

Die Energieversorgung passt sich an

Der Klimawandel ist bereits heute in Form von regionalen Klimaveränderungen spürbar. Die Auswirkungen des Klimawandels sind äußerst vielfältig und spiegeln sich bei Unternehmen unter anderem in der Herausforderung der betrieblichen Energieversorgung wider. Für Unternehmen aller Branchen ergeben sich daraus Chancen und Risiken, allerdings können auch entsprechende rechtzeitig durchgeführte Anpassungsmaßnahmen an den Klimawandel die Betroffenheit verringern.

Klimaentwicklung in der Modellregion Dresden

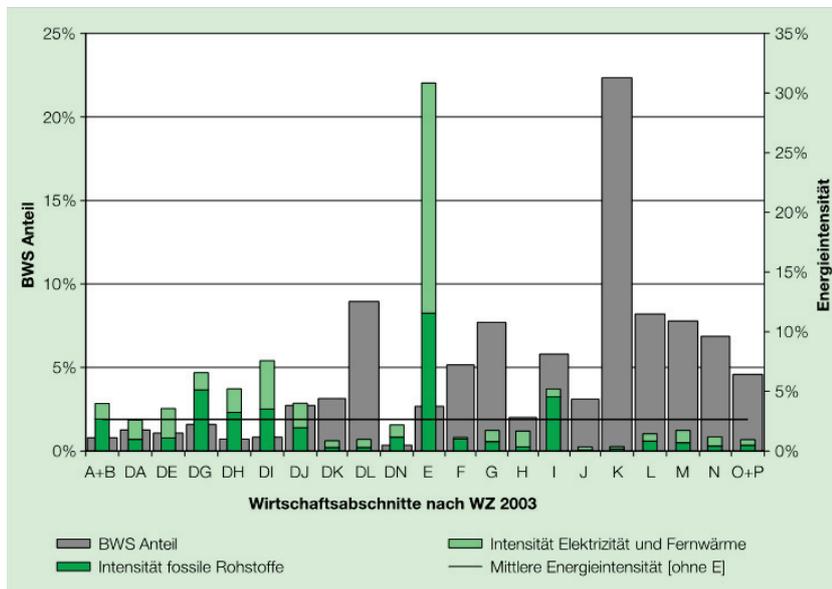
Für die Modellregion Dresden (Abbildung 1) ist mit folgenden Veränderungen zu rechnen: Anstieg der Durchschnittstemperaturen, Zunahme des Niederschlags im Winterhalbjahr und Abnahme der klimatischen Wasserbilanz. Des Weiteren wird sich ein abnehmender Heizbedarf im Winter sowie ein steigender Kühlbedarf im Sommer ergeben. Konkrete Aussagen über Extremwetterereignisse sind nicht machbar, doch ist mit einer Zunahme zu rechnen (Tabelle 1).



(Abbildung 1)
REGKLAM-Modellregion Dresden

Energieintensität ausgewählter Wirtschaftsbereiche

Aus Abbildung 2 geht hervor, dass das Verarbeitende Gewerbe, und davon insbesondere Glasgewerbe, Herstellung von Keramik, Verarbeitung von Steinen und Erden (DI), Herstellung von chemischen Erzeugnissen (DG), Herstellung von Gummi- und Kunststoffwaren (DH), aber auch Verkehr und Nachrichtenübermittlung (I) sowie Land- und Forstwirtschaft und Fischerei (A+B) energieintensiv sind und dadurch vom Klimawandel eher betroffen sind als andere Branchen.



(Abbildung 2)

Wirtschaftliche Relevanz und Energieintensität ausgewählter Wirtschaftsbereiche der Modellregion Dresden 2006 (Auerswald & Vogt, 2010)

DA - Ernährungsgewerbe und Tabakverarbeitung; DE - Papier-, Verlags- und Druckgewerbe; DJ - Metallherstellung und -bearbeitung, Herstellung von Metallernzeugnissen; DK - Maschinenbau; DL - Herstellung von Büromaschinen, Datenverarbeitungsgeräten und -einrichtungen, Elektrotechnik, Feinmechanik und Optik; DN - Herstellung von Möbeln, Schmuck, Musikinstrumenten, Sportgeräten, Spielwaren und sonstigen Erzeugnissen; Recycling; E - Energie- und Wasserversorgung; F - Baugewerbe; G - Handel; Instandhaltung und Reparatur von Kraftfahrzeugen und Gebrauchsgütern; H - Gastgewerbe; I - Verkehr und Nachrichtenübermittlung; J - Kredit- und Versicherungsgewerbe; K - rundstücks- u. Wohnungswesen, Vermietung beweglicher Sachen, Erbringung von wirtschaftlichen Dienstleistungen, anderweitig nicht genannt; L - Öffentliche Verwaltung, Verteidigung, Sozialversicherung; M - Erziehung und Unterricht; N - Gesundheits- und Veterinär- und Sozialwesen; O-P - Erbringung von sonstigen öffentlichen und persönlichen Dienstleistungen; Private Haushalte mit Hauspersonal

(Tabelle 1)
Einflüsse des Klimawandels
(Bernhofer et al., 2011)

Zeitscheibe	1961-1990 Messung	1991-2005 Messung	2021-2050 Modelle	2071-2100 Modelle
	Mittelwert	Änderung	mittl. Änderung (Spannweite)	mittl. Änderung (Spannweite)
Mittlere Jahrestemperatur (°C)	8,3	+0,6	+1,0 (+0,5 bis +1,4)	+2,8 (+0,4 bis +3,4)
Temperatur Sommerhalbjahr (°C, April - Sept.)	13,9	+0,8	+0,9 (+0,4 bis +1,3)	+2,4 (+0,3 bis +3,3)
Temperatur Winterhalbjahr (°C, Okt. - März)	2,6	+0,5	+1,0 (+0,4 bis +1,6)	+2,8 (+0,6 bis +3,1)
Anzahl +Sommertage (maximale Temperatur 25°C und darüber)	31,4	+7,2	+9,2 (+2,2 bis +14,4)	+24,7 (+3,7 bis +30,4)

Mittelwerte der Klimakenngrößen von 1961-1990, deren Änderung im Zeitraum 1991-2005 (Messungen) und die mittlere Änderung und Spannweite für die Zeitscheiben 2021-2050 und 2071-2100 (Modelle). Den Werten zur Vegetationsperiode liegen nur die Modelle CLM, REMO und WEREX IV unter dem Szenario A1B zugrunde. Niederschläge (Messung, WEREX IV, WETTREG) korrigiert; Grenztemperaturen Heizgradtage (20°C/15°C), Kühlgradtage (20°C/20°C), Vegetationsperiode (7d≥5°C, 7d≤10°C) (Bernhofer et al., 2011)

Anpassungsmaßnahmen

Die Anpassung an die Auswirkungen des Klimawandels kann auf zwei Wegen erfolgen: durch die Bildung von Anpassungskapazitäten oder durch die Realisierung von Anpassungsmaßnahmen. Die Erhöhung der Anpassungskapazitäten umfasst neben einer Verbesserung des Wissenssystems auch, dass unterstützende Regularien zur Realisierung von Anpassungsmaßnahmen geschaffen werden.

Verbessertes Wissenssystem/ -management:

- Datensammlung und -monitoring
- Forschung
- Bewusstseinsbildung

Unterstützende Rahmenbildung:

- Höhere Kapazitäten bei lokalen Institutionen
- Bildung von Partnerschaften wie PPP
- Unterstützung seitens der öffentlichen Verwaltung

Mögliche Anpassungsmaßnahmen für die Unternehmen sind:

- KWK-Anlagen zur eigenen Strom- und Wärmeerzeugung
- Einsatz einer Kraft-Wärme-Kälte-Kopplungsanlage
- Abschluss von Versicherungen
- Anschaffung eines Notstromaggregats
- Einsparung von Kühlenergie durch Sonnenschutz bei den Produktionsräumen

Kosten des Klimawandels

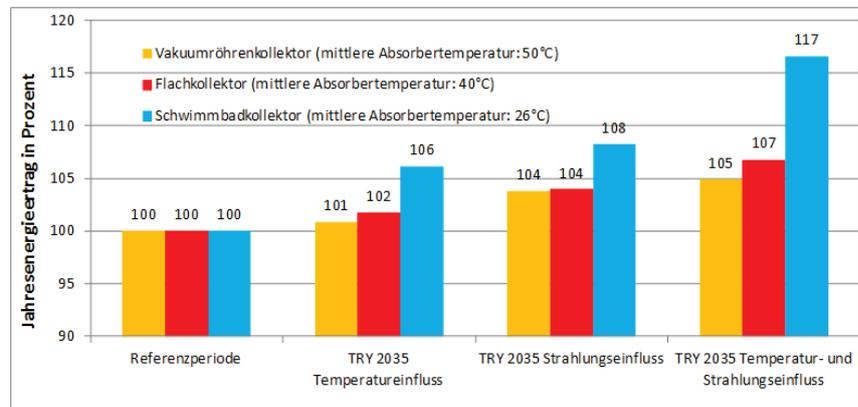
Auf Unternehmensebene spiegeln sich die finanziellen Auswirkungen in der Gewinn- und Verlustrechnung sowie in der Bilanz wider:

- Steigende Betriebskosten aufgrund des erhöhten Energieverbrauchs bei Kühlprozessen sowie der Klimatisierung von Räumen
- Höhere Beschaffungskosten durch steigende Energiepreise
- Höhere sonstige betriebliche Aufwendungen wie Instandhaltungs- und Reparaturkosten
- Investitionen, z.B. in Klimaanlage, Beschattungseinrichtungen, Belüftungen sowie Kühlprozessen
- Höhere Abschreibungen durch Investitionen

Chancen und Risiken der betrieblichen Energieversorgung

Für die betriebliche Energieversorgung ergeben sich basierend auf den klimatischen Veränderungen verschiedene Chancen und Risiken, wobei die Risiken deutlich die Chancen überlagern. Zu den positiven Auswirkungen zählen:

- Senkung des Heizenergiebedarfs aufgrund von durchschnittlich milderen Wintern
- Ertragssteigerung durch Strahlungs- und Temperaturanstieg bei solarthermischen Anlagen; aus *Abbildung 3* geht hervor, dass die Vorteile bei den Schwimmbadkollektoren am höchsten sind sowie, dass der Strahlungseinfluss größer als der Temperatureinfluss ist
- Erneuerbare Energien (wie Solarthermie, PV, Luftwärmepumpen) profitieren von höheren Temperaturen und Globalstrahlungswerten
- Für Wasserkraft-/ Windenergieanlagen sind für Sachsen keine Prognosen möglich
- Thermische Kraftwerke und wärmegeführte KWK-Anlagen haben klimawandelbedingte Nachteile



(Abbildung 3)

Auswirkungen auf solarthermische Anlagen (Herrmann et al. 2013)

Diesen Chancen stehen Risiken gegenüber:

- Potentiell starke Gefährdung durch Extremwetterereignisse
- Steigender Energieverbrauch durch zunehmende Kühlleistung bei Hitzewellen oder durch zunehmenden Heizbedarf bei Kältewellen
- Anstieg der Störungsintervalle und des Serviceaufwands durch höhere Belastung der Kältetechnik im Unternehmen infolge extremer Wärmeperioden
- Steigende Strompreise infolge geringerer Stromerzeugung durch Extremwetterereignisse wie z.B. höhere Temperaturen bzw. Extremtemperaturen, Windereignisse
- Steigende Gaspreise infolge kurzfristig starker Nachfrage bei Kältewellen
- Versorgungsunterbrechung von Elektrizität, Gas und Fernwärme infolge von Hochwasserschäden, Blitz und Gewitter sowie Winderereignissen

Methoden und Instrumente

Für die Analyse der Auswirkungen des Klimawandels und der Ermittlung damit verbundener Anpassungsmaßnahmen stehen verschiedene Methoden und Instrumente zur Verfügung wie z.B. die Szenario-Analyse oder die Risiko-/ Chancen-Analyse (Risikomatrix). Für die Kalkulation der finanziellen Folgen des Klimawandels einschließlich der Anpassungsmaßnahmen können Methoden wie die differenzierte Kostenrechnung, die Lebenszykluskostenrechnung oder der Ökonomisch-Ökologische Nettoeffekt eingesetzt werden.

Szenarioanalyse - Denken in Zukünften

Neben dem Klimawandel sehen sich Unternehmen vielfältigen zukünftigen Herausforderungen gegenüber. Eine geeignete Methode, um sich diesen Herausforderungen bewusst zu werden und geeignete ganzheitliche Anpassungsstrategien zu entwickeln, bietet ein von der TU Dresden (Lehrstuhl für Betriebliche Umweltökonomie) entwickelter Szenarioprozess. Zukünftige unternehmensstrategische Herausforderungen können z.B. sein:

- **Umwelt:** Klimawandel, Extremwetterereignisse, Rohstoffverfügbarkeit, Verfügbarkeit von Energie bei Extremwetterereignissen oder Belastungsspitzen
- **Wirtschaft:** Branchenstruktur, Wettbewerb, Nachfrageentwicklung, Kostenentwicklung
- **Gesellschaft:** Demografischer Wandel, Klimabewusstsein, Carbon Footprint, Kostenbewusstsein in Hinblick auf Energiepreise
- **Technologie:** Komplexität der Speichertechnologie für Energie, Energieeffizienz, Smart Grid, Energiewende im Allgemeinen
- **Politik:** Wettbewerbspolitik, Subventionen, Umweltgesetzgebung und Auflagen (Energieeinsparverordnung); Erneuerbare-Energien-Wärmegesetz; CO₂-Zertifikate-Handel; Verordnung (EG) Nr. 842/2006 über bestimmte fluorierte Treibhausgase; Sächsische AufbauBank: Förderprogramm Energie und Klimaschutz

Da sich die Entwicklungen der individuellen Herausforderungen nicht exakt vorhersagen lassen, ist es vielmehr wichtig, mögliche Ausprägungen und Richtungen zu analysieren (z.B. einen besten und einen schlechtest möglichen sowie einen „business as usual“ Fall). Durch die Kombination verschiedener Ausprägungen lassen sich verschiedene Szenarien erstellen, welche ein Denken in Varianten anregen. Durch das Entwickeln geeigneter Anpassungsstrategien können sich die Unternehmen für mögliche Zukünfte vorbereiten und so Risiken mindern und Chancen nutzen.

Für die Anpassung an die Auswirkungen des Klimawandels können die Unternehmen folgende Anpassungsstrategien anwenden (*Abbildung 4*).

hoch (niedrig)	Substituieren Umstellung auf erneuerbare Energien; flexibler Energiemix	Flexibilisieren Notstromaggregate, Lagerkapazitäten erhöhen, Vertragsgestaltung bzgl. (Strom-) Lieferantenausfall
(Kapitalbindung) (Fristigkeit) (FuE-Zeiten)	Antizipieren effizientere Kühl-/Klimageräte; effizientere solarthermische Anlagen; Umstieg auf Fernwärmeversorgung oder Eigenversorgung	Vermeiden oder Versichern Versicherung für Produktionsausfälle infolge von Extremen, Haftungsansprüche ggü. Energieversorger
niedrig (hoch)	Klimaänderung 1. Ordnung Durchschnittliche Klimaanpassung	Klimaänderung 2. Ordnung Extremwetter- ereignisse

(Abbildung 4)

Anpassungsstrategien-Matrix

Optimierung der Kältetechnik

Für einen Hersteller von Tiefkühlprodukten ergab eine Analyse der klimaabhängigen Produktionsbedingungen, dass die bestehende Kälteanlage einen geringen Wert der Gesamtanlagenleistungszahl ϵ_g von nur 0,77 aufweist. Eine Modernisierung der Kältemittelverdichter und -verdichter unter Beibehaltung der Anlagenkonfiguration würden Leistungszahlen von 2,21 bis 2,70 ermöglichen. Es wurden zwei Szenarien der Auslegung der Anlage betrachtet (*Tabelle 2*).

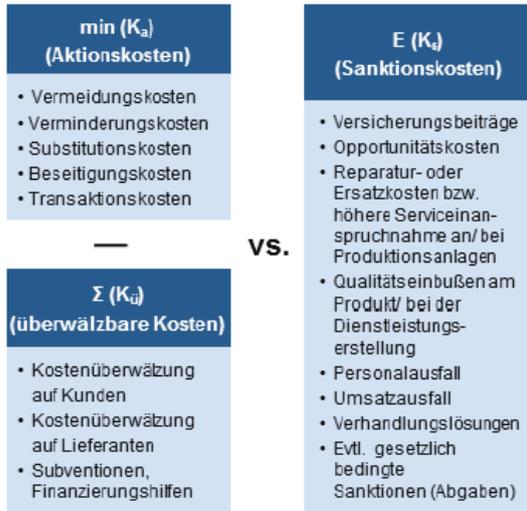
(Tabelle 2)
Szenarien zur Optimierung der Kältemaschinentechnik

	Szenario 1	Szenario 2
Maximallast Kälte in kW	237,44	237,44
Projektierte Anlagenlaufzeit bei Maximallast in h/d	20	12
Notwendige maximale Kälteleistung in kW	285	475
Durchschnittliche Kältelast in kW	152,81	152,81
Durchschnittliche Anlagenlaufzeit in h/d	12,9	7,7
Betriebsstunden pro Jahr in Stunden	4709	2818

Szenario 1 zielt auf eine Minimierung der Investitionskosten durch eine möglichst geringe Anlagenleistung bei hoher Anlagenlaufzeit ab. Vier Stunden Puffer wurden an einem Tag mit geforderter maximaler Kälteproduktion für das Abtauen der Verdampfer und für einen minimalen Spielraum der Leistungsregelung eingeräumt. Aufgrund einer höheren Betriebsstundenzahl liegen die spezifischen Wartungskosten höher.

Szenario 2 fokussiert auf einen möglichst flexiblen Anlagenbetrieb hinsichtlich Leistungsregelung und günstigen Energieeinkaufs. Höhere Investitionskosten werden in Kauf genommen.

Diese Variante könnte sich dann als vorteilhaft erweisen, wenn die Stromversorgung des Kühlhauses auch in Zukunft begrenzt werden soll oder mit dem Stromversorger ein Vertrag zum flexiblen Energieeinkauf vereinbart wird. Die Relevanz dieser Maßnahme als Anpassung an den Klimawandel ist als hoch bis mittel einzuschätzen (Ferchau & Herrmann, 2012).



(Abbildung 5)
Ökonomisch-Ökologischer Nettoeffekt

Weitere Faktenblätter

Im Rahmen des REGKLAM Verbundprojektes wurden - neben dem Schlüsselprozess der Energieversorgung u.a. folgende branchenübergreifende Faktenblätter erstellt:

- **Gebäudehülle und Gebäudekühlung**
- **Personalmanagement**

Zudem werden auch weitere REGKLAM-Faktenblätter und umfangreiches Informationsmaterial zu Klimawandel und Klimaanpassung auf der Projektseite www.regklam.de zur Verfügung gestellt.

Quellen

- AUERSWALD A., VOGT G. (2010): Zur Klimasensibilität der Wirtschaft in der Region Dresden. In: Ifo Dresden berichtet, Vol. 17 (3).
- BERNHOFER, C.; HEIDENREICH, M.; RIEDEL, K. (2011): Klimafakten zur REGKLAM-Modellregion Dresden. Stand Mai 2011.
- HERRMANN, A., LAMPADIUS, B., MEHNERT, M., QUAISER, L., MATSCHULLAT, J., TRIMIS, D. (2013): Auswirkungen des Klimawandels auf den Ertrag von erneuerbaren Energien. Vortrag Freiburger Energiestammtisch (28.01.2013). TU Bergakademie Freiberg.
- FERCHAU, E., HERRMANN, A. (2012): REGKLAM-Ergebnisbericht zu TP 3.1.3- Klimaabhängige Produktionsbedingungen.

Ökonomisch-Ökologischer Nettoeffekt

Kosten, die durch Maßnahmen zur Anpassung an die Auswirkungen des Klimawandels entstehen, d.h. Aktionskosten, können denen des Nicht-Handelns, d.h. Sanktionskosten, gegenübergestellt werden. Zu den Aktionskosten, häufig im Sinne von Investitionskosten zu betrachten, zählen z.B. Kosten in den Hochwasserschutz eines Gebäudes, der Kauf von UV-beständigere Farbe für die Außenfassade des Gebäudes, der Einsatz von Kühl-LKWs zur Auslieferung von Getränken sowie größere Kühllhäuser für Getränke oder Sicherstellung einer hellen Lackierung von Fahrzeugen sowie bessere Isolierung der Fahrzeuge. Zu den Sanktionskosten zählen die in Verbindung mit einem Schadensereignis entstehenden Kosten, wie z.B. Instandhaltungs- sowie Reparaturkosten, aber auch ein durch Hitze bedingter Personalausfall. Des Weiteren sind Umsatzausfälle, steigende Beschaffungspreise, erhöhte Versicherungskosten oder ein zunehmender Serviceaufwand einzukalkulieren. Darüber hinaus ist eventuell mit spezifischen Abgaben für Klimawandelanpassung zu rechnen.

Neben den Aktions- und Sanktionskosten sind die überwälzbaren Kosten zu berücksichtigen, d.h. Kosten, die die Aktionskosten mindern. Ein Beispiel hierfür ist das Überwälzen der Kosten auf die Kunden (Abbildung 5).

Zusammenfassung

Auswirkungen des Klimawandels bringen sowohl Chancen als auch Risiken für die betriebliche Energieversorgung

- Senkung des Heizenergiebedarfs bei mildereren Wintern
- Ertragssteigerung durch Strahlungs- und Temperaturanstieg bei solarthermischen Anlagen
- Steigender Energieverbrauch durch zunehmende Kühlleistung bei Hitzewellen oder durch zunehmenden Heizbedarf bei Kältewellen
- Anstieg der Störungsintervalle und des Serviceaufwands durch höhere Belastung der Kältetechnik im Unternehmen infolge extremer Wärmeperioden

Insgesamt wird die betriebliche Energieversorgung in der Modellregion Dresden von künftigen Klimaänderungen eher negativ betroffen sein. Den Chancen und Risiken des Klimawandels können Unternehmen mithilfe von geeigneten Maßnahmen begegnen, die im Rahmen des Projekts REGKLAM für die Modellregion Dresden entwickelt wurden. Hierzu gehören u.a.:

- Einsatz eines BHKW zur eigenen Stromerzeugung (sowie Nutzung der Abwärme zur Klimatisierung und Kühlung)
- Anschaffung eines Notstromaggregats
- Einsparung von Kühlenergie durch Sonnenschutz bei den Produktionsräumen

Impressum

TU Dresden - Lehrstuhl für BWL, insb. Betriebliche Umweltökonomie - Prof. Dr. Edeltraud Günther, Kristin Stechemesser, Julian Meyr, Jana Herrmann, Anne Bergmann
bu@mailbox.tu-dresden.de

TU Bergakademie Freiberg - Institut für Wärmetechnik und Thermodynamik - Lehrstuhl für Gas- und Wärmetechnische Anlagen - Andreas Herrmann

Projektpartner, Projektförderer und -träger

