



Effektive Energieeffizienzmaßnahmen bei Mineralbrunnen.

Anleitung mit Best-Practice-Beispielen

Inhaltsverzeichnis.

Einleitung	4
Bestandsaufnahme und energetische Ausgangsbasis	6
Betriebliche Energieanalyse	7
Grobanalyse	7
Detailanalyse	8
Energetische Optimierungsmaßnahmen – Best-Practice-Beispiele	10
Mitarbeitermotivation und Verantwortung	10
Adaptive Betriebsführung	10
Inbetriebnahme von Anlagen	11
Lastmanagement	11
<u>Optimierungsmaßnahmen</u>	12
Wärmebereich	12
Praxisbeispiel 1	13
Raumwärme & Brauchwarmwasser	13
Praxisbeispiel 2	13
Praxisbeispiel 3	14
Prozesswärme – Dampf & Heißwasser	14
Praxisbeispiel 4	15
Praxisbeispiel 5	16
Praxisbeispiel 6	16
Praxisbeispiel 7	17
Praxisbeispiel 8	17
Praxisbeispiel 9	17
Fossile Energieträger in der Produktion	18
Praxisbeispiel 10	18
Abwärmenutzung	18
Strombereich	18
Druckluft	19
Praxisbeispiel 11	19
Praxisbeispiel 12	21
Praxisbeispiel 13	21
Praxisbeispiel 14	22

Praxisbeispiel 15	22
Kälteerzeugung, Kühlung und Klimatisierung	23
Praxisbeispiel 16	24
Raumlufttechnik	25
Praxisbeispiel 17	25
Elektrische Antriebe	25
Praxisbeispiel 18	25
Pumpen	26
Praxisbeispiel 19	27
Beleuchtung	27
Supply Chain – Scope	29
Klimaneutrale Pools	29
Klimaschutz in der Lieferkette	30
Tipps zu Fördermaßnahmen	31
Finanzierung	31
Fazit	32
Glossar	33



Einleitung

Aktiver Klimaschutz bedeutet zugleich Umweltschutz und eine Investition in die Zukunft

Für die deutschen Mineralbrunnen hat nachhaltiges Wirtschaften von jeher eine hohe Priorität, mit der sie ihre gesellschaftliche Verantwortung wahrnehmen. Mit den fortschreitenden Auswirkungen des Klimawandels und zunehmenden Dürreperioden in den Sommermonaten – teilweise auch bei uns in Deutschland – bedeutet Klimaschutz zudem Schutz der Ressource Wasser generell und des Naturprodukts Mineralwasser im Besonderen.

Darüber hinaus fragen Verbraucher zunehmend nachhaltige Produkte nach. Hierbei spielen die Klimaneutralität¹ bzw. die Reduzierung von CO₂-Emissionen bei Produktion und Transport von Produkten eine wichtige Rolle.

Der VDM hatte bereits 2021 die Initiative „Klimaneutralität 2030“ gestartet, um seine Mitglieder dabei zu unterstützen, ihren Beitrag für das Erreichen von Klimaschutzzielen zu leisten. Ziel des VDM ist es, dass nicht nur einzelne Unternehmen, sondern die gesamte Mineralbrunnenbranche den Weg in die Klimaneutralität beschreitet. Im Mittelpunkt steht dabei die tatsächliche Reduktion der Treibhausgasemissionen in der gesamten Prozesskette des Naturprodukts Mineralwasser. Der CO₂-Fußabdruck von Mineralwasser soll klimaneutral gestellt werden. Um dies zu erreichen, werden im Rahmen der VDM-Initiative die Scopes 1 bis 3² vollumfänglich berücksichtigt.

¹ Erläuterung Klimaneutralität siehe Glossar.

² Erläuterung der Scopes siehe Glossar.

Der Ukraine-Krieg und die in der Folge drastisch gestiegenen Energiepreise haben die Notwendigkeit zur Einsparung von Energie sowie die Reduzierung von Kosten und damit verbunden die Reduktion von CO₂-Emissionen besonders deutlich werden lassen. Viele Mineralbrunnen haben ihre Bemühungen im Zusammenhang mit den Auswirkungen der Energie-Krise daher noch einmal zusätzlich verstärkt. Um die VDM-Mitglieder in dieser Situation zu unterstützen, hatte der VDM im Sommer 2022 einen Workshop zur „Reduktion von Treibhausgasen“³ organisiert. Ziel des Workshops war es ursprünglich, Best-Practice-Beispiele zu erarbeiten und diese anschließend den Mitgliedsbetrieben zur Verfügung zu stellen. Die Fragen und Diskussionen in dem Workshop haben jedoch gezeigt, dass sich manche Mineralbrunnen teilweise noch etwas mehr Unterstützung wünschen. Mit dem vorliegenden Leitfaden möchten wir diesem Wunsch entgegenkommen. Er soll auf der einen Seite eine Anleitung für diejenigen Betriebe bieten, die das Thema „Reduktion“ noch etwas strukturierter angehen möchten. Darüber hinaus soll er aber auch Anregungen, Inspiration und Ideen in Form von Best-Practice-Beispielen bieten. Die Best-Practice-Beispiele stammen alle aus Mitgliedsbetrieben. Einige sind einfach und ohne hohen finanziellen Aufwand umzusetzen und führen bereits zu deutlichen Energieeinsparungen.

Der vorliegende Leitfaden soll keine „starre, einmalige Momentaufnahme“ sein. Vielmehr möchten wir in zwei bis drei Jahren eine Aktualisierung vornehmen, bei der dann weitere Best-Practice-Beispiele aufgenommen werden sollen. Damit soll der Leitfaden dazu beitragen, dass die Mineralbrunnen voneinander lernen können, damit die Branche als Ganze die Klimaschutzziele schneller erreicht.

Der Leitfaden ist eine Gemeinschaftsarbeit von Experten aus dem Ausschuss für Technik und Herrn Prof. Jörg Meyer, Hochschule Niederrhein, der den Leitfaden für den VDM erstellt hat.

Dabei haben mitgewirkt:

- Volker Harbecke, Carolinen Brunnen
- Prof. Jörg Meyer, Hochschule Niederrhein
- Volker Schlingmann, Staatlich Bad Meinberger Mineralbrunnen
- Torsten Schneider, RheinfelsQuellen
- Jürgen Thaler, Adelholzener Alpenquellen

Darüber hinaus möchten wir uns bei Ensinger Mineral- und Heilquellen bedanken, die den Leitfaden mit weiteren Best-Practice-Beispielen unterstützt haben.

³ Erläuterung Treibhausgase siehe Glossar.



Bestandsaufnahme und energetische Ausgangsbasis.

Ein wichtiges Ziel dieses Leitfadens ist es, Instrumente aufzuzeigen, mit denen Betriebsleiter und Fachpersonal der Mineralbrunnen eine möglichst objektive Bewertung der Energieeffizienz der Produktionsstätten vornehmen können. Bedeutende Ansätze zur Optimierung des betrieblichen Energiebedarfs finden sich in der Regeln im Produktionsbereich sowie in den Bereichen Wärme, Kälte- und Druckluftversorgung, elektrische Antriebe sowie Beleuchtung und Reinigung.

Gute Kenntnisse über die Hauptenergieverbraucher sowie ausreichende Transparenz hinsichtlich der betrieblichen Abläufe im eigenen Unternehmen sind wichtige Voraussetzungen für fundierte Entscheidungen im Bereich der Energieversorgung und Energienutzung. Der rationelle Umgang mit Energie – und damit die erfolgreiche Kostensenkung in diesem Bereich – erfordern in der Regel im ersten Schritt nur Verhaltensanpassungen, organisatorische Optimierung und kleinere investive Maßnahmen. Erst mittelfristig bis langfristig sind gegebenenfalls umfangreichere Investitionen in neue Technologien und Anlagen bzw. aufwendige Umstrukturierungen notwendig.

Für die Verantwortlichen in den Unternehmen stellt sich die Frage, welche Maßnahmen im eigenen Betrieb umgesetzt werden können und wie auf Dauer ein hohes Niveau bei der Energieeffizienz gehalten werden kann.

Dazu müssen zunächst die Energiedaten erfasst und analysiert werden. Diese Schritte sind wichtige Bestandteile eines Energiemanagementsystems, aber auch für die Bilanzierung und Bewertung der THG-Emissionen.

Die Erfassung energierelevanter Daten liefert die Grundlage für Transparenzschaffung, für die daraus folgende Festlegung der konkreten Energieziele des Unternehmens sowie für die Identifizierung und Umsetzung von Verbesserungsmaßnahmen zum Erreichen der festgelegten Ziele. Kurz gesagt, sie schafft die Basis für das zielgerichtete Arbeiten im Energiemanagement. Die für die Energietechnik verantwortlichen Personen sollen eigenständig und systematisch die Energieeffizienz der Prozesse, Geräte und Anlagen ihres Betriebs bewerten können.

Betriebliche Energieanalyse

Um den Aufwand einer betrieblichen Energieanalyse überschaubar zu halten, können nicht alle Unternehmensbereiche, Verbraucher oder Geräte mit derselben Detaillierungstiefe untersucht werden. Für eine begründete Priorisierung wird die betriebliche Energieanalyse in der Regel in drei Schritte unterteilt: (1) Auswertung vorhandener Energiedaten (**Grobanalyse**), (2) Aufnahme und Bewertung zusätzlicher relevanter Energiedaten ausgewählter Bereiche (**Detailanalyse**) und (3) Auswertung und Plausibilisierung der aufgenommenen Daten mit der Identifizierung von Energieeinsparpotenzialen und der Ableitung von entsprechenden Energieeffizienzmaßnahmen (**Maßnahmenermittlung**).

Grobanalyse

Bei der Grobanalyse ist es hilfreich, zunächst ein **qualitatives Energieflussdiagramm (Abbildung 1)** zu erstellen. Ohne Betrachtung der Verbrauchszahlen werden die Energieströme im Unternehmen transparent dargestellt.

Hier sollten alle Neben- oder Umwandlungsanlagen erfasst werden, dies sind zum Beispiel:

- Raumwärmeerzeuger (z. B. Heizungen oder Wärmepumpen)
- Prozesswärmeerzeuger (z. B. Dampfkessel)
- Wärmespeicher (z. B. Brauchwarmwasserspeicher)
- Kraftwärmekopplungsanlagen (z. B. Blockheizkraftwerke)
- Drucklufttechnik
- Lüftungs- und Klimatechnik
- Kältetechnik
- Beleuchtung

Ebenfalls sollten die wesentlichen Produktionsbereiche erfasst und dargestellt werden. Bei den Mineralbrunnen ist die Unterteilung in folgende Bereiche sinnvoll.

- Mineralwasseraufbereitung und -behandlung
- Getränkeherstellung (Limonaden, Sirupe etc.)
- Abfüll- und Verpackungsanlagen
- Streckblasmaschinen
- Lager

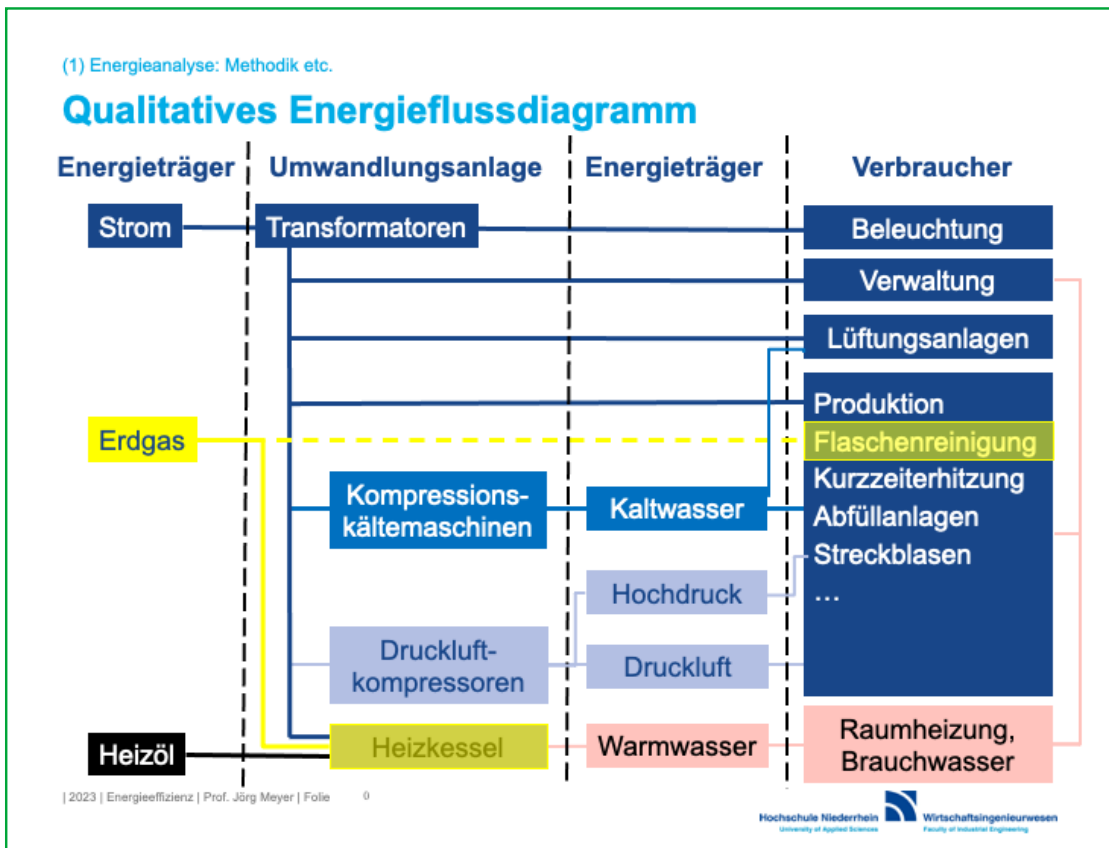


Abbildung 1: Beispiel eines qualitativen Energieflussdiagramms eines Mineralbrunnenbetriebes.

In den Produktionsbereichen gehören die elektrischen Anlagen (Antriebe, Motoren, Pumpen, etc.) und elektrischen Heizungen zu den großen Energieverbrauchern.

Je nach Größe sollte auch die Verwaltung mit den Büroräumen separat erfasst werden.

Nach dem qualitativen Überblick ist der nächste Schritt die Erstellung eines **quantitativen Energieflussdiagramms (siehe Abbildung 2)**. Dafür werden zum Beispiel die Rechnungen der Energieversorgungsunternehmen für Strom, Gas und Fernwärme oder der Brennstofflieferanten ausgewertet. Die Aufteilung der Bezugsmengen auf die oben festgelegten Bereiche erfolgt anhand von Zählern oder anhand von Abschätzungen über Nenn- oder Betriebslast und Betriebszeit.

