung gestern -> heute	CO ₂ -Einsparung in Tonnen pro Jahr	Jahresverbrauch in kWh	Energieeinsparung heute -> morgen	CO ₂ -Einsparung in Tonnen pro Jahr	Jahresverbrauch in kWh	Jahresverbrauch in kWh mit Wärmepumpe
Prozesswärme	660.000	30%	39,56	463.200	9%	8,68	420.000	105.000
Zulufterwärmung	960.000	50%	96,24	481.200	50%	48,48	240.000	60.000
Kühlung	600.000	20%	52,20	480.000	63%	130,50	180.000	45.000
Strom Anlage	840.000	21%	78,30	660.000	27%	78,30	480.000	480.000
Strom Gleichrichter	864.000	10%	36,54	780.000	38%	130,50	480.000	480.000
Summe	3.924.000	26%	302,84	2.864.400	38%	396,46	1.800.000	1.170.000

Abb. 4: Übersicht, wie sich weitere Optimierungen auf den Energieverbrauch der optimierten Neuanlage voraussichtlich auswirken werden