



Stadt  
Hauzenberg  
Granitstadt  
Luftkurort

# ENERGIEFIBEL

Für Unternehmen



## ENERGIEFIBEL DER STADT HAUZENBERG

RATSCHLÄGE FÜR  
ENERGIEEFFIZIENTES  
& RESSOURCENSCHONENDES  
BAUEN & RENOVIEREN

# Vorwort | Regierung von Niederbayern

Niederbayern ist in Sachen erneuerbarer Energien Vorreiter. 80 Prozent unseres Stromverbrauchs sind durch sie gedeckt. Damit haben wir rein rechnerisch den höchsten Anteil an erneuerbaren Energien am Gesamtstromverbrauch in Bayern. Dennoch gibt es noch viel zu tun!

Der Klimawandel schreitet voran und seine Folgen werden unser Leben in den nächsten Jahren immer stärker beeinflussen. Fossile und nukleare Brennstoffe sind endlich und können nicht unsere Zukunft sein. Es ist höchste Zeit, die Energiewende weiter voranzutreiben.

Unsere Wirtschaft braucht wettbewerbsfähige Unternehmen. Gerade für das produzierende Gewerbe sind Energiekosten von entscheidender Bedeutung. Dabei senken Maßnahmen zur Steigerung der Energieeffizienz langfristig nicht nur die Kosten. Sie können Investitionen für die heimische Wirtschaft mit sich bringen und die Abhängigkeit von Energieimporten verringern. Die Umweltfibel gibt Ihnen wertvolle Informationen zum Energiesparen und zur Energieeffizienz an die Hand, indem sie verschiedene Bauweisen, Energiestandards und Heizsysteme neutral miteinander vergleicht.

Die Regierung von Niederbayern steht interessierten Unternehmen beratend und unterstützend zur Seite. Das Sachgebiet Wirtschaftsförderung ist bestrebt, Niederbayern als attraktiven Wirtschafts- und Technologiestandort weiterzuentwickeln.

Informieren und begeistern Sie sich für die Energiewende, damit Niederbayerns Unternehmen auch weiterhin zukunftsfähig sind!



**Rainer Haselbeck**  
Regierungspräsident





## Liebe Bürgerinnen, liebe Bürger der Stadt Hauzenberg,

nach einer langen Phase der Skepsis ist die Energie- und Klimaproblematik nun endlich in der breiten Öffentlichkeit angekommen und akzeptiert. Nun gilt es Lösungen für den fortschreitenden Klimawandel zu finden und umzusetzen. Ohne die Unterstützung der Bürgerinnen und Bürger wird es jedoch nicht möglich sein, die Energiewende in Deutschland voranzutreiben. Um die Energiewende erfolgreich umzusetzen, sollte dort angesetzt werden, wo die größten Einsparpotenziale liegen und diese wirtschaftlich und nachhaltig erschlossen werden können.

Ein besonderes Augenmerk liegt hierbei auf dem Gebäudesektor, in welchem ein immenser Teil der Endenergie in Deutschland verbraucht wird. Ziel ist es, durch eine Reduzierung des Energiebedarfs und die verstärkte Nutzung von erneuerbaren Energien die Umwelt zu entlasten, weniger CO<sub>2</sub> zu produzieren und den Bedarf an fossilen Brennstoffen zu verringern. Ebenso ist es wichtig, das Verbraucherverhalten an die sich ändernden Bedingungen anzupassen.

Die Stadt Hauzenberg hat es sich zum Ziel gesetzt, die Potenziale zur Einsparung von Energie zu nutzen und zur Verringerung des CO<sub>2</sub>-Ausstoßes dauerhaft in allen Liegenschaften beizutragen. Doch nicht nur in öffentlichen Einrichtungen sollte auf Energieeffizienz geachtet werden.