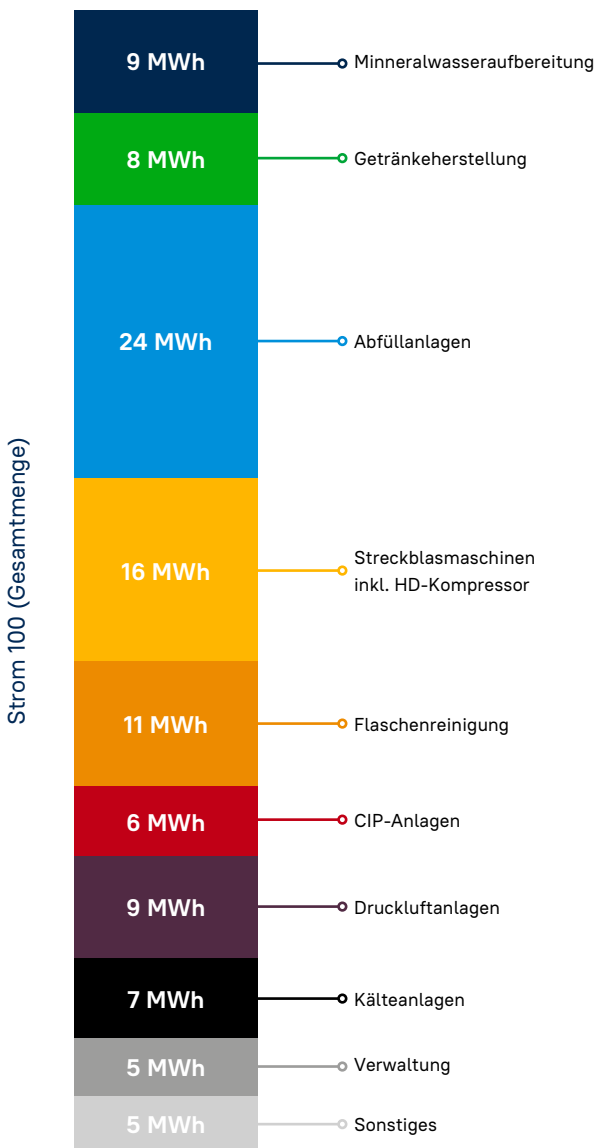


Abbildung 2: Beispiel eines quantitativen Energieflussdiagramms eines Mineralbrunnenbetriebes am Beispiel Strom.

Auf Basis dieser Informationen werden die Anlagen und Bereiche ausgewählt, die näher untersucht werden sollten. Dies sind in der Regel Bereiche, Anlagen und Geräte, bei denen der höchste Energieverbrauch vermutet wird oder welche die größten und schnellsten Einsparungen versprechen. Daneben werden auch betriebswirtschaftliche Größen, wie z.B. Anzahl der Mitarbeiter, Energiekosten, etc., erfasst. Hilfreiche Informationen sind:

- Erdgas-, Heizöl-, Fernwärme- und/oder Stromabrechnungen zur Ermittlung des jährlichen Verbrauchs und der Kosten.
- Bezugsverträge und Tarife aller Energiearten (wie Strom, Erdgas, Fernwärme, Heizöl) zur Ermittlung der Preise und Preisstruktur.
- Energiebedarfsprofil (Energieverbrauch von Erdgas, Heizöl, Strom etc.) und dessen Entwicklung über die letzten zwei bis drei Jahre vom Energieversorger.
- Kenntnis über die Situation der Energiedatenerfassung im Betrieb (Standorte der Zähler für Strom, Erdgas, ggf. Wärme, Wasser) sowie Energiebedarfsprofile für diese Zählstellen.
- Anschluss- und Leistungsdaten (Nennleistungen, Höchstleistungen, Blindleistungen etc.) der wichtigsten Anlagen.
- Ermittlung der Hauptverbraucher, z.B. durch ABC-Analyse⁴ (Heizungs- und Lüftungsanlagen, Beleuchtung, Produktionsanlagen, Drucklufterzeugung u. a.). Wartungsdaten (Intervalle, letzte Wartung, Unternehmen etc.).
- Detaillierte Pläne des Gebäudes und der Maschinenanstellung sowie der Ver- und Entsorgungsleitungen. Betrachtung der Gebäudesubstanz: Art und Dicke der Wärmedämmung, Zustand von Türen, Toren und Fenstern.

Diese Informationen liegen in der Regel im Betrieb vor – leider jedoch in den wenigsten Fällen strukturiert erfasst und dokumentiert. Die Aufgabe besteht also auch darin, vorhandene Informationen systematisch aufzubereiten.

Detailanalyse

Hat die Grobanalyse Einsparpotenziale aufgezeigt, so werden im nächsten Schritt die relevanten Energieverbraucher oder Prozesse detaillierter untersucht. Diese Untersuchungen können von Betrieb zu Betrieb variieren, da die Hauptverbraucher unterschiedlich sein können.

⁴ Erläuterung siehe Glossar

Im Rahmen der Detailanalyse können Messungen (Lastgang, Lüftungsanlage, Heizkessel, Heizungssystem, Druckluftnetz u. a.) erforderlich sein. Häufig gibt es vorwiegend in kleineren Betrieben nur jeweils einen Zähler für den Erdgas- und Stromverbrauch. Empfehlenswert ist der Einbau weiterer Zähler für Strom zum Beispiel in den Bereichen Druckluft, Kälte und Lüftungsanlagen. Je nach Aufbau der Produktion empfiehlt sich auch die Installation von Zählern für einzelne Produktionsbereiche. Für die Heiz- und Prozesswärmeerzeugung und direkt beheizte Produktionsanlagen sollten separate Erdgaszähler bzw. Wärmezähler für die eingesetzten Wärmeträgermedien (Wasser, Dampf etc.) eingebaut werden. Temporäre Messungen können auch durchgeführt werden.

Die Ergebnisse der Detailanalyse ergänzen die Datentlage aus der Grobanalyse über die Energieversorgungs- und Energieverbrauchsstrukturen einzelner Geräte bzw. Anlagen sowie die Daten der Energieverbräuche der wichtigsten energietechnischen Systeme (Heizungsanlage, Druckluftanlage, Kälteanlage). Das quantitative Energieflussdiagramm kann mit diesen Daten verfeinert werden und Verbesserungsmöglichkeiten können aufgedeckt, quantifiziert und bewertet werden. Abschließend können konkreten Verbesserungsmaßnahmen im Bereich Energie ausgearbeitet werden (siehe nächstes Kapitel).





Energetische Optimierungsmaßnahmen – Best-Practice-Beispiele

Wenn der aktuelle Bedarf an Energie bekannt ist, kann systematisch geprüft werden, ob typische Verbesserungspotenziale schon umgesetzt worden sind oder umgesetzt werden können. Im Folgenden sind einige Verbesserungspotenziale, die unter anderem im Rahmen eines Best-Practice-Workshops am 22. Juni 2022 zusammengestellt wurden, kurz vorgestellt und erläutert.

Zu unterscheiden sind kurzfristige und mittel- bzw. langfristige Maßnahmen. Kurzfristige Maßnahmen sind ohne oder mit nur geringen Investitionssummen umsetzbar. Mittel- und langfristige Maßnahmen sind in der Regel mit Investitionen verbunden.



Mitarbeitermotivation und Verantwortung

Für alle Maßnahmen gilt: Die **Sensibilisierung der Mitarbeiter** für das Thema CO₂- und Energieeinsparung ist ein wichtiger Schlüssel für den Erfolg. Wenn alle Mitarbeiter aufmerksam sind und mitmachen, kann viel Energie – auch kurzfristig – eingespart werden. In diesem Zusammenhang ist es

auch wichtig, eine Lösung zu finden, wie das **Wissen von erfahrenen Mitarbeitern** festgehalten oder weitergegeben werden kann.

Ebenso wichtig ist die Regelung von Verantwortungen. Wer kümmert sich um die Einhaltung der Vorgaben zur Energieeinsparung? Wer kontrolliert die Soll-Werte und passt sie ggf. an? Die verantwortlichen Mitarbeiter benötigen auch die Rückendeckung der Geschäftsführung bei allen Maßnahmen. So entstehen Eigeninitiative und der Mut zur Durchführung.



Adaptive Betriebsführung

Der zweite wichtige Aspekt ist die adaptive (angepasste) Betriebsführung. Mit einer adaptiven Betriebsführung können Einsparungen im zweistelligen Prozentbereich erzielt werden. Im Unternehmen muss dafür ein digitaler Informationsfluss aufgebaut werden (**Energiedatenmanagementsystem**). Dazu gehören die Prozessleittechnik und die Gebäudeleittechnik, die – am besten in Echtzeit – miteinander kommunizieren können. Basis der

Leittechniken ist die intelligente Sensorik, die installiert ist oder installiert werden muss, um Daten für die Steuerungs- und/oder Regelungsstrategien zu erhalten. Für die zeitnahe Erfassung von Abweichungen sind Kennzahlen und ein Dashboard hilfreich.

Ziel der adaptiven Betriebsführung ist es, Energie bedarfsgerecht **UND** effizient zur Verfügung zu stellen. Das heißt zum Beispiel, dass bei einer höheren Temperaturanforderung für einen Teilprozess – zum Beispiel Betrieb einer Kurzzeiterhitzung – das Heißwassernetz nicht ständig auf diesem hohen Temperaturniveau betrieben wird, sondern bedarfsgerecht. Um dies realisieren zu können, sollten – neben der zuvor erwähnten Informationsschnittstelle – auch hardwareseitige Voraussetzungen geschaffen werden.

Diese wären zum Beispiel:

- Installation von Heißwasserpufferspeichern
- Kältespeicher – hier ist die Wirtschaftlichkeit zu prüfen
- Wärme- und Kältenetze (Rohrleitungsdimensionierung)

Im Zusammenspiel mit Produktionsinformationen (Anfahrprozesse, Artikel mit erhöhtem Energiebedarf) kann über eine intelligente Anlagensteuerung die Energiebereitstellung optimiert werden.

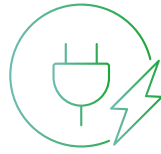


Inbetriebnahme von Anlagen

Grundsätzlich ist es wichtig, dass Maschinenhersteller und deren Inbetriebnahme-Ingenieure, die mit der Inbetriebnahme definierten Sollwerte an vielfach realisierten Projekten (also so nah wie möglich an dem **tatsächlichen** Bedarf) definieren, anstatt sich an technisch und qualitativ möglichen Grenzen zu orientieren. Oftmals werden die Einstellungen zu hoch vorgenommen, um die Baustelle reklamationsfrei zu verlassen und personalintensive Außendienstesätze auszuschließen. In aller Regel ist dies energetisch nicht optimal. Nach Neuinstallationen ist eine energetische Optimierung sowie Optimierung der gesamten Ressourceneffizienz nach etwa sechs Monaten sehr zu empfehlen und ggf. bei der Vergabe zu vereinbaren.

In aller Regel werden von den Maschinenherstellern Anforderungen an die bereitzustellende Wärmeenergie gestellt: hohe Vorlauftemperaturen und kurze Aufheizzeiten. Die geforderten bzw. eingestellten Aufheizzeiten sollten daher unbedingt geprüft und sofern möglich verlängert werden. Eine intelligente Regelung –

insbesondere bei mehreren zeitgleichen Verbrauchern (Flaschenreinigungsmaschinen, CIP, etc.) – optimiert die Energieeffizienz.



Lastmanagement

Lastmanagement kann sowohl im Bereich der Wärme als auch im Bereich der elektrischen Energie angewendet werden. Unter Lastmanagement wird das Verschieben von Lasten verstanden, um Energiekosten zu sparen. Das ist zwar oft keine Maßnahme zur Reduzierung von Energiebedarf oder CO₂-Emissionen, im Hinblick auf die stärkere Volatilität der Stromerzeugung und somit auch des Strompreises aber ein Beitrag zur Stabilisierung des Stromnetzes. Für den Bereich Erdgas gilt Vergleichbares. Angesichts der drohenden Verknappung kann es auch hier sinnvoll sein, Lasten zu verschieben. Damit kann die Abnahme gleichmäßiger werden.

Aber es kann auch schon heute mit Lastmanagement Geld gespart werden. Die Reduzierung der maximalen Bezugsleistung im Bereich Erdgas und Strom senkt die Kosten für den Bezug der Energieträger. Ziel des Lastmanagements ist es daher, durch geeignete Maßnahmen, Lastspitzen zu vermeiden.

Grundsätzlich können folgende Maßnahmen angewendet werden:

- Organisatorische Entkopplung von Anfahr- oder Betriebsprozessen
- Sanfte Anfahrampen, um hohe Lasten zu vermeiden
- Wegschalten von Anlagen durch ein elektronisches Lastmanagementprogramm

Organisatorische Entkopplung

Die Betriebsabläufe müssen vor allem während der **Anfahrprozesse** analysiert werden. Durch zeitliche Entkopplung können hier Lastspitzen vermieden werden. Beispielsweise fallen im Wärmebereich häufig CIP-Reinigungen und das Aufheizen der Flaschenreinigungsmaschinen zeitlich zusammen. Bei mehreren Flaschenreinigungsmaschinen führt ein **serielles Aufheizen** zu einer Vergleichmäßigung des Wärmebedarfs. Bei elektrischen Verbrauchern können häufig vor allem Nebenaggregate (Lüftung / Kompressoren) vom Start der eigentlichen Abfüllanlage entkoppelt werden.

Sanfte Anfahrampen

Durch Eingriffe in die Regler können hohe Lastspitzen vermieden werden. Dies kann im Wärmebereich durch langsam öffnende Regelventile und in elektrischen Verbrauchern durch den Einsatz von Frequenzumformern mit „sanfter“ Anfahrampe erzielt werden.

Elektronisches Lastmanagementprogramm

Bei Einsatz eines elektronischen Lastmanagementprogramms können sowohl bei den Wärmeverbrauchern als auch bei den elektrischen Verbrauchern durch automatisierte Wegschaltung nicht notwendiger Verbraucher Lastspitzen vermieden werden. Darüber hinaus führt dies – entgegen der oben genannten Maßnahmen – auch zur Reduzierung des Energiebedarfs.

Lastmanagementprogramme werden meist im **Strombereich** eingesetzt. Zuerst muss der Betreiber analysieren, welche Verbraucher weggeschaltet werden können, ohne den Wertschöpfungsprozess zu stören. Anschließend müssen dann für die einzelnen Verbraucher die maximale Abschaltedauer und die minimale Laufzeit zwischen zwei Abschaltungen festgelegt werden. Ein automatisiertes System kann mit diesen Angaben entsprechend programmiert werden.

Häufig werden im elektrischen Bereich folgende Verbraucher in Betracht gezogen:

- Hallenbelüftungs- und Hallenentlüftungsanlagen
- Rauchgasverdichter für Abwasserneutralisation
- Abwasserpumpen
- Gebäudeklimatisierung
- Batterieladestationen
- Laugenfiltration der Flaschenreinigung

Für jeden Verbraucher ist zu prüfen, ob übergeordnete Steuerungsparameter vorhanden sind, die eine Abschaltung zu gewissen Zeiten untersagen. Beispielsweise müssen Abwasserpumpen bei einem hohen Füllstand im Abwassersammelbehälter zwingend laufen. Darüber hinaus sind technische Prüfungen der Machbarkeit

notwendig. Zum Beispiel können nicht sämtliche Steuerungen einer Batterieladestation einfach weg- und wieder zugeschaltet werden.



Optimierungsmaßnahmen

Auf den nachfolgenden Seiten wird zwischen dem Wärmebereich und dem Strombereich (elektrische Energie) unterschieden. Diese Einteilung orientiert sich an der Darstellung von direkten Emissionen (Scope-1-Emissionen nach dem Greenhouse Gas Protocol), die durch den Einsatz von Brennstoffen entstehen und indirekte Emissionen (Scope-2-Emissionen), die bei Mineralbrunnen in der Regel durch den Einkauf von elektrischem Strom entstehen.⁵



Wärmebereich

Bei den Maßnahmen zur Reduzierung von Scope-1-Emissionen wird zwischen der Reduzierung von Erdgas oder Heizöl für Raumwärme & Brauchwarmwasser, von Erdgas oder Heizöl für die Prozesswärme (in der Regel Dampferzeugung und Heißwasser) und von Erdgas für die Produktion unterschieden.

Kennzahl: Ein guter Wert für den Gesamtwärmebedarf (Jahresmittelwert) eines Mineralbrunnens liegt bei 18–19 Wh_{th}/Füllung. Wesentliche Einflussgrößen sind der Mehrweganteil, der Glasanteil und die Witterung.



⁵ Erläuterung der Scopes siehe Glossar.

01 Staatl. Bad Meinberger Mineralbrunnen:

In einem Betrieb (100 % Glas- und PET-Mehrweg) wurde die Energieeffizienz seit 2014 konsequent und kontinuierlich bei allen Verbrauchern optimiert und durch die realisierten Maßnahmen konnte der Verbrauch an Wärmeenergie seit 2016 um > 50 % je Füllung sowie der Bedarf an elektrischer Energie um > 25 % je Füllung nachhaltig reduziert werden. Die Soll-Temperatur der Laugenbäder (Glas-Mehrweg) wurde damals bereits auf ca. 73 °C reduziert. Mit Beginn der Ukraine-Krise wurden in dem Betrieb nochmals sämtliche Sollwerte sehr kritisch hinterfragt und optimiert:

- Reduzierung der Laugentemperaturen bei der Verarbeitung von Glas-Mehrweg auf 65 °C
- Installation eines Rinsprogramms für die ausschließliche Verarbeitung von Neuglas. Dabei Reduzierung der Soll-Temperatur der Lauge auf 35 °C
- Das Temperaturniveau der Wärmeerzeugung wurde parallel zur Reduzierung der Solltemperaturen der Laugen optimiert.

Ergebnis: Absolute Reduzierung des Wärmeverbrauchs des Gesamtbetriebes in 2022 um – 781.666 kWh, was eine Effizienzsteigerung um ca. – 27,5 % je Füllung bedeutet.



Raumwärme & Brauchwarmwasser

Für die Bereiche Raumwärme & Brauchwarmwasser wird Niedrigtemperaturwärme benötigt, d.h. die Temperatur der Wärme ist niedriger als 60 °C.

Raumwärmebedarf reduzieren

Wie bereits oben erwähnt, ist der erste Schritt, Möglichkeiten zur Reduzierung des Wärmebedarfs umzusetzen. Im Bereich Raumwärme sollten daher alle eingestellten Soll-Werte hinterfragt werden. Kann die Temperatur in allen Räumen oder in einigen Räumen reduziert werden? Müssen wirklich alle Räume beheizt werden, können eventuell einzelne Räume (Lager, nicht genutzte Büros) weniger beheizt werden? Ggf. muss die Bekleidung der Belegschaft (Jacke im Lager tragen) angepasst werden. Es kann auch sinnvoll sein, ein Behaglichkeitsfenster in die Steuerung der Lüftungstechnik zu integrieren. Damit können Heiz- bzw. Kühlbedingungen deutlich reduziert und damit die Energieverbräuche deutlich verringert werden.

In der Vergangenheit zählte das Heizen und damit auch oft hohe Investitionen in Heizungstechnik der Lagerhallen häufig zum Standard. Das Heizen erfolgte jedoch im Wesentlichen zur Trocknung der Hallenluft und damit zur Reduzierung der Feuchtigkeit und dem Risiko von Schimmelwachstum auf Nassleimetiketten etc. Da das abgefüllte Vollgut in der Regel mit einer durchschnittlichen Temperatur von 15–20 °C an das Lager übergeben wird, ist ein zusätzliches Heizen oder Kühlen meistens aber nicht erforderlich.

Die Wärme des Vollguts mit diesem Temperaturniveau wird in der kühleren Jahreszeit an die Hallenluft

übertragen und dient im Sommer zur Kühlung. Eine intelligente Steuerung der Hallenbelüftung und -entlüftung kann die bislang üblichen Investitionen zur Beheizung der Hallenluft vollständig ersetzen. Damit werden wirtschaftliche Erfolge durch vermiedene Investitionen und die Reduzierung des Wärmebedarfs erzielt.

02 Staatl. Bad Meinberger Mineralbrunnen:

Eine Beheizung des Vollgutlagers ist in den seltensten Fällen erforderlich. In einem Beispielbetrieb wird vollständig und ganzjährig auf das Beheizen der Lagerhallen verzichtet. Dabei wird jedoch weiterhin für eine ausreichende Belüftung gesorgt.

Zur Reduzierung des Raumwärmebedarfs sollte die **Dichtigkeit der Fenster, Türen und Tore** geprüft werden. Auch das **Lüftungsverhalten** (z. B. lange offenstehende Tore, dauernd gekippte Fenster) kann ggf. optimiert werden. Um Zugluft und einhergehende Wärmeverluste zu vermeiden, sollten Hallentore und Oberlichter während der Heizperiode geschlossen werden. Ist dies aus betrieblichen Gründen nicht möglich, sollten Luftschleusen oder Torluftschleier installiert werden.

Häufig frequentierte Tore sollten als **Schnellauftore** ausgeführt werden. In einigen Fällen ist eine regelungstechnische Kopplung gegenüberliegender Tore sinnvoll, um Zugluft zwischen unterschiedlichen Gebäudeöffnungen zu reduzieren. Ebenso sollte ein Betrieb der Heizung verhindert werden, wenn Tore oder Fenster geöffnet sind.

Des Weiteren ist zu berücksichtigen, dass geöffnete Fenster und Tore nicht nur ein Wärmeleck bilden, sondern auch diffuse Emissionen ermöglichen, die im Immissionsschutzrecht unerwünscht sind. Produktionshallen sind im Unterdruck zu planen, um diffuse Emissionen zu verhindern. Dies ist bei einem Energiekonzept immer zu berücksichtigen.

Sanierungsmaßnahmen leisten einen weiteren Beitrag zur Reduzierung des Raumwärmebedarfs. Insbesondere im Zusammenhang mit Erhaltungsmaßnahmen sollte der Energieaspekt eine wichtige Rolle spielen.

03 Adelholzener Alpenquellen:

Dachsanierung von zwei Hallen war notwendig: Energetische Sanierung durchgeführt.

Energieeinsparung: 75.600 kWh_{th}/a (47%!)

Raumwärmeinfrastruktur verbessern

Zunächst sollte der Wärmetransport vermieden werden oder die Transportwege sollten möglichst kurz sein. Die Nutzung von Abwärme vor Ort kann den Transport vermeiden oder den Weg verkürzen.

Die Leitungen und Rohre, die zum Transport der Wärme genutzt werden, sollten gedämmt sein. Dies gilt auch für die Armaturen.

Ebenfalls sollte die Rohrleitungsdimensionierung großzügig erfolgen, da in einem größer dimensionierten Rohrleitungssystem der Leitungsdruck und somit die Pumpenleistungen und der Strombedarf für die Pumpen reduziert werden. Aus demselben Grund sollten die Rohrleitungsführungen möglichst mit wenig Bögen ausgeführt werden, um Strömungswiderstände zu minimieren.

Raumwärmeerzeugung optimieren

Unter dem Aspekt der Klimafreundlichkeit gilt es im Wärmebereich zu prüfen, ob der **fossile Energieträger** ganz oder teilweise **substituiert** werden kann. Hier bieten sich Wärmepumpen, Elektroheizung oder eine Umstellung auf Biomasse an.

Die **Wärmepumpe** (ggf. kombiniert mit einer Stromheizung) sollte die bevorzugte Alternative sein, weil bei dieser Technologie auch die Energieeffizienz gesteigert werden kann. Als Wärmequelle für die Wärmepumpe kann Geothermie, Abwärme aus einem Prozess oder Umgebungswärme eingesetzt werden. Vorausgesetzt, es werden genügend und bezahlbare Strommengen im

Markt angeboten und die Stromzuleitungen sind ausreichend dimensioniert.

Sollte die Versorgung mit Strom nicht möglich sein, kann – bei einer vorhandenen Erdgasleitung – **Biogas**⁶ oder **Wasserstoff** eingesetzt werden. Ist kein Erdgasanschluss vorhanden, ist Biomasse (in der Regel Holz) die Alternative – langfristig ggf. auch synthetische Brennstoffe. Bei der Einbindung von Biogas in die Wärmeerzeugung ist die Kooperation mit einer ortsansässigen Biogasanlage besonders empfehlenswert (keine Netzentgelte bei Direktlieferung). Diese Kooperation fordert aber meistens eine relativ lineare Abnahmestruktur mit geringen Spitzen, sodass es sinnvoll ist, nur einen Kessel, der die Grundlast liefert, mit Biogas zu versorgen. Der Brenner dieses Kessels muss für die Nutzung von Biogas umgerüstet werden.

Nutzung von Abwärme kann im Raumwärmebereich durch gezielte Zu- und Abfuhr von Luft mit integriertem Wärmeübertrager erfolgen.

Bei Heizungen mit Brenneinheiten sollte die **Brennwertnutzung** installiert sein, d. h. die Nutzung der Abgaswärme zu Vorwärmung der Verbrennungsluft.

Die **Steuerung der Heizung** bietet weitere Einsparpotenziale. Hier könnte ein modernes Steuersystem nachgerüstet werden. Prüfen Sie auch, ob die Heizung regelmäßig gewartet und wann der letzte hydraulische Abgleich durchgeführt wurde. Ein weiterer wichtiger Aspekt ist die Nachtabsenkung: Ist sie aktiviert und welche Parameter sind eingestellt?



Prozesswärme – Dampf & Heißwasser

Für den Bereich Prozesswärme werden oft Temperaturen von mehr als 60°C benötigt. Einige der zu ergreifenden Maßnahmen sind mit den Maßnahmen im Bereich „Raumwärme & Brauchwarmwasser“ vergleichbar.

Prozesswärmebedarf reduzieren

Das **kritische Hinterfragen der Sollwerte** der Prozesstemperaturen ist auch hier ein erster Schritt. Kann die Temperatur reduziert werden? Kann der Wärmebedarf reduziert werden? Hier hilft eventuell auch die (teilweise) **Dämmung von Anlagen und Leitungen**. Bei Einsatz von Dampf sollte geprüft werden, ob die **Kondensatabscheider intakt** sind und ob es unnötige **Kondensatverluste** gibt. Wie ist die **Steuerung** der Dampfkessel? Kann ein modernes Steuersystem mit z. B. einer **O₂-Regelung und automatisierter Abschlämmung** nachgerüstet werden?

⁶ Die Nutzung von Biogas und/oder Biomasse ist in der Biomasse-Nutzungshierarchie von NRW.Energy4Climate GmbH ganz unten (siehe Glossar)



In den Prozessen der Mineralbrunnen wird überwiegend Wärme mit niedrigen Temperaturen ($< 100^{\circ}\text{C}$) benötigt, z. B. bei der **Flaschenreinigung**. Die Steuerung (= Zeitpunkt) der **Laugenaufwärmung** und die Temperatur sind wichtige Parameter, die in vielen Betrieben optimiert werden können. Mit jeder Korbzelle, jedem Korbträger und jedem Flaschenboden wird ein definiertes Volumen an Lauge verschleppt. Es ist daher sinnvoll, kontinuierlich Lauge zuzuführen. Die zuzuführende Menge wird automatisch über die Leitfähigkeit der Lauge und über den Füllstand bestimmt. Ein Austausch des Laugenbades erfolgt nur zu Reinigungsarbeiten (Glas, Etiketten ...). Die Lauge sollte dann in einem Tank aufgefangen und zurückgeführt werden. Ein kompletter Neuansatz ist nicht erforderlich.

Kennzahl: Ein guter Wärmebedarfswert (Jahresmittelwert) liegt bei der Glasflaschen-Reinigung bei etwa $7 \text{ Wh}_{\text{th}}/\text{Flasche}$.

Laugensedimentation und das Abtrennen von Verunreinigungen war in der Vergangenheit häufig der Standard. Weiterentwicklungen der Leime, Etiketten, etc. erschwert das Ergebnis der Sedimentation. Anstelle der Sedimentation werden Verfahren zur kontinuierlichen Laugenfiltration eingesetzt.

04 Staatl. Bad Meinberger Mineralbrunnen:

Es muss erlaubt sein, vermeintlich **unantastbare Sollwerte**, welche über Jahre oder Generationen gegeben waren, **kritisch** zu hinterfragen sowie kontrolliert und unter Einbeziehung der Qualitätssicherung zu reduzieren.

Weiterhin sind die in den Reinigungsmaschinen installierten **Wärmeübertrager häufig relativ klein** dimensioniert und erfordern deshalb eine höhere Vorlauftemperatur zur Wärmeübertragung. Daher kann ein zusätzlicher (ggf. neben der Reinigungsmaschine positionierter) Wärmeübertrager den effizienten Wärmeübertrag optimieren.

Durch die **Reduzierung der Laugentemperatur** kann das gesamte Wärmeniveau der Wärmeversorgung reduziert werden. Das hat massive Auswirkungen auf die Vor- und Rücklauftemperatur der Wärmeversorgung und ermöglicht damit für Wärmerückgewinnungsprozesse, die gewonnene Wärme in den Prozess einzuleiten.

05 Staatl. Bad Meinberger Mineralbrunnen:

Die Temperatur der Waschmaschine bei der Glasflaschenreinigung ist auf 75°C eingestellt. Mit Begleitung der Qualitätssicherung konnte in einem Betrieb die Temperatur dauerhaft auf 65°C eingestellt werden.

06 Ensinger Mineral- und Heilquellen:

Im Bereich der Flaschenreinigungsmaschine wurde die Laugentemperatur sukzessive reduziert. Bisher konnte die Temperatur um 4 °C gesenkt werden.

Energieeinsparung: 225.000 kWh_{th}/a

Der Zeitpunkt zur Aufheizung der Laugenbäder hat einen deutlichen Einfluss bei der Optimierung des Wärmeverbrauchs. Moderne Reinigungsmaschinen liefern permanent Informationen zum Temperaturverlauf der Laugenbäder. Damit können Wärmeverluste im Stillstand und Betrieb sowie die jeweils notwendigen Heizleistungen ermittelt werden. Zusätzlich besteht die Möglichkeit, dass die Steuerung der Reinigungsmaschine nachgerüstet und nicht der Zeitpunkt zum Start der Beheizung der Laugenbäder, sondern der Produktionsstart der Maschine angewählt wird. Bei mehreren Maschinen lassen sich daraus erhebliche Effizienzsteigerungen erzielen und Lastspitzen der Wärmeerzeugung reduzieren.

Ähnliche Erfolge sind durch Optimierung der CIP-Programme verbunden mit dem kritischen Hinterfragen der Sollwerte (Temperaturen, Spülzeiten etc.) zu erzielen. Die Vorgehensweise wird analog der Optimierung der Flaschenreinigungsmaschine durchgeführt.

Kennzahl: Ein guter Wärmebedarfswert (Jahresmittelwert) für eine CIP-Reinigungsanlage liegt unter 2 Wh_{th}/Füllung. Wesentliche Einflussgrößen sind der Mehrweganteil und der Glasanteil.

Prozesswärmeinfrastruktur verbessern

Wie bei der Raumwärme sollte der Wärmetransport vermieden werden oder die Transportwege möglichst kurz sein. Die Nutzung von Abwärme vermeidet oder verkürzt den Transport.

Die Leitungen und Rohre, die zum Transport der Wärme genutzt werden, sollten gedämmt sein. Dies gilt auch für die Armaturen.

Ebenfalls sollte bei einem Heißwassersystem die Rohrleitungsdimensionierung großzügig erfolgen, da in einem größer dimensionierten Rohrleitungssystem der Leitungsdruck oder somit die Pumpenleistungen und der Strombedarf für die Pumpen reduziert werden. Des Weiteren sollten die Rohrleitungsführungen möglichst mit wenig Bögen ausgeführt werden, um Strömungswiderstände zu minimieren.

Prozesswärmeerzeugung optimieren

Die Erzeugungsanlagen der Prozesswärme sind ähnlich wie die Erzeugungsanlagen im Bereich Raumwärme. Dampf wird in einem Mineralbrunnenbetrieb prinzipiell nicht benötigt, da die Prozesstemperaturen alle unter 100 °C liegen. Hier bieten sich also ebenfalls Wärmepumpen (Hochtemperatur-Wärmepumpen), Elektro-Heizung



oder unter dem Aspekt Klimafreundlichkeit eine Umstellung der bestehenden Anlage auf Biomasse an. Weitere Erläuterung zur Biomasse- und Biogasnutzung siehe oben.

Vor dem Kauf einer neuen Anlage sollte eine Umrüstung des bestehenden Dampfkessels und des Dampfsystems auf ein Heißwasserkessel und Heißwassersystem geprüft werden.

Voraussetzung für alle Stromanwendungen ist, dass genügend und bezahlbare Strommengen im Markt angeboten werden und die Stromzuleitungen ausreichend dimensioniert sind. Sind keine ausreichenden Strommengen im Markt vorhanden oder Zuleitungen nicht ausreichend dimensioniert, kann Biogas oder Wasserstoff bzw. Biomasse eingesetzt werden (siehe oben). In dem Fall bieten sich häufig **Motorenblockheizkraftwerke** an, die sowohl die Wärme bereitstellen, als auch die verfügbare Strommenge durch Eigenproduktion erhöhen.

Als Wärmequelle für die **Hochtemperatur-Wärmepumpe** kann Geothermie, Abwärme aus einem Prozess oder Umgebungswärme eingesetzt werden.

Nutzung von Abwärme kann bzw. muss in den Produktionsanlagen erfolgen (Vorwärmung von Frischluft und Rohstoffen). Auch die Vorwärmung der Verbrennungsluft (Heißwasserkessel) und der aufzuheizenden Wassermenge mit Abwärme ist ein Muss!

07 Adelholzener Alpenquellen:

Brühdampf wird zur Kesselspeisewasservorwärmung verwendet. Die Dampfzufuhr zu den einzelnen Abfülllinien wird automatisch abgeriegelt.

Die **Steuerung der Prozesswärmeerzeuger** bietet weitere Einsparpotenziale. Hier könnte ein modernes Steuerungssystem nachgerüstet werden. Auch hier sind regelmäßig Wartungen und die Durchführung eines hydraulischen Abgleichs notwendig. Ein weiterer wichtiger Aspekt ist die Abschaltung am Wochenende oder bei Betriebsunterbrechungen: Ist sie aktiviert und welche Parameter sind eingestellt?

08 Ensinger Mineral- und Heilquellen:

Automatisches Abschiebern des Dampfnetzes zwischen Freitagabend und Montagmorgen. Vermeidung der Stand-by-Verluste im Dampfnetz.

Einsparung: 375.000 kWh/a (etwa 6 %)

Anmerkung: Zunächst testweise manuelles Abschiebern, zur Abschätzung der Einsparung. Dann Einbau eines Dampf-Regelventils mit Stellmotor sowie entsprechender Programmierung über das Prozessleitsystem.

Durch die Einbindung eines **Wärmespeichers** wird die Wärmeerzeugung von dem Wärmeverbraucher entkoppelt. Mit einer modernen Steuerung wird ein kontinuierlicher ressourceneffizienter Betrieb der Kesselanlagen möglich. Häufiges An- und Abfahren, d.h. häufige Schaltungen der Kessel steigern den Energieverbrauch erheblich. Allein durch das Vorlüften der Rauchgaswege wird die Effizienz reduziert und der Energieverbrauch erhöht. In dem Betrieb, im welchem auch die Laugentemperatur bei Glas auf 65 °C reduziert wurde, konnten durch die Einbindung eines Wärmespeichers sowie einer modernen Kesselsteuerung und einer Gebäudeleittechnik, welche sämtliche Verbraucher ressourceneffizient regelt, erhebliche Optimierungen der Ressourceneffizienz erzielt werden.

09 Staatl. Bad Meinberger Mineralbrunnen:

Installation eines 80 m³ Wärmespeichers. Reduzierung der Erdgasbezugsspitze um ca. 400 kW.



Fossile Energieträger in der Produktion

Die **Substitution von fossilen Energieträgern**, die direkt in einer Produktionsanlage eingesetzt werden, ist eine große Herausforderung. Dies geht oft nur in Zusammenarbeit mit dem Anlagenhersteller. Das gilt auch für die **Verbesserung der Abwärmenutzung**, d. h. den Einbau von Wärmeübertragern. Der Einsatz von Biogas oder Wasserstoff (oder synthetisches Erdgas) ist mit den geringsten baulichen und verfahrenstechnischen Änderungen verbunden. Für die alternative Strombeheizung müssen in vielen Bereichen noch Anlagen entwickelt werden. Langfristig ist das aber möglich. Für die Nutzung von Abwärme gilt auch hier, dass in den Produktionsanlagen eingesetzte Frischluft und Rohstoffe vorgewärmt werden können.

Die **Betrachtung der Sollwerte** steht auch hier an erster Stelle: Prozesstemperaturen können ggf. (teilweise) reduziert werden. Die Belegung der Produktionsanlagen kann optimiert werden. Oft sind auch Luftwechselzahlen zu hoch eingestellt. Eventuell können auch alternative Produktionsverfahren eingesetzt werden, die weniger Energie benötigen. Die Steuerung der Brenner bzw. der Anlage ist häufig nicht optimal eingestellt.

Sofern der Austausch und damit die Neuinstallation einer Flaschenreinigungsmaschine geplant ist, kann der Einsatz einer direktbefeuerten Flaschenreinigungsmaschine alternativ zur üblichen Beheizung mit Heizheißwasser bzw. Dampf sinnvoll sein. Auch dann ist darauf zu achten, dass eine bedarfsgerechte und ressourceneffiziente Befuerung in der Steuerung eingestellt wird.

10 Staatl. Bad Meinberger Mineralbrunnen:

In einem Betrieb wurde eine direktbefeuerte Flaschenreinigungsmaschine installiert. Ein 750 kW Brenner ist an der Maschine verbaut. Zur Sicherstellung der Ressourceneffizienz und unter Berücksichtigung der hinterlegten Sollwerte und Zeiten zur Aufheizung wurde der Brenner auf max. 450 kW begrenzt. Durch die Einbindung der Direktbefuerung ergibt sich die Möglichkeit, die Wärmeerzeugung im Kesselhaus weiter zu optimieren und Lastspitzen zu reduzieren.



Abwärmenutzung

Für alle Bereiche gilt: Die Nutzung von Abwärme muss verbessert werden. Die **Dämmung**, also die Vermeidung der Entstehung von Abwärme, wurde oben schon angesprochen. Als Nächstes ist dann zu prüfen, ob **Wärmemengen im Prozess** selbst genutzt werden können, ob ein **anderer Prozess** des Unternehmens oder – sofern nicht möglich – ein benachbartes Unternehmen die Wärmemengen nutzen kann. Die Nutzung der Abwärme ist mit Investitionen für Wärmeübertrager und Leitungen verbunden. Hier ist natürlich auch die Abwärme von strombetriebenen Anlagen (z. B. Druckluft- oder Kälteanlagen) interessant.

In diesem Zusammenhang spielen auch **Wärmespeicher** eine große Rolle (siehe oben). Oft fallen Abwärmemengen und Wärmebedarfe nicht gleichzeitig an. Die Wärmemengen können zwischengespeichert werden. Falls die Temperatur der bereitgestellten Wärme nicht ausreicht, kann eine Wärmepumpe installiert werden, die die gewünschte Temperatur erzeugt (siehe oben). Der Einsatz von Wärmepumpen bietet sich ggf. auch in Kombination mit der Nutzung von erneuerbaren Energien an. Die Solarthermie kann im Sommer bei Mineralbrunnen aufgrund der teilweise niedrigen Temperaturen gut für eine Prozesswärmebereitstellung eingesetzt werden, z. B. in einem Pasteur. Als weitere Einbindungsoptionen ist eine Vorwärmung des Kesselspeisewassers oder eine direkte Erwärmung von Reinigungswasser möglich. Für die Nutzung von Geothermie gilt dies auch. Diese kann dann sogar ganzjährig eingesetzt werden.



Strombereich

Die Stromanwendungen werden in die Bereiche Druckluft, Kälteerzeugung, Kühlung und Klimatisierung, Raumlufttechnik, elektrische Antriebe, Pumpen und Beleuchtung unterteilt.



Druckluft

Wie in fast allen Branchen ist auch bei den Mineralbrunnen eine zunehmende Automatisierung festzustellen. Während es früher nur einige wenige Einsatzbereiche für Druckluft gab, ist heute in einer Vielzahl von Funktionsaufgaben bei der Ventilsteuerung, den Verpackungsmaschinen und der Produktförderung auf den Drucklufteinsatz nicht mehr zu verzichten.

Druckluft stellt eine sehr kostenintensive Energieform dar. Oft werden lediglich rund 4% der bei der Druckluftherzeugung aufgewendeten elektrischen Energie in Nutzenergie umgewandelt. Die restlichen 96% werden in Form von Wärme an die Umgebung abgegeben.

Druckluftbedarf reduzieren

Als Erstes sollte daher über die **Substitution von Druckluftverbrauchern** nachgedacht werden. Aufgrund des hohen Energiebedarfs bei der Druckluftherzeugung sollte – wenn möglich – auf den Einsatz von Druckluft verzichtet werden. Der Druckluftbedarf sollte so weit wie möglich abgesenkt werden.

Viele Druckluftanwendungen können mit elektrisch angetriebenen Systemen ersetzt werden. Dies ist zum Beispiel bei Ausleitsystemen für Behälter oder Gebinde möglich. Auch pneumatisch angetriebene „Rüttler“, um Behälter im Massenstrom im Einlauf einer Maschine „aufzulockern“ (zum Beispiel Schrumpfpacker), können elektrisch angetrieben werden.

Vor allem in Bereichen von Abblasungen muss das erforderliche Druckniveau betrachtet werden. Solche Abblasungen werden häufig vor Inspektionssystemen eingesetzt. Hierbei können Druckluftanwendungen zu meist von einfachen Gebläsen ersetzt werden.

11 Betrieb 1: Ensinger Mineral- und Heilquellen

Umbau der Abblasung vor der Kontrollanlage (z. B. Verschlusskontrolle) der Abfüllanlage. Einbau eines 1,1 kW Seitenkanalgebläses als Druckluftersatz (in Eigenregie).

Einsparung: 40 m³ Druckluft pro Stunde, etwa 4.000 €/a | Investitionssumme inklusive Montage < 4.000 € | Amortisationszeit < 1 Jahr

Betrieb 2: Rheinfelsquellen H. Hövelmann

Ebenfalls Umbau der Abblasung vor dem Leerflascheninspektor von Druckluft auf Seitenkanalverdichter. Einsparung von 4,8 kW_{el} auf 2,2 kW_{el}. **Somit insgesamt Einsparung von 55%**





Die Verwendung von Druckluft für Reinigungszwecke ist möglichst zu vermeiden, da der Schmutz nicht abgeführt, sondern ausschließlich im Raum verteilt wird. Sofern dies nicht möglich ist, sollten Spardüsen eingesetzt werden. Diese saugen über das Venturi-Prinzip⁷ Fremdluft an. Somit kann entweder bei gleichem Druckluftbedarf die Luftmenge erhöht und somit die Reinigungsdauer oder der Druckluftbedarf reduziert werden. Alternativ kann je nach Anwendungsfall der Einsatz von Staubsauganlagen empfohlen werden. Sofern dies möglich ist, ist dies einer Druckluftanwendung vorzuziehen.

In einigen Unternehmen wird eine nicht unerhebliche Druckluftmenge in Systemen zur Luftbefeuchtung eingesetzt. Alternative Systeme zerstäuben das Wasser ausschließlich mit Hochdruckpumpen, sodass keine zusätzliche Druckluft benötigt wird.

Parallel sollte das **erforderliche Druckband** ermittelt und reduziert werden. Dies geschieht durch das stufenweise Absenken des Druckbandes um jeweils 0,1 bar bei gleichzeitiger Beobachtung von Problemen in der Anwendung. Sollten Maschinen aufgrund des geringeren Druckluftniveaus eine Störung anzeigen, so ist zuerst die Neueinstellung des Abschaltensensors dieser Maschinen auf ein niedrigeres Niveau zu prüfen. Dabei muss natürlich die Funktion weiterhin gewährleistet werden. Ein Absenken des Druckbandes deutlich unter 7 bar ist in vielen

Betrieben möglich. Je nach Ausgangssituation ermöglicht die Absenkung des Betriebsdruckes um 1 bar eine Energieeinsparung von 6 bis 7%.

Sollte die Luftmenge bei einer Anwendung nicht ausreichen, kann vor einer Maschine ein zusätzlicher Windkessel installiert werden, um kurzzeitige Abnahmespitzen abzufangen. Denkbar ist auch die Installation eines **Boosters** (einem dezentralen Kompressor mit kleinerem Netz) vor solchen Anwendungen, um an dieser Stelle das Druckband anzuheben.

An den Wartungseinheiten der Maschinen kann ebenfalls durch schrittweises Absenken der wirklich notwendige Druckluftbedarf der jeweiligen Maschine ermittelt und eingestellt werden. Dabei sollte in den Bereichen Mixer und Füller die Funktionsfähigkeit während der Reinigungsprozesse mitbetrachtet werden. Hier bzw. zu diesen Zeiten ist ggf. ein höherer Druck erforderlich.

Druckluftinfrastruktur verbessern

Für eine gute Druckluftinfrastruktur sollte die **Rohrleitungsdimensionierung** großzügig erfolgen, da dies einen zusätzlichen Speicher darstellt und für weitere Optimierungen die Grundlage bildet. In einem größer dimensionierten Rohrleitungssystem kann der Leitungsdruck reduziert werden. Des Weiteren sollten die Rohrleitungsführungen möglichst mit wenig Bögen ausgeführt werden, um Strömungswiderstände zu minimieren. In geeigneten Abschnitten sollten automatisch angesteuerte Absperrventile platziert werden, um eine Wochenendabschaltung eines Teilnetzes zu ermöglichen. Vor jeder Maschine sollte zumindest ein Absperrhahn installiert werden. Dies dient dazu, Leckageverluste zu Nicht-Produktionszeiten zu vermeiden.

Druckluftspeichertanks sind in Verbindung mit der **Rohrleitungsdimensionierung** zu betrachten. Grundsätzlich gilt, dass ein großer Puffer für die Umsetzung von Energieeffizienzmaßnahmen hilfreich ist. Druckluftspeicher sollten am Anfang und am Ende eines Netzes platziert werden.

Ein weiterer wichtiger Punkt ist die Leckagen-Vermeidung und -Beseitigung. Netzbereiche sollten **außerhalb der Betriebszeiten abgeriegelt** werden, um Leckagen innerhalb bestimmter Produktionsbereiche zu vermeiden. Diesbezüglich ist eine Kopplung elektrischer Ventile der Druckluftversorgung einzelner Anlagen mit der jeweiligen Maschinensteuerung sinnvoll. Häufig ist dann auch eine vollständige Abschaltung der Kompressoren möglich.

Zur Vermeidung von Leckagen empfiehlt es sich, Schlauchverbindungen durch geschweißte Rohrleitungen

⁷ Siehe Glossar

zu ersetzen. Sofern Druckluftschläuche unvermeidbar sind, sollten diese in einer möglichst hohen Druckstufe (PN 35) ausgewählt werden. Dabei ist jedoch auch der erforderliche Druckluftbedarf zu beachten, da diese Schläuche eine Querschnittsverminderung mit sich bringen. **Schlauchverbinder** sind – soweit möglich – zu vermeiden.

Für die **Leckagebeseitigung** empfiehlt es sich, zum einen die Mitarbeiter über Schulungen zu sensibilisieren, zum anderen regelmäßige Begehungen durchzuführen, um Leckagen zu ermitteln und anschließend zu beseitigen. Die Begehungen können sowohl mithilfe eines Leckage-Suchgerätes mittels Ultraschall oder während der Betriebsruhe auch ohne technische Hilfsmittel durchgeführt werden. Leckagen sind über Instandsetzungsmaßnahmen zeitnah zu beseitigen.

Für die Ermittlung von Kennzahlen empfiehlt sich der Einsatz von Druckluftmessgeräten. Diese sollten zumindest auf Anlagenebene und für eine Gesamtverbrauchsmessung installiert werden.

Kennzahl: Je nach Größe des Druckluftnetzes und je nach Alter der Anlagen reichen 15 – 18 Nm³ Druckluft pro 1.000 Flaschen aus.

Druckluftherzeugung optimieren

Der Austausch von Kompressoren gegen effizientere Modelle ist regelmäßig zu prüfen. Die neuen Kompressoren haben in der Regel IE4-Motoren mit Frequenzumrichter (siehe unten), sind getriebelos (siehe unten) und haben eine moderne Steuerung. Hierbei sind Einsparpotenziale von 20% in der Praxis realisierbar. Dabei ist es wichtig, sich von verschiedenen Herstellern den Stromverbrauch in den verschiedenen Leistungsstufen geben zu lassen und in die Entscheidung einzubringen.

Unterhalb einer Kompressorenauslastung von 85% des Fördervolumenstroms ist eine **Drehzahlregelung** die energetisch und wirtschaftlich günstigere Variante. Mit modernen drehzahlgeregelten Kompressoren können Energieeinsparungen von bis zu 35% gegenüber herkömmlich taktenden Kompressoren erreicht werden.

12 Adelholzener Alpenquellen:
 Installation eines zweiten Druckluftkompressors mit Frequenzumrichter.
Einsparung: 40.000 kWh_{el}/a

Durch Einbindung der Druckluftkompressoren in eine **übergeordnete Steuerung** lässt sich die kumulierte Förderleistung einzeln angesteuerter Aggregate optimal an den jeweiligen Druckluftbedarf anpassen. Hier hat sich der Betrieb von Kompressoren unterschiedlicher Leistungsstufen als vorteilhaft erwiesen. Die Leistungsstufen sollten dabei so gewählt werden, dass eine gleichmäßige Abdeckung des Bedarfsprofils durch Kombination der jeweiligen Fördermengen ermöglicht wird. Zur Bewertung der Druckluftherzeugung können Energiebezugs-kennzahlen gebildet werden. Diesbezüglich bietet sich das spezifische Verhältnis zwischen Strombezug und erzeugter Druckluftmenge an.

In diesem Zuge kann der Austausch des Drucklufttrockners als Kältetrockner gegen eine frequenzgeregelte Maschine ebenfalls sinnvoll sein. Die frequenzgeregelten Maschinen regeln den Kältebedarf nach dem erforderlichen Durchsatz. Grundsätzlich sind Absorptionstrockner so weit wie möglich zu vermeiden.

Bei der Aufstellung von Druckluftkompressoren sollte stets die Temperatur der angesaugten Luft im Betrieb berücksichtigt werden. Je **kühler die Ansaugluft** des Kompressors, desto höher ist die Luftdichte und entsprechend geringer ist der Energiebedarf bei der Druckluftherzeugung. So ergibt sich durch Absenkung der Ansaugtemperatur um 10 K ein Einsparpotenzial beim Strombezug der Druckluftherzeugung von rund 4%.

13 Adelholzener Alpenquellen:
 Die Versetzung der Druckluft-Kompressoren in die alte LKW-Halle führte zu einer Absenkung der Ansauglufttemperatur.
Einsparung: 44.000 kWh_{el}/a

Ein großer Teil der zur Verfügung stehenden Abwärme kann im Rahmen einer **Wärmerückgewinnung** genutzt werden. Bei luftgekühlten Druckluftkompressoren kann die warme Abluft der Kompressoren während der Heizperiode direkt in nahegelegene Produktionsbereiche eingeblasen und zur Raumwärmebereitstellung genutzt werden. Kompressoren mit integriertem Öl/Wasser-Wärmeübertrager eignen sich aufgrund des hohen Temperaturniveaus der ausgekoppelten Wärme (ca. 70°C) für weitere Anwendungsmöglichkeiten wie z.B. die Warmwasserbereitstellung oder Rücklaufanhebung am zentralen Heizungssystem bzw. zur Vorwärmung des Kesselzusatzwassers oder betrieblichen Prozesswassers.

14 Adelholzener Alpenquellen:

Die Abwärme der Arbeitsluftkompressoren wird für das Warmwassernetz sowie für die Beheizung des Empfangs- und Laborgebäudes genutzt.

Die Abwärme der Sterilluftkompressoren wird zur Lagerbeheizung über ein Heizregister und Gebläse genutzt. Zusätzlich wird auch das Kantinengebäude und das Verwaltungsgebäude inklusive Warmwasserbereitung versorgt.

Bei der Neuanschaffung von Kompressoren sollten aus diesem Grund wassergekühlte Anlagen vorgezogen werden. Der nachträgliche Einbau entsprechender Wärmeübertrager sollte stets mit dem jeweiligen Anlagenhersteller abgesprochen werden. Durch die Wärmerückgewinnung aus warmer Druckluft vor der Druckluftaufbereitung kann, neben der direkten Einsparung von Prozesswärme, eine deutliche Entlastung des Drucklufttrockners erreicht werden.

15 Betrieb 1: Modernisierung und Optimierung der Druckluftanlage

2015: 1,2 Mio. kWh_{el}/a Druckluft, 15% Anteil an Gesamtstrombezug

2016: 0,6 Mio. kWh_{el}/a Druckluft, etwa 90.000 €/a

Einsparung: 28 Nm³ DL/1.000 Flaschen

Betrieb 2: RheinfelsQuellen H. Hövelmann

2015: 2,40 Mio. kWh_{el}/a Druckluft inkl. Trockner, 13% Anteil an Gesamtstrombezug

2022: 1,15 Mio. kWh_{el}/a Druckluft inkl. Trockner, 6,7% Anteil → Druckluftbedarf: <17 Nm³ DL/1.000 Flaschen

Eine weitere Möglichkeit der Energieeinsparung ist die Nutzung von **ölfreien Druckluftkompressoren**. Das hat den Vorteil, dass auf die Aktivkohle-Filter verzichtet werden kann. Allein durch die Vermeidung der Aktivkohle-Filter kann das Druckniveau der Druckluftherzeugung um >0,5 bar reduziert und somit 3–4% der Energiekosten eingespart werden.

In Zeiträumen der Betriebsruhe (Wochenende etc.) kann es auch sinnvoll sein, einen **kleineren Kompressor** mit geringer Leistung zu betreiben, um die erforderliche Grundlast der Druckluft mit geringem Energieverbrauch zu erzeugen.

Hochdruckkompressoren

In vielen Mineralbrunnen ist die Blasformmaschine (Produktionsbereich PET) der größte Druckluftverbraucher. Für die Erzeugung von Blasluft für die Streckblasmaschinen werden Kolbenkompressoren als Hochdruckkompressoren ausgelegt. Die zuvor genannten Optimierungsmaßnahmen gelten ebenfalls für die Hochdruckanwendung.

Oft werden bei Optimierungsmaßnahmen Blasdrücke von 15 bis 22 bar erreicht. Eine optimierte Bodengeometrie der Blasform kann sich ebenfalls vorteilhaft auswirken. Eine **Blasdruckreduzierung** sollte jedoch nicht durch die Erhöhung der **Preformtemperatur** ermöglicht werden, da dann mehr Energie für den Blasmaschinenofen verwendet wird und die Stabilität der Flasche abnimmt.

Nach Optimierung der Blasdrücke, sollte die Auslegung des Hochdruck-Kompressors geprüft werden. Ein neuer – ebenfalls **frequenzgeregelter Kompressor** – mit niedrigerer Volumenleistung und niedrigerer Enddruckstufe kann bis zu 40% Energie einsparen.

Kennzahl: Ein guter bis sehr guter Wert liegt bei 6 bar zwischen 0,110–0,112 kWh/Nm³. (Angabe von RheinfelsQuellen H. Hövelmann)

Bei den Hochdruck-Kompressoren sollte ebenfalls der Einsatz von einer Wärmerückgewinnung geprüft werden. Dies ist bei Hochdruck-Kompressoren im Temperaturbereich von bis zu 90°C möglich. Allerdings reduziert sich die elektrische Effizienz dann um ca. 4–5%.

Auch die Ersatzinvestition in eine neue Streckblasmaschine sollte in diesem Zug geprüft werden. Gegenüber einer 15–20 Jahre alten Maschine kann der Energiebedarf für den Ofen und die Blasluft mit einer neuen Maschine um bis zu 50% gesenkt werden.



Kälteerzeugung, Kühlung und Klimatisierung

In vielen Mineralbrunnen werden auch große Energiemengen zur Kühlung benötigt. Häufig anzutreffende Anwendungsfälle sind:

- Kühlung für Streckblasmaschinen (Einweg-Produktion)
- Kühlanwendungen nach Produkterhitzung, z. B. Kurzzeiterhitzung
- Gebäudeklimatisierung
- Sperrwasserkühlung bei Vakuumpumpen des Carbonisierers im Kreislaufprozess
- Kompressorenkühlung bei wassergekühlten Kompressoren

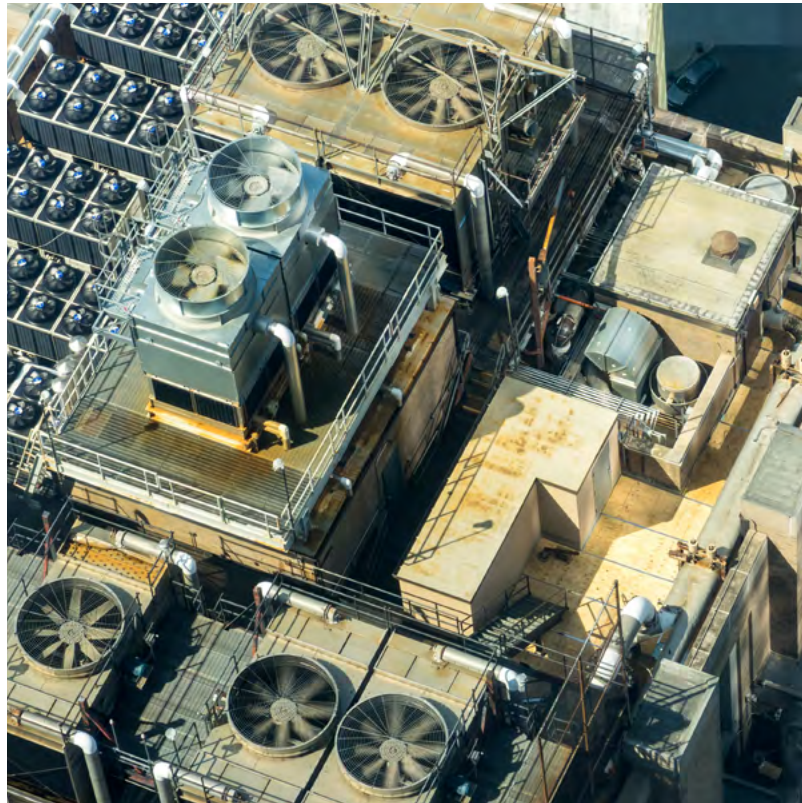
Kältebedarf reduzieren

Das größte Einsparpotenzial bei Kälteanlagen liegt in der **optimalen Auslegung von Verdampfungs- und Kondensationstemperatur**. Je kleiner die Temperaturdifferenz zwischen Verdampfung und Kondensation, desto geringer ist die Druckdifferenz, die vom Verdichter überwunden werden muss, und somit der Energieaufwand für den Betrieb der Kälteanlage. Höhere Kühltemperaturen (zum Beispiel 20°C statt 16°C) ermöglichen höhere Verdampfungstemperaturen. Und niedrigere Außentemperaturen (zum Beispiel Nord- statt Südseite) ermöglichen niedrigere Kondensationstemperaturen. Eine um 1°C **höhere Verdampfungstemperatur** erfordert etwa 1–2% weniger Energieaufwand am Verdichter. Analog zur Verdampferauslegung bewirkt die **Absenkung der Kondensationstemperatur** um 1°C eine Reduzierung des **Verdichterenergiebedarfs** um etwa 3–4%.

Die Abkühlung und Kondensation des Kältemittels erfolgt in der Regel über Verdunstungsrückkühler. In diesen „Kleinkühltürmen“ zirkuliert Wasser, das zur Verminderung der Härte häufig speziell aufbereitet sein muss. Dieses Kühlwasser nimmt die Kondensationswärme des Kältemittels auf und verdunstet teilweise. Die Rückkühler sollten bezüglich der Aufstellung an einem möglichst kühlen Ort platziert werden. Die Übertragerfläche sollte aus Effizienzgründen möglichst groß ausgelegt werden.

Bei Einsatz von Kühltürmen anstelle von geschlossenen Rückkühlern kann die benötigte Kondensationstemperatur aufgrund der Nutzung der Verdunstungsenergie des Wassers erhöht werden. Bei der Investitionsentscheidung hinsichtlich der Wahl der Rückkühlung (offen/geschlossen) sind der Investitionsbedarf, die Kosten für die Wasseraufbereitung bei Kühltürmen und die mikrobiologischen Risiken durch Legionellenwachstum zu berücksichtigen.

Kühlwasserpumpen bzw. Drosselventile an den Produktionsanlagen werden häufig manuell angesteuert. Im



Rahmen einer **automatisierten, bedarfsgerechten Regelung** der Kühlwasserpumpen über Frequenzumrichter kann der Stromeinsatz für Kühlanwendungen reduziert werden. Dafür sollte die Kühlwassermenge am Verbraucher temperaturabhängig und das Fördervolumen zentraler Kühlwasserpumpen druckabhängig geregelt werden. In diesem Zusammenhang sollten die für die Produktion erforderlichen **Mindestparameter** definiert und als Führungsgröße der Regelung verwendet werden.

Bei der Wahl eines **geeigneten Standortes zur Aufstellung von Rückkühlern bzw. Kühltürmen** kann der Wärmeeintrag durch gezielte Ausrichtung der Anlagen verringert werden. So sollten diese nicht nach Süden ausgerichtet angebracht werden. Ventilatoren in Rückkühlwerken sollten temperaturabhängig geregelt werden.

Kennzahlen für Streckblasmaschine: Mittelwert 3,5 bis 4,5 Wh_{th} Kälteleistung pro 1.000 Behälter (natürlich abhängig von den Behältergrößen) mit Vorlauftemperatur Kälteträger von ca. 7°C. Also etwa 105 Wh_{th} – 135 Wh_{th} bei 30.000 Behälter pro Stunde.

Kälteinfrastruktur verbessern

Wie bei dem Thema Druckluft hat auch die Kaltwasserinfrastruktur Einfluss auf den Energiebedarf des Gesamtsystems. Leckagen sind hier kein Thema, da diese sofort auffallen würden.

Für eine gute Kaltwasserinfrastruktur sollte die **Rohrleitungsdimensionierung** großzügig erfolgen. Des Weiteren sollten die Rohrleitungsführungen möglichst mit wenig Bögen ausgeführt werden, um Strömungswiderstände zu minimieren. Da der elektrische Strombedarf kubisch vom Leitungsdruck abhängt, ist der Energiebedarf in einem optimierten Netz deutlich geringer.

Kaltwasserpuffertanks sind wichtig, um eine zu häufige Taktung der Kompressoren zu vermeiden. Grundsätzlich gilt, dass ein großer Puffer für die Umsetzung von Energieeffizienzmaßnahmen hilfreich ist.

Für Kaltwasserleitungen gilt Ähnliches wie für warme Versorgungsleitungen: Die Leitungen sollten mit einer ausreichenden Wärmedämmung ausgestattet sein. Durch Minimierung des Wärmeeintrags in die Infrastruktur kann die Kaltwassertemperatur angehoben und somit die Verdampfungstemperatur erhöht werden (siehe oben) bzw. die Nutzungszeit der Freikühlung verlängert werden (siehe unten).

Kälteerzeugung optimieren

Bevorzugt werden oft aufgrund der niedrigen Investitionen und der guten thermodynamischen Eigenschaften (sehr hohe Verdampfungsenthalpie innerhalb des zur Prozesskälteerzeugung relevanten Temperaturbereichs) Kompressionskälteanlagen. Meistens werden diese aufgrund der gesetzlichen Anforderungen (FCKW-Verbot) mit Ammoniak (NH₃) als Kältemittel betrieben. Neben den kältetechnischen Vorteilen besitzt Ammoniak keinerlei Ozonzerstörungs- oder Treibhauspotenzial. Ammoniak ist jedoch als Gefahrstoff einzustufen (siehe auch F-Gase-Verordnung).

16 RheinfelsQuellen H. Hövelmann: Kurzzeiterhitzung (KZE)

Die erstgenannten Werte geben den thermischen Energiebedarf an. Die Temperaturwerte beziehen sich auf die übliche Temperaturspreizung des Kühlwassers

Energiekennzahl bei Kühlturm:

27 – 33 Wh_{th}/m³ Produkt (53 °C → 26 °C)

Energiekennzahl bei Kaltwassersatz:

12 – 15 Wh_{th}/m³ Produkt (9 °C → 3 °C)

Deutlich höhere Kondensationstemperaturen als geplant deuten entweder auf unzureichende Wärmeabgabeflächen im Verdunstungsrückkühler oder auf starke Verunreinigungen durch Kalkablagerungen bzw. Algenbewuchs hin, die den Wärmeübergang deutlich verschlechtern können. Eine **regelmäßige Überprüfung und Wartung bzw. Reinigung** von Kältemittelverflüssigungs-

systemen ist zu empfehlen. Die tatsächlich vorliegende Kondensationstemperatur kann an der Druckanzeige an den Verdichtern, die in der Regel eine Doppelskala für Druck und Temperatur besitzen, kontrolliert werden.

Sind in einem Betrieb viele kleine Anlagen vorhanden, sollte über eine **Zentralisierung** der Kaltwasserversorgung nachgedacht werden. **Große Anlagen** haben in der Regel einen besseren Nutzungsgrad als kleine Anlagen. Außerdem sind die spezifischen Investitionssummen bei großen Anlagen niedriger. Ein weiterer Vorteil der Zentralisierung ist die einfachere Herstellung von Redundanzen.

In Deutschland kann die Kühlung die meiste Zeit des Jahres über **Freikühlung** erfolgen, d.h. die Kompressionskälteanlage wird umgangen und die Rückkühler direkt angesteuert. Dies ist bei Außentemperaturen unter 15 °C möglich, wenn die Solltemperatur über 20 °C liegt. Bei niedrigeren Solltemperaturen verringert sich die Nutzungszeit der Freikühlung.

Eine weitere gute Alternative zu Kaltwasser aus Kälteanlagen ist die Nutzung von Brunnenwasser. In vielen Fällen reicht die Temperatur aus, um Hallen zu kühlen.

Absorptionskältemaschinen, etwa auf der Basis Ammoniak/Wasser oder auch Wasser/Lithiumbromid, werden nicht zuletzt aufgrund der hohen Anschaffungskosten nach wie vor eher selten eingesetzt. Hinzu kommt, dass die Temperaturniveaus der als „Antriebsenergie“ eingesetzten üblichen Abwärmequellen (Druckluftherzeuger, Abluft aus Trockenanlagen, Restwärme im Abgas von Kesselfeuerungen etc.) oft nicht zur alleinigen Energieversorgung einer Absorptionskälteanlage ausreichen bzw. die Abwärme zeitlich versetzt zum Kühlbedarf anfällt. Wärme muss zusätzlich aus dem betrieblichen Dampfnetz eingekoppelt werden, wodurch sich die Wirtschaftlichkeit einer solchen Anlage deutlich verschlechtert bzw. der Betrieb der Anlage unrentabel wird. Wirtschaftlich interessant wird der Betrieb von Absorptionskälteanlagen überall dort, wo größere, möglichst konstante Abwärmequellen mit Temperaturen oberhalb von 120 °C vorliegen. Dies kann z.B. in Verbindung mit einer Kraft-Wärme-Kopplungs-Anlage realisiert werden – der sogenannten Kraft-Wärme-Kälte-Kopplung.



Raumluftechnik

In vielen Betrieben sind **Lüftungsanlagen überdimensioniert**, nicht erforderlich und/oder werden unabhängig vom jeweiligen Frischluftbedarf betrieben. In Bereichen, in denen ein variabler Volumenstrom aus produktionstechnischen Gründen erforderlich ist, werden häufig Drall-, Drossel- und Bypassregelungen eingesetzt. Die Umstellung auf eine **bedarfsgerechte Regelung über Frequenzumrichter**

ist hier häufig sinnvoll. Hierdurch ergeben sich neben dem verringerten Strombezug der Ventilatoren auch Vorteile bzgl. der Luftqualität in den entsprechenden Bereichen. Zur bedarfsgerechten Regelung des Volumenstromes kann als Führungsgröße z.B. die Feuchte bzw. Schadstoff-/CO₂-Beladung der Abluft gewählt und vorgegeben werden. Zum Teil ist auch eine Kopplung mit der Maschinensteuerung bestimmter Produktionsanlagen sinnvoll. Möglichkeiten zur Einbindung der Lüftersteuerung in eine zentrale Gebäudeleittechnik sollten untersucht werden. Während Stromlastspitzen können Lüftungsanlagen im Rahmen eines **Stromspitzenlastmanagements** (siehe oben „Lastmanagement“) kurzzeitig heruntergeregelt oder abgeschaltet werden.

17 Adelholzener Alpenquellen:

Maßnahmen an verschiedenen Lüftungen: Freigabe der Anlage automatisiert | unnötige Laufzeiten verhindert | Zeitschaltuhr neu programmiert | Betriebsarten und Laufzeiten der Anlage neu eingestellt | Parameter für Entfeuchtung optimiert

Energieeinsparung: 331.900 kWh_e/a

Vorgaben für den erforderlichen **Frischlufbedarf** bzw. für die erforderliche **Luftwechselrate** sind in der Arbeitsstättenrichtlinie zusammengefasst. Hauptkriterien für die Raumluftqualität bzw. den jeweiligen Luftwechselbedarf sind Luftschadstoffe, Feuchtigkeit, Geruch, Wärme und Personenzahl.

Die Verteilung der zugeführten Frischluft erfolgt in der Regel über Zuluftkanäle und verschiedene Luftauslässe. Die Zu- und Abluft sollte gezielt und, wenn möglich, über **Wärmerückgewinnung** betrieben werden. Bei der Auslegung von Lüftungskanälen sollten Strömungswiderstände durch die Wahl großzügiger Kanaldurchmesser, möglichst weniger Umlenkstellen und kurzer Leitungslängen vermieden werden. Luftauslässe sollten an den jeweiligen Anwendungsfall angepasst sein. Hierbei sind insbesondere Zuglufterscheinungen sowie die Luftdurchmischung zu berücksichtigen.



Elektrische Antriebe

Bei elektrischen Antrieben liegt der Energiekostenanteil an den Lebenszykluskosten über 95%. Daher ist, insbesondere beim Austausch defekter Antriebe, der Einsatz **energieeffizienter Motoren** und die Optimierung der Antriebsregelung zu empfehlen. Betrachtungen zur Anlagensoptimierung sollten immer den gesamten Antriebsstrang umfassen und dabei stets auf die anzutreibende Maschine ausgerichtet sein. Idealerweise erfolgt demnach

zunächst die Optimierung der Maschine/Anwendung und dann die Optimierung der Antriebskomponenten inklusive Regelung. Die effektivste Maßnahme ist das mit den vor- und nachgelagerten Prozessschritten abgestimmte **Zu- und Abschalten von Motoren** (z.B. bei der Fördertechnik) d.h., bei Stillstand eines Teilbereiches durch Störung sollten über die Anlagensteuerung sowohl die zu diesem Zeitpunkt nicht benötigten Maschinen und Fördereinrichtungen sowie die Nebenaggregate (wie zum Beispiel Gebläse oder Druckluftanwendung) automatisiert weggeschaltet werden.

18 RheinfelsQuellen H. Hövelmann:

Durch automatisiertes Abschalten von Antrieben im Kastentransport bei Anlagenstillstand konnte bei einer Glas-Mehrweg-Anlage mit >5.000 Betriebsstunden im Jahr eine Energieeinsparung von ca. 90.000 kWh_e/a erreicht werden.

Diese Optimierung wurde durch die eigene Instandhaltung umgesetzt.

2011 wurde die EFF-Klassifizierung elektrischer Antriebe durch die neue IE-Norm ersetzt. IE1 sind wenig energieeffiziente Motoren, IE2 sind besser, IE3 sind noch energieeffizienter usw. Die IE-Klassifizierung wurde in die Eco-Design-Richtlinie übernommen, d.h. die Inverkehrbringung (und damit der Einbau) wenig effizienter Motoren etc. ist verboten. Teilweise wird schon IE4-Standard verlangt.

Im Betrieb ist darauf zu achten, dass Baugröße und Gewicht der effizienteren Motoren größer sind. Der Einsatz von anderem/mehr Material hat z. T. eine Änderung der Motorabmessungen zur Folge: In der Regel sind IE3-Motoren etwas länger als IE1-Aggregate. Der veränderte Platzbedarf muss bei der Planung eines entsprechenden Motorenaustausches berücksichtigt werden. Unter Energieeinsparaspekten sollte bei Austausch eines Motors oder bei einer Neuinvestition immer der Einsatz der Motorenklasse mit der höchsten Effizienzstufe betrachtet werden.

Die **Dimensionierung** und die damit verbundene Auslastung eines Elektromotors haben erheblichen Einfluss auf die Energieeffizienz der jeweiligen Anlage. Zu groß dimensionierte Motoren arbeiten in einem Bereich mit schlechtem Wirkungsgrad und niedrigem Leistungsfaktor. Daher ist bei der Anschaffung von Motoren stets auf eine Dimensionierung zu achten, die auf die tatsächlichen Bedürfnisse abgestimmt ist. Wenn absehbar ist, dass die Leistungsanforderungen auf Dauer geringer sind, sollten überdimensionierte Antriebe gegen Modelle einer kleineren Leistungsklasse ausgetauscht werden.



Anlagen mit periodischer Motorlast können über **intelligente Steuerungen** betrieben werden. Diese erkennen die zyklische Leistungsaufnahme des Antriebs und reduzieren den Strombezug im Teillastbereich.

Die **Kraftübertragung** wird in der Regel genutzt, um eine Kraftumlenkung vorzunehmen (Richtungswechsel), eine Kraftübersetzung bzw. Geschwindigkeitsänderung zu erreichen (Getriebe, Riemen, Ketten usw.), Maschinenteile voneinander zu entkoppeln und Vibrationen am Antrieb zu verringern oder auch als Sicherheitselement (zum Beispiel bei Mühlen).

Zum Zwecke der Kraftübertragung werden hauptsächlich Riementriebe und Getriebe verwendet. Generell gilt: Kraftumlenkung führt zu Energieverlusten und sollte möglichst vermieden werden. Nach Möglichkeit sollten Zahnriemen verwendet werden. Zur Vermeidung/Minimierung dieser Übertragungsverluste können z. B. Riementriebe ohne Kraftübersetzung gegen Direktantriebe mit flexiblen Kupplungen ersetzt werden (i. d. R. Kompressoren, Lüfter). Zur Bewertung der Umsetzbarkeit einer solchen Maßnahme ist immer eine Einzelfallprüfung erforderlich. Eine gute Wartung ist für eine effiziente Kraftübertragung in jedem Fall unabdingbar. Ältere Getriebe (>15 Jahre) weisen in der Regel niedrigere Wirkungsgrade als moderne Getriebe auf. Der Getriebeaustausch allein aus Gründen der Effizienzsteigerung/Energieoptimierung ist für kleinere Anwendungen im Allgemeinen zu kostenintensiv und sollte für Motoren über 30 kW in Betracht gezogen werden. Bei der Auswahl des Getriebes sind zum Beispiel Kegelstirnradgetriebe einfachen Schneckengetrieben vorzuziehen.

Die gängigsten Arten der Antriebsregelung sind Sanftstarter („Rampe“ zum Anfahren/Bremsen des Motors), Polumschaltung (feste Drehzahlstufen 3000, 1500 etc., geringerer Wirkungsgrad) und Frequenzumrichter (variable Drehzahlen möglich). Anlagen mit variabler Drehzahl sollten bedarfsabhängig über einen **Frequenzumrichter** geregelt werden. Neben der erhöhten Effizienz ergeben sich teilweise produktionstechnische Vorteile durch die verbesserte Regelgenauigkeit der jeweiligen Anlage. Typische Anwendungsfälle in einem Mineralbrunnenbetrieb sind Förderanlagen (z. B. Transportbänder, Aufzüge, Hebeeinrichtungen) oder Strömungsmaschinen (z. B. Pumpen, Gebläse).



Pumpen

Bedingt durch Reinigungs- bzw. Förderprozesse, aber auch in den Bereichen der Heizwärmeverteilung, Dampferzeugung und Brunnenwasserförderung ist in den Betrieben eine große Anzahl an Pumpen zu finden. Diese sind häufig aus historischen Gründen **überdimensioniert** bzw. arbeiten in einem **ungünstigen Betriebspunkt**. Insbesondere beim Austausch defekter Pumpen wird diesbezüglich großes Potenzial gesehen. Auch durch Optimierung des Rohrleitungssystems sind Energieeinsparungen möglich.

Einsparpotenziale bei Pumpen werden nach Erfahrung von Unternehmen hauptsächlich im Einsatz **effizienter Antriebsmotoren** gesehen. Allerdings ist die **Pumpengeometrie** bzw. das **Regelverhalten** ebenso entscheidend für eine energieeffiziente Betriebsweise. Diesbezüglich

sollte bei defektem Pumpenantrieb ein Austausch der kompletten Pumpe gegen eine Energieeffizienzpumpe geprüft werden.

Umstellungen in der Produktion und entsprechende Veränderungen der Betriebsbedingungen bzw. der Anlagenkennlinie sollten beim Austausch defekter Pumpen berücksichtigt werden. Daher ist immer eine Auslegung auf Basis der erforderlichen Druckerhöhung, des Volumenstroms und Regelverhaltens der Pumpe notwendig.

Neben der Energiekostenoptimierung ermöglicht die **Drehzahlregelung über Frequenzumrichter** eine genaue Einstellung von Prozessparametern. Wirkungsgrade heutiger Frequenzumrichter liegen zum Teil über 98%. Sinnvoll ist der Einsatz eines Frequenzumrichters bei einer Auslastung des Antriebsmotors zwischen 40 und 80%, dabei muss allerdings immer die Anlagenkennlinie je nach Anwendungsfall berücksichtigt werden. Pumpen, die nicht direkt mit der Produktion gekoppelt sind, sollten, wenn möglich, in das Spitzenlastmanagement eingebunden werden, um ungewollte Lastspitzen zu vermeiden. Zusätzlich kann der Pumpenbetrieb durch ausreichend dimensionierte Vorratsbehälter vergleichmäßig werden.

moöl) sollten mit einer ausreichenden Wärmedämmung ausgestattet sein.

Weitere Optimierungsmöglichkeiten finden sich in der Produktion. In der Flaschenreinigung müssen zum Beispiel beim Aufheizen die Pumpen, die in der Regel hohe elektrische Leistungen haben, nicht mit Vollast betrieben werden. Und im Rinsprogramm kann die Steuerung so optimiert werden, dass der Frischwasserverbrauch reduziert wird.



Beleuchtung

Die eingesetzten Beleuchtungssysteme sind häufig aus energiewirtschaftlicher Sicht verbesserungswürdig. Insbesondere bei der Neuplanung und Modernisierung von Produktions- und Lagerbereichen bzw. Verwaltungsgebäuden können Energieeinsparpotenziale von bis zu 80 % erreicht werden. Neben der erhöhten Lichtausbeute und einhergehender Energiekosteneinsparung kann die Lichtqualität der Beleuchtung durch die Implementierung gezielter Maßnahmen erhöht werden.

Gesetzliche Mindestanforderungen an die Lichtqualität richten sich nach der jeweiligen Sehaufgabe und sind in der Norm DIN EN 12464-1 festgehalten. In vielen Fällen ist die **Beleuchtung überdimensioniert**, sodass eine Absenkung der Beleuchtungsstärke möglich ist. Hauptkriterien zur Bewertung der Lichtqualität von Beleuchtungssystemen sind neben der Beleuchtungsstärke die Blendungsbegrenzung, Lichtfarbe und Farbwiedergabe, Reflexion und die zeitliche Gleichmäßigkeit (Flimmerfreiheit).

In wenigen Betrieben werden noch T8-Leuchtstofflampen mit konventionellen Vorschaltgeräten (KVG) eingesetzt. Durch die **Umstellung der Beleuchtung auf LED-Lampen** ergibt sich je nach Lampenleistung eine Energieeinsparung von bis zu 80 %. Zusätzlich ergeben sich eine Verlängerung der Lampenlebensdauer und demzufolge auch eine entsprechende Reduzierung der Auswechselkosten. Ein reiner Lampenwechsel (= Leuchtmittelwechsel) sollte immer mit dem jeweiligen Anlagenhersteller abgestimmt werden. In der Regel ist es empfehlenswert, die Leuchten und nicht nur die Lampen zu wechseln.

Leuchten in Produktions- und Lagerbereichen sind häufig nicht mit **Reflektoren** ausgestattet oder verfügen lediglich über weiße Reflektorbleche mit geringem Reflexionsgrad. Diesbezüglich ist auch eine nachträgliche Installation von effizienten Spiegelreflektoren sinnvoll. Diese sollten hinsichtlich ihrer geometrischen Gestalt (Wölbung) an die jeweilige Raumhöhe angepasst werden, um eine frühzeitige Lichtstrahlaufweitung zu vermeiden. Insbesondere in Arbeitsbereichen, in denen Reflektoren

19 Betrieb 1: Esinger Mineral- und Heilquellen

Nachrüsten eines Frequenzumrichters bei der Pumpe in der Laugenfiltration. Im Auslieferungszustand lief eine 30 kW Antrieb im Dauerbetrieb. Jetzt durchschnittlich bei 15 kW (in Eigenregie).

Energieeinsparung: 50 %

Betrieb 2: Rheinfelsquellen H.Hövelmann

Laugenfiltration einer PET-Mehrweganlage. Durch Einbau eines Frequenzumformers konnte eine Reduktion von 30 KW auf ca. 6 KW erreicht werden.

Dies entspricht einer Einsparung von 80 %.

Insbesondere in historisch gewachsenen Unternehmen besteht ein hohes Einsparpotenzial im Bereich des Rohrleitungssystems. Durch geringe Leitungsquerschnitte, große Leitungslängen, verwinkelte Rohrleitungen mit einer Vielzahl von Formstücken, aber auch durch Ablagerungen oder Korrosion an den Rohrwandungen werden hydraulische Widerstände und einhergehende Strömungsverluste begünstigt. Diesbezüglich sollten betreffende Leitungsbereiche begradigt und raue durch hydraulisch glatte Leitungen ersetzt werden. Warme Versorgungsleitungen (z. B. von Heißwasser oder Ther-

stark verschmutzen würden, besteht die Möglichkeit spezielle Leuchtstofflampen mit integrierter Reflektorschicht einzusetzen.

Durch die gezielte Wahl heller Wand- und Deckenfarben kann der Raumwirkungsgrad erhöht werden. Verschattungen der Leuchten durch Kabelkanäle, Rohrleitungen, Anlagenkomponenten oder Hochregale sollten vermieden werden.

Sowohl die Anordnung der Leuchten als auch die **Einteilung der Beleuchtungsschaltgruppen** sollte an die jeweiligen Arbeitsbereiche, Sehaufgaben bzw. den Tageslichteinfall angepasst werden. Daher ist vor der Neuinstallation einer Beleuchtungsanlage eine professionelle Auslegung mithilfe einer entsprechenden Planungssoftware sinnvoll. Bei der Platzierung der Lichtschalter ist auf eine ausreichende Kennzeichnung und gute Zugänglichkeit zu achten. Zur Minimierung des Wärmeeintrags und der Blendung auf Bildschirmen in Produktionshallen im Sommer sind insbesondere weiß

gestrichene Fensterflächen an Scheddächern weitverbreitet. Aufgrund des verringerten Tageslichteinfalls erhöht sich der Strombezug für die Beleuchtung. Diesbezüglich liegen in einem Unternehmen bereits positive Erfahrungen zum Einsatz aufklebbarer Wärmeschutzfolien vor. Diese reduzieren den Wärmeeintrag und die Blendung in die Halle, lassen allerdings diffuses Licht zur Raumausleuchtung durch.

In Räumen mit hohem Tageslichteinfall ist eine **tageslichtabhängige Steuerung** der Beleuchtung sinnvoll. Weiterhin bewährt hat sich die Kopplung der Beleuchtung an die Maschinenstromversorgung. Zudem kann die Beleuchtung im Rahmen einer **Zeitsteuerung** an die Betriebszeiten einzelner Arbeitsbereiche angepasst werden. In diesem Zusammenhang sollten Einbindungsmöglichkeiten in eine zentrale Gebäudeleittechnik untersucht werden. Insbesondere in Fluren, Sozialräumen und Lagerbereichen sollten Präsenzmelder zur **Anwesenheitssteuerung** eingesetzt werden.





Supply Chain – Scope 3

Bisher wurde in diesem Leitfaden nur auf Reduktionsmöglichkeiten für die direkt zu beeinflussenden Emissionen aus Scope 1 und Scope 2 eingegangen. Beim CO₂-Fußabdruck müssen aber auch – wie in der Einleitung erwähnt – Emissionen aus Scope 3 berücksichtigt werden.

Die GDB, die im Verhältnis zu den Mineralbrunnen einen Teil des Scope 3 abbildet, führt daher zwei Projekte durch, um ihre Mitglieder bei der Senkung des CO₂e-Fußabdrucks im Scope 3, also im vorgelagerten Teil der Lieferkette, zu unterstützen. Im Folgenden werden die Projekte kurz vorgestellt.



Klimaneutrale Pools

Am 13. Oktober 2020 hat die Generalversammlung der GDB einstimmig beschlossen, die GDB-Poolsysteme bis 2030 in die Klimaneutralität zu führen. Dazu werden seit dem Geschäftsjahr 2019/2020 alle gelieferten GDB Glas- und PET-Poolmehrwegflaschen sowie seit dem Geschäftsjahr 2020/21 alle Poolkästen klimaneutral gestellt und klimaneutral an die Mineralbrunnen geliefert.

In einem parallelen Prozess werden in Kooperation mit den Lieferanten von Flaschen und Kästen die bei der Produktion entstehenden CO₂e-Emissionen sukzessive gesenkt. Die Reduktionsziele orientieren sich dabei als Minimalziel an den Zielen des Pariser Klimaschutzabkommens, nach denen der durchschnittliche durch den Klimawandel verursachte Temperaturanstieg auf möglichst 1,5°C, auf jeden Fall aber auf deutlich unter 2°C im Vergleich zum vorindustriellen Zeitalter beschränkt werden soll.

Das Projekt sieht vor, die im Pool befindlichen Flaschen sukzessive durch klimaneutral gestellte Flaschen auszutauschen. Da ältere Flaschen und Kästen im Zuge der Poolpflege per se kontinuierlich aussortiert werden, steigt der Anteil der klimaneutralen Gebinde in den Pools um durchschnittlich 10 % pro Jahr. Schrittweise

werden die GDB-Mehrwegpools so in die Klimaneutralität geführt. Eine Ausnahme gilt für den N-Pool, der aufgrund des Beschlusses der Verwenderversammlung vom 8. Dezember 2020 rückwirkend vollständig ab Poolstart klimaneutral gestellt worden ist.

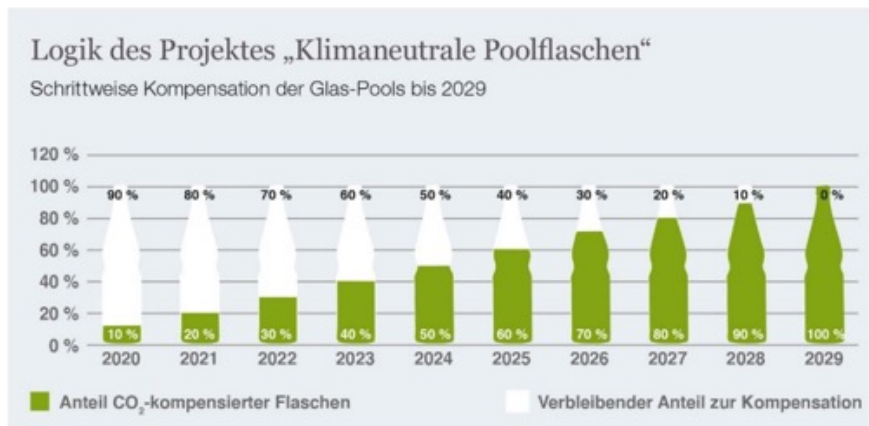
Sofern ein Mineralbrunnen bereits Berechnungen zu einem Product Carbon Footprint (PCF) und/oder markt-basierten Ausgleichsmaßnahmen (CO₂-Kompensation durch Ausgleichsprojekte) durchführt, ist dabei die schrittweise Überführung der GDB-Mehrwegpools in die Klimaneutralität zu berücksichtigen. Für die Berechnung der Werte gilt, dass je nach Berechnungsmethode der aktuelle Bestand an klimaneutralen Flaschen im Pool, den die GDB jeweils zur Generalversammlung berichtet, bzw. alle neu bezogenen Flaschen klimaneutral sind. Die Systemgrenzen hierfür umfassen die gesamte Pro-

duktion inkl. Beschaffung und Transport aller Rohstoffe wie auch den Transport der Flaschen bis zum Erstabfüller.



Klimaschutz in der Lieferkette

Das 2022 initiierte Projekt Klimaschutz in der Lieferkette hat das Ziel, eine bessere Datenbasis für CO₂e-Emissionsdaten von Scope 3-Emissionen in der vorgelagerten Lieferkette von Mineralbrunnen aufzubauen. Das Projekt wird unter Federführung der GDB in Zusammenarbeit mit zehn Mineralbrunnen durchgeführt. Erste Ergebnisse mit konkreten Angaben zum Status von Klimaschutzaktivitäten sowie konkreten Emissionsfaktoren werden für 2024 erwartet. Diese werden GDB-Mitgliedern zugänglich sein.



Die Schritte von 10 % p. a. sind ein Schätzwert. Die pro Jahr eingebrachten Flaschen werden jeweils auf die im Markt befindlichen Flaschen hochgerechnet, sodass für jedes Jahr ein exakter Wert für den Anteil der bereits kompensierten Flaschen vorliegen wird.

Die Kosten für die CO₂-Kompensationen der Verwender, die ihre Produkte klimaneutral stellen, sinken entsprechend in jedem Jahr. Die PET-Pools werden ebenfalls schrittweise kompensiert. Dieser Projektteil wird jedoch aufgrund der kürzeren Verweildauer der Flaschen im Markt früher abgeschlossen sein.



Tipps zu Fördermaßnahmen

Umfangreiche Maßnahmen zur Energieeinsparung, die mittel- und/oder langfristig zu Kosteneinsparungen führen, sind häufig mit erheblichem Kapitalaufwand verbunden. Ihre Umsetzung scheitert in der Regel nicht an ihrer schlechten Wirtschaftlichkeit, sondern vielmehr an der Kapital- und Liquiditätsbelastung. Förderprogramme sowie intelligente Finanzierungsinstrumente können helfen, diese Projekte dennoch umzusetzen.



Förderprogramme

Die Klimaneutralität im Jahr 2045 ist ein gesellschaftliches Ziel, das nicht allein von der Industrie umgesetzt werden kann und muss. Deshalb werden viele Maßnahmen zur Energieeinsparung oder zur Anwendung erneuerbarer Energien vom Bund, vom Land oder von Kommunen gefördert.

Auf eine ausführliche Erläuterung der möglichen Förderprogramme wird in diesem Leitfaden verzichtet, da sich die Förderkonditionen häufig ändern und laufende Förderprogramme beendet sowie neue Förderprogramme aufgelegt werden. Viele Förderprogramme gelten auch nur für kleine und mittelständische Unternehmen (KMU) oder haben für KMU bessere Konditionen. Wir verweisen auf die Internetseiten der entsprechenden Fördermittelgeber bzw. auf ein paar allgemeine Seiten.

Eine weitere Informationsquelle sind die Internetseiten der zuständigen Ministerien.⁸



Finanzierung

Jede Investitionsentscheidung ist untrennbar mit einer Finanzierungsentscheidung verbunden. Im Idealfall erfolgt diese Verbindung auf der Basis eines auf das Unternehmen zugeschnittenen Zahlungsplans, der verschiedene Rahmenbedingungen des Unternehmens berücksichtigt, u. a. die steuerliche und rechtliche Situation, die Eigenkapitalquote und damit die Kreditwürdigkeit bzw. das Rating des Unternehmens und die bestehenden Kreditlinien.

Die oben erwähnten Förderprogramme bieten sowohl Zuschüsse als auch Finanzierungen an.

⁸ <https://plusplusprinzip.de/vorteile-berechnen/#/vorteilsrechner>
<https://tool.energy4climate.nrw/foerder-navi>
https://www.bafa.de/DE/Energie/Energieeffizienz/Energieeffizienz_und_Prozesswaerme/energieeffizienz_und_prozesswaerme_node.html



Fazit

Zusammengefasst kann festgehalten werden:



01 Ausgangspunkt für die Identifizierung von Energieeinsparmaßnahmen und die Erstellung eines CO₂-Fußabdrucks sind eine sorgfältige Erfassung des energetischen IST-Zustandes und die Erstellung einer Treibhausgas-Bilanz.



02 Die mittel- und langfristige Ausrichtung der Energieversorgung hängt stark von den politischen Vorgaben ab. Unbestritten ist, dass die zukünftige Energieversorgung ohne fossile Energieträger auskommen muss. Vier Alternativen sind denkbar: Elektrifizierung, Einsatz von Biogas oder Biomasse, Einsatz von Wasserstoff oder Einsatz von synthetischen Kohlenwasserstoffen (z. B. Methan als Erdgasersatz).



03 Bei der Umsetzung von Energieeinsparmaßnahmen geht es in aller Regel nicht darum, mit einmaligen Maßnahmen den Betrieb effizient zu gestalten und den „großen Wurf“ zu erreichen. Vielmehr muss das Thema dauerhaft und langfristig angegangen werden. Die einzelnen Bereiche müssen kontinuierlich und beharrlich immer wieder analysiert und überprüft und nach dem jeweiligen Stand der Technik fortentwickelt werden.



04 In allen Bereichen – Wärme, Druckluft, Kühlung, Lüftung, Beleuchtung... – gibt es kurzfristige Maßnahmen, die ohne große Investitionen umgesetzt werden können. Viele mittel- und langfristige Maßnahme erfordern zwar Investitionen, sind aber ebenfalls oft sehr lukrativ. Die hier aufgeführten Best-Practice-Beispiele verdeutlichen das.



05 Gehen Sie nicht zu viel auf einmal an. Nehmen Sie sich lieber Maßnahme für Maßnahme vor.



06 Es lohnt sich, Angaben und Voreinstellungen der Anlagenhersteller zu hinterfragen. Diese basieren oftmals auf „historischen“ Werten und beinhalten zusätzlich einen variablen Sicherheitskorridor. Gleiches gilt für alle Parameter: Hinterfragen Sie jeden Wert!



07 Keine Angst vor Fehlschlägen und Fehlern! Letztlich darf der Mut zur Umsetzung nicht fehlen. Oftmals fehlt es nicht an guten Ideen von Mitarbeitern. Diese werden ihre Ideen aber nur dann vorbringen, wenn sie im Unternehmen dazu ermutigt werden, sich einzubringen und bei Fehlschlägen nicht mit Vorwürfen rechnen müssen (Stichwort „Rückendeckung durch Vorgesetzte“).



Glossar

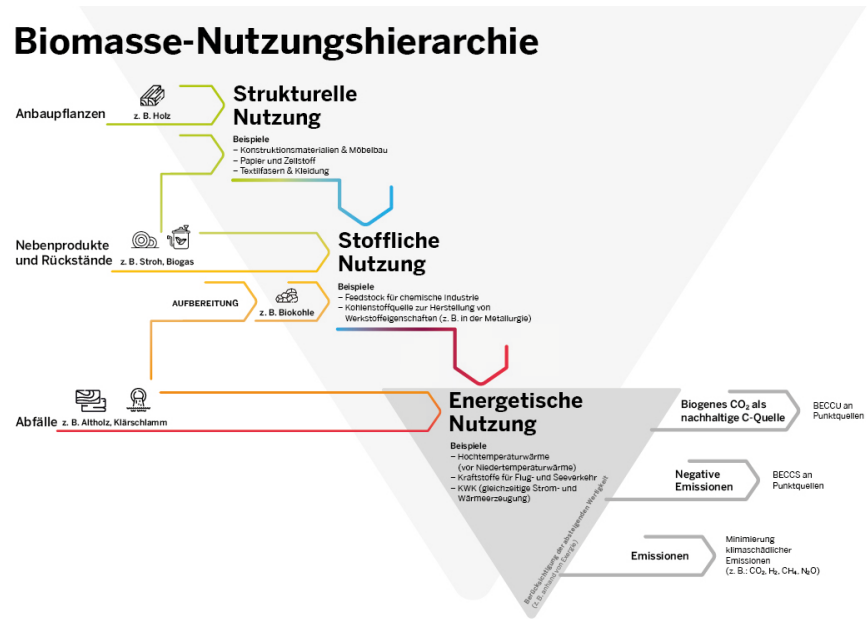
ABC-Analyse

In der Grobanalyse unterstützt die ABC-Analyse bei der Prioritätensetzung für die detailliertere Analyse. Alle Anlagen werden nach installierter Leistung oder – noch besser – nach dem Energiebedarf sortiert und in drei Gruppen A, B und C aufgeteilt. Es empfiehlt sich die separate Betrachtung der einzelnen Energieträger Strom, Erdgas, Wärme, Druckluft etc.

A ist dabei „sehr wichtig“, B ist „wichtig“ und C ist „weniger wichtig“. Die ABC-Einteilung kann willkürlich gewählt werden. Empfehlenswert ist, die größten Anlagen (Energieverbraucher), die 50% des Energieträgerbedarfs oder der installierten Leistung ausmachen, in Gruppe A zusammenzufassen. Das sind meistens nur 10% aller Anlagen. In Gruppe B kommen die Anlagen, die 30 oder 40% des Energieträgerbedarfs ausmachen. Das sind meistens 50% der Anlagen. Der Rest kommt in Klasse C. Die Anstrengungen zur Identifizierung von Energieeinsparmaßnahmen konzentrieren sich zunächst auf die Anlagen der Klasse A. Dann folgen Klasse B und Klasse C.

Biomasse-Nutzungshierarchie

Je nach Biomasse-Art sind unterschiedliche Einsatzbereiche möglich und besonders sinnvoll. Um die begrenzten biogenen Ressourcen möglichst effizient einzusetzen, kann die „Biomasse-Nutzungshierarchie“ helfen:



Die Grafik stellt ein vereinfachtes Schema dar und hat keinen Anspruch auf Vollständigkeit. Sie berücksichtigt daher nicht jeden Einzelfall. Je nach Art der Biomasse oder Anwendung können Sonderfälle auftreten.

Abbildung 3: „Biomasse-Nutzungshierarchie“ von NRW.Energy4Climate GmbH.
Literatur: NRW.Energy4Climate GmbH, Rubrik Wärme & Gebäude → Erneuerbare Wärme → Biomasse, <https://www.energy4climate.nrw/waerme-gebäude/erneuerbare-waerme/biomasse>. [Letzter Zugriff am 18.08.2023]

DIN EN ISO 14064-1

Internationale ISO-Norm zur quantitativen Bilanzierung und Bewertung der THG-Emissionen auf Unternehmensebene. Die ISO-Norm teilt die Emissionen in sechs Kategorien auf:

Kategorie 1: Umfasst bei Bilanzierung nach DIN EN ISO 14064 direkte THG-Emissionen durch den innerbetrieblichen Einsatz von Brennstoffen, aber auch durch Flächennutzung. Scope 1 (siehe unten) und Kategorie 1 können weitestgehend synonym verwendet werden.

Kategorie 2: Hierunter fallen bei Bilanzierung nach DIN EN ISO 14064 alle indirekten energiebezogenen Emissionen. Scope 2 (siehe unten) und Kategorie 2 können weitestgehend synonym verwendet werden.

Kategorie 3: Beinhaltet bei Bilanzierung nach DIN EN ISO 14064 den kompletten Transportsektor des Unternehmens.

Kategorie 4 und 5: Die indirekten Emissionen aus genutzten Waren und Produkten werden bei Bilanzierung nach DIN EN ISO 14064 diesen Kategorien zugeordnet.

Kategorie 6: Nicht anders zuordbare Emissionen werden bei Bilanzierung nach DIN EN ISO 14064 der Kategorie 6 zugeteilt.

Literatur: DIN EN ISO 14064-1, Treibhausgase – Teil 1: Spezifikation mit Anleitung zur quantitativen Bestimmung und Berichterstattung von Treibhausgasemissionen und Entzug von Treibhausgasen auf Organisationsebene, Berlin: Beuth Verlag GmbH, 2018.

Greenhouse Gas Protocol

Internationaler Standard des IPCC (Weltklimarat) zur quantitativen Bilanzierung und Bewertung der THG-Emissionen auf Unternehmensebene. Das Greenhouse Gas Protocol (GHG-Protocol) teilt die Emissionen in drei Gruppen („Scopes“) auf:

Scope 1: Beinhaltet bei Bilanzierung nach GHG-Protocol alle direkten Emissionen, die durch den Einsatz von Brennstoffen emittiert werden. Kategorie 1 (siehe oben) und Scope 1 können weitestgehend synonym verwendet werden.

Scope 2: Umfasst bei Bilanzierung nach GHG-Protocol alle indirekten energiebezogenen Emissionen, die beispielsweise durch den Einkauf von elektrischem Strom oder Wärme entstehen. Kategorie 2 (siehe oben) und Scope 2 können weitestgehend synonym verwendet werden.

Scope 3: Fasst bei Bilanzierung nach GHG-Protocol alle weiteren indirekten Emissionen zusammen und ist für die Erfüllung des GHG-Standards nur optional.

Literatur: WBCSD, WRI, „The Greenhouse Gas Protocol, A Corporate Accounting and Re-orting Standard“, 2015. [Online]. Available: <https://ghgprotocol.org/sites/default/files/standards/ghg-protocol-revised.pdf>. [Letzter Zugriff am 18.08.2023].

Greenhouse Gas Protocol, „Corporate Standard Calculation Tool“ [Online]. Available: <https://ghgprotocol.org/>. [Letzter Zugriff am 18.08.2023].

Klimaneutralität

Der Weltklimarat (Intergovernmental Panel on Climate Change, IPCC) definiert Klimaneutralität als einen Zustand, in dem menschliche Aktivitäten zu keinem Nettoeffekt auf das Klimasystem führen.

KMU

EU-Definition: Unternehmen, die weniger als 250 Mitarbeiter beschäftigen und die entweder einen Jahresumsatz von höchstens 50 Mio. € erzielen oder deren Jahresbilanzsumme sich auf höchstens 43 Mio. € beläuft. Weitere Informationen zur Einstufung als KMU sind zum Beispiel bei der KfW erläutert:

Literatur: [https://www.kfw.de/PDF/Download-Center/F%C3%B6rderprogramme-\(Inlandsf%C3%B6rderung\)/PDF-Dokumente/6000000196_M_F_KMU-Definition.pdf](https://www.kfw.de/PDF/Download-Center/F%C3%B6rderprogramme-(Inlandsf%C3%B6rderung)/PDF-Dokumente/6000000196_M_F_KMU-Definition.pdf) [Letzter Zugriff am 18.08.2023]

Treibhausgase

Relevante Treibhausgase sind Kohlestoffdioxid (CO₂), Methan (CH₄), Lachgas (N₂O) und die F-Gase. In Abbildung 4 sind der Beitrag zur Klimaerwärmung der hier aufgeführten Treibhausgase dargestellt. Bei der Bilanzierung werden die Emissionen aller Treibhausgase in Form von CO₂-Äquivalenten berücksichtigt. Nach dem 5. Sachstandsbericht des IPCC hat das Treibhausgas Kohlenstoffdioxid mit knapp 76 % den größten Anteil am menschengemachten Klimawandel.

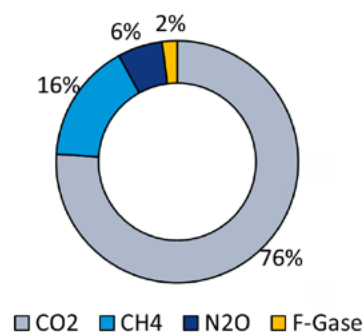


Abbildung 4: Beitrag der wichtigsten Treibhausgase am Klimawandel nach IPCC.

Literatur: IPCC, „Climate Change 2014: Synthesis Report, 5th Assessment Report“, Genf, Schweiz, 2014.

IPCC, „Global Warming of 1,5 °C“, 2018. BMWI, „Energiedaten: Gesamtausgabe 2022“.

Venturi-Prinzip

Das hier genutzte Prinzip wurde von Giovanni Battista Venturi entdeckt. Ein Rohr wird verengt und dann wieder erweitert. An der engsten Stelle des Rohres ist der dynamische Druck (Staudruck) maximal und der statische Druck minimal. Wenn an der engsten Stelle eine Zuleitung ist, wird dort Außenluft angesaugt. So kann die Luftmenge ohne zusätzlich Kosten erhöht werden.

Kontakt & Ansprechpartner.

Nicole Müller
Leiterin Wirtschaft, Technik und Nachhaltigkeit
E-Mail nicole.mueller@vdm-bonn.de
Tel. 0228 95990-14

Impressum.

Herausgeber:

Verband Deutscher
Mineralbrunnen e. V.
Kennedyallee 28
53175 Bonn

1. Auflage November 2023

Gestaltung:

nach morgen
Studio für digitale Produkt und Markenentwicklung
www.nachmorgen.de

Fotonachweis:

Titelbild: Appolinary Kalashnikova auf Unsplash
Seite 4: Noah Buscher auf Unsplash
Seite 6: Lukas auf Pexels
Seite 9: Markus Winkler auf Unsplash
Seite 10: Anna Shvetsauf Pexels
Seite 12: ThisIsEngineeringauf Pexels
Seite 15: Elevate auf Unsplash
Seite 16: Waldemar auf Unsplash
Seite 18: Eric Prouzetauf Unsplash
Seite 19: iSawRed auf Unsplash
Seite 20: Bru-nOauf Pixabay
Seite 23: Sergei A auf Unsplash
Seite 26: Mike Bird auf Pexels
Seite 28: William Daigneault auf Unsplash
Seite 29: Artrachen auf AdobeStock
Seite 31: Cytonn Photography auf Unsplash
Seite 32: Frank Albrecht auf Unsplash
Seite 33: Beau Carpenter

Verband Deutscher
Mineralbrunnen e. V.

Kennedyallee 28
53175 Bonn

Tel. 0228 959900
Fax 0228 373453

E-Mail info@vdm-bonn.de
Web vdm-bonn.de

VDM

Verband Deutscher Mineralbrunnen e.V.