Erste Bürgermeisterin  
der Stadt Hauzenberg





# THEMEN

Bauweisen

1

Wärme - , Heizungstechnik

2

Raumheizsysteme

3

Elektrotechnik

4

Raumluftechnische (RLT-)Anlagen

5

Energieeffizienz

6

Förderungen

7

Regionale Baustoffe & Firmen

8

# Inhalt

Seite

Die Stadt Hauzenberg.....	3
Einleitung.....	8
Die Hauptziele eines Nichtwohngebäudesbäude.....	9

## 1 Bauweisen

1.1 Stahlhallen.....	13
1.2 Betonhallen.....	14
1.3 Holzhallen.....	15
1.4 Wandaufbauten.....	16

## 2 Wärme-, Heizungstechnik

2.1 Allgemeines .....	17
2.2 Abwärme.....	18
2.3 Gasheizung.....	22
2.4 Wärmepumpe.....	24
2.5 Fernwärme.....	26
2.6 Hackschnitzelheizung.....	27
2.7 KWK – Kraft-Wärme-Kopplung.....	28
2.8 Brennstoffzelle.....	29

## 3 Raumheizsysteme

3.1 Allgemeines .....	30
3.2 Deckenstrahlplatten.....	31
3.3 Hellstrahler.....	32
3.4 Dunkelstrahler.....	32
3.5 Warmlufterzeuger.....	33
3.6 Torluftschleier.....	33

## 4 Elektrotechnik

4.1 Beleuchtung.....	34
4.2 Photovoltaik.....	36

## 5 Raumluftechnische (RLT-)Anlagen

5.1 Allgemeines.....	40
5.2 Lüften.....	41
5.3 Kühlen.....	42
5.4 Stromanbieter.....	44

6	Energieeffizienz	45
7	Förderungen	46
8	Regionale Baustoffe & Firmen	47
Nützliche Links.....		49

## Neueste Ausgabe der Energiefibel auch online! Immer verfügbar, immer aktuell!

Die Energiefibel finden Sie auch online auf der Website [www.energiefibel.de](http://www.energiefibel.de). Sie finden zu jedem Kapitel einen QR-Code, der Sie direkt auf die entsprechende digitale Seite führt. Die Online-Ausgabe wird in regelmäßigen Intervallen aktualisiert und enthält die aktuellsten Informationen zu Energieeffizienz und Ressourcenschonung rund ums Bauen - Reinschauen lohnt sich!



# Einleitung

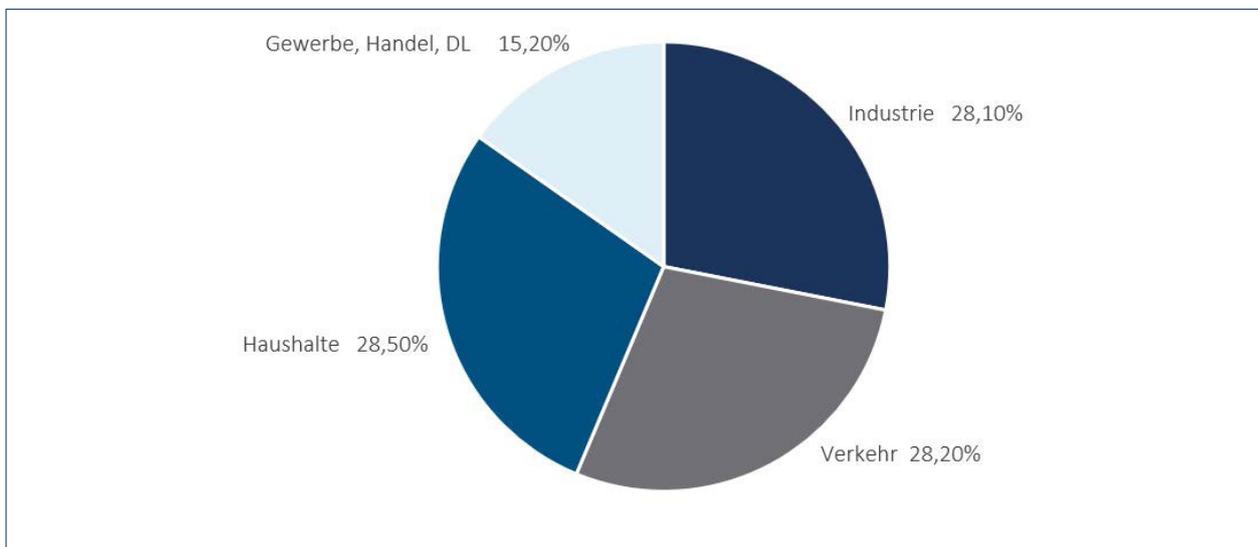
Im Dezember 2015 fand die Pariser Klimakonferenz statt. Eine Jahr später hat die Bundesregierung im Klimaschutzplan beschlossen, dass bis zum Jahr 2030 die Treibhausgas-Emissionen um mindestens 55 % gegenüber 1990 gemindert werden müssen. Bis zum Jahr 2050 sollte diese Minderung 80 - 95% betragen – speziell im Gebäudesektor wurde für diesen Zeitpunkt vollständige Klimaneutralität als Ziel gesetzt. Diese angestrebte Senkung der Emissionen ist von zentraler Bedeutung für das Vorhaben, den globalen Temperaturanstieg auf unter 2 °C zu halten. Das wohl bekannteste Treibhausgas CO<sub>2</sub> (Kohlendioxid) entsteht vor allem bei der Erzeugung von Strom durch unsaubere Quellen wie Kohlekraftwerke, bei der Beheizung von Gebäuden, durch Flugzeugverkehr, Massentierhaltung und unreflektierten Konsum. CO<sub>2</sub> verbleibt im Durchschnitt 120 Jahre lang in der Atmosphäre. Als weitere Folge der konstanten Klimaerwärmung durch Treibhausgase gelten verheerende Wetterphänomene und Naturkatastrophen sowie das Ansteigen der Meeresspiegel, das viele Regionen entlang des Äquators für Menschen unbewohnbar macht.

Doch nicht nur Aspekte des Umweltschutzes, sondern auch die Rohstoff-Vorräte der Erde finden beim Thema Klimaschutz Beachtung: Fossile Energieträger wie Öl oder Erdgas stehen von Natur aus nur in begrenzter Menge zur Verfügung und werden ab einem gewissen Punkt erschöpft sein. Ein wichtiges Ziel der Klimapolitik ist daher eine Reduktion der Verwendung und des Imports fossiler Brennstoffe.

Der Freistaat Bayern hat für seinen Klimaschutzplan folgende Ziele definiert:

- **Stromerzeugung aus erneuerbaren Quellen:** Bis 2021 sollen 50 % des elektrischen Stroms aus erneuerbaren Quellen erzeugt werden (70 % bis 2025).
- **Senkung der energiebedingten CO<sub>2</sub>-Emissionen:** Bis 2020 sollen diese auf deutlich unter 6 Tonnen CO<sub>2</sub> pro Kopf und Jahr reduziert werden (5,5 Tonnen bis 2025).
- **Reduzierung des Wärmebedarfs:** Bis 2021 soll der Wärmebedarf von Gebäuden um 20 % und der industrielle und gewerbliche Prozesswärmebedarf um 15 % gesenkt werden.

Vergleicht man den Energiebedarf der Industrie in ganz Deutschland mit den Sektoren, wird ersichtlich, dass der Bedarf der Industrie auf gleicher Ebene mit den Sektoren Verkehr und Haushalte steht.



**Abb. 1: Aufteilung des Gesamtenergieverbrauchs Deutschlands**

Die Einsparung von Energie – und damit ein Beitrag zum weltweiten Klimaschutz – kann in einem Unternehmen durch diverse leicht umzusetzende Maßnahmen sowie die Nutzung entsprechender Fördermittel umgesetzt werden. Diese möchten wir Ihnen im Rahmen dieser Energiefibel vorstellen.

# Die Hauptziele eines Nichtwohngebäudes

## Energieeffiziente Beleuchtung

Die Steuerung einer Hallenbeleuchtung sollte energiesparend und tageslichtabhängig erfolgen. Ein möglichst großer Anteil an Tageslichtnutzung reduziert die – teilweise erheblichen – Kosten für eine künstliche Beleuchtung und sollte daher bautechnisch frühzeitig eingeplant werden. Ein Fensteranteil von etwa 50 % hat sich hier als optimal erwiesen.

## Vermeidung und Nutzung von Abwärme

Produzierende Unternehmen erzeugen in der Regel viel Abwärme durch Maschinen, Prozesse, Druckluftanlagen und weitere Produktionsmittel. Die Entstehung dieser Abwärme lässt sich meist nicht vermeiden, daher sollte sie sinnvoll genutzt werden: etwa durch eine Zuführung in den Heizkreislauf. Auf diese Weise lässt sich der Energieaufwand für die Gebäudeheizung – ein oft beträchtlicher Kostenfaktor – effizient reduzieren.

## Sommerlicher Hitzeschutz

Eine hochwertige Dämmung, die bereits angesprochene Abwärme und die Entstehung solarer Energieeinträge (die Absorption von Wärme durch Sonneneinstrahlung) können schnell zu einer Überhitzung des Gebäudes führen. Dies lässt sich durch einfache Maßnahmen wie eine Verschattung des Gebäudes in den Sommermonaten vermeiden.

## Vermeidung unnötiger Flächenversiegelung

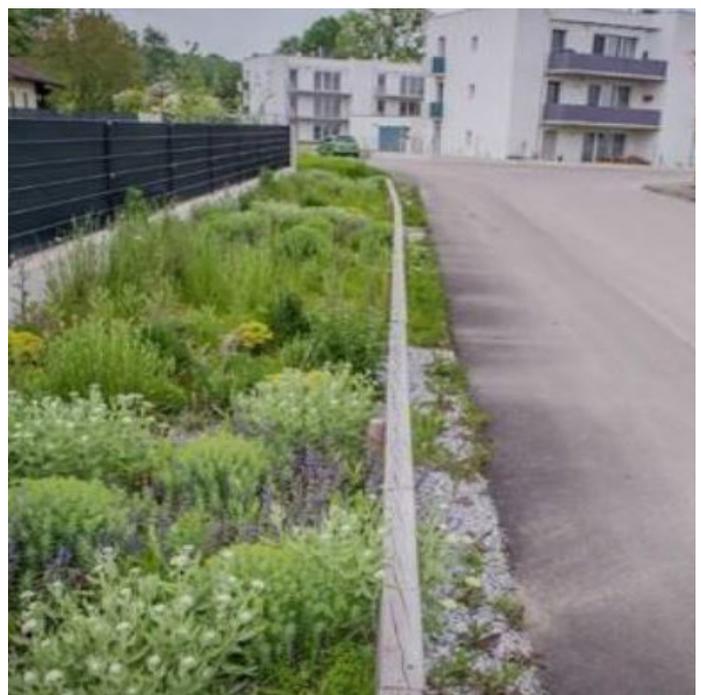
Starke Regenfälle verursachen regelmäßig Schäden an industriellen Infra- und Gebäudestrukturen. Die vermehrte Versiegelung von Bodenflächen wird dieses Problem durch fehlende Abflussmöglichkeiten voraussichtlich weiter verschärfen. Daher sind Überlegungen sinnvoll, die für den Bau erforderliche Versiegelung zu minimieren sowie entsprechende Ausgleichsflächen zu schaffen. Als positiver Nebeneffekt entfällt die kostenaufwändige Ableitung von Regenwasser in die Kanalisation.

Einige Beispiele:

- Zweistöckige Ausführung von Büroräumen in Industriegebäuden
- Ökologische Straßenränder (Speicherung von 500 Liter Wasser pro m<sup>3</sup>)
- Gründächer als Puffermedium für Regen
- Parkplätze mit Rasengittersteinen
- Rasenmulden zur Versickerung bei wasserundurchlässiger Befestigung



**Abb. 2:** Rasengittersteine ermöglichen eine gute Versickerung des Regenwassers



**Abb.3:** Ökostraße

# Gesetzliche Rahmenbedingungen im Überblick

## (EU/National)

### Artikel 20a GG (Klimaschutz)

Laut Grundgesetz obliegt dem Staat die Aufgabe, sorgsam mit den vorhandenen Lebensgrundlagen umzugehen: „Der Staat schützt auch in Verantwortung für die künftigen Generationen die natürlichen Lebensgrundlagen und die Tiere im Rahmen der verfassungsmäßigen Ordnung durch die Gesetzgebung und nach Maßgabe von Gesetz und Recht durch die vollziehende Gewalt und die Rechtsprechung.“

Die Bewahrung von Umwelt und Klima ist also grundlegender staatlicher Auftrag, und demnach auch die damit verbundene Einsparung und effiziente Nutzung von Energie. Klimaschutz ist somit ein verbrieftes Grundrecht zum Schutz der Lebensgrundlage für zukünftige Generationen.

### Rahmenübereinkommen der Vereinten Nationen über Klimaänderung

In diesem 1992 in New York unterzeichneten Abkommen bestätigen die Vereinten Nationen offiziell die Existenz des durch Menschen verursachten Klimawandels. In der sogenannten Klimarahmenkonvention bringen sie die Absicht zum Ausdruck, dieser Klimaveränderung und ihren negativen Folgen entgegenzuwirken.

### Das Kyoto-Protokoll

Eine 1997 getroffene Zusatzvereinbarung zum Rahmenübereinkommen der UN. Es verpflichteten sich die unterzeichnenden Industriestaaten, die Emissionen von Treibhausgasen bis zum Jahr 2020 gegenüber 1990 um 18 - 20 % zu senken.

### EU-Gebäuderichtlinie: Die Richtlinie 2010/31/EU

Diese Richtlinie des Europäischen Parlaments und Rats beschreibt, wie die Energieeffizienz von Gebäuden zu berechnen ist und welche Bedingungen dabei einzuhalten sind. Sie legt Maßnahmen zur Verbesserung der Energienutzung in Gebäuden fest; etwa Energieausweise oder die Prüfung von Heizkesseln, die nicht mit erneuerbaren Energien betrieben werden. Diese Richtlinie wird von den Staaten in nationales Recht überführt. In Deutschland entstand das Energieeinsparungsgesetz (EnEG) und davon abgeleitet die Energieeinsparverordnung (EnEV). In der EU-Gebäuderichtlinie von 2010 ist Folgendes festgehalten: „Neue Gebäude sind ab 2021 als Niedrigstenergiegebäude zu erstellen (Fast-Nullenergiegebäude); öffentliche Gebäude ab 2019.“

### Das Energieeinsparungsgesetz (EnEG)

Dieses Gesetz gilt seit 1976 und schreibt unter anderem die Verwendung von Wärmeschutz und energie-sparender Anlagentechnik vor. Die aktuelle EnEV 2014 (s.u.) konkretisiert die Vorgaben aus dem Energieeinsparungsgesetz weiter.

### Die Energieeinsparverordnung (EnEV)

Im Kern regelt diese Verordnung die energiesparenden Aspekte von Wärmeschutz und Anlagentechnik in Gebäuden. Derzeit gültig ist die EnEV 2014. Die EnEV stellt Anforderungen an zu errichtende Gebäude, einschließlich ihrer heizungs- und raumluftechnischen Anlagen und der Warmwasserbereitung. Sie definiert Mindestanforderungen für den Wärmeschutz (durch Begrenzung des Transmissionswärmeverlustes, also den Wärmeverlust durch Wände und Fenster) und legt Maximalwerte für den Primärenergiebedarf hinsichtlich der CO<sub>2</sub>-Emissionen und der Anlagentechnik fest.

### Das Erneuerbare-Energien-Wärmegesetz (EEWärmeG)

Dieses 2008 verabschiedete Gesetz zur Förderung regenerativer Energien wurde 2014 aktualisiert und gilt seitdem in dieser Form. Eigentümern von neuen Gebäuden wird darin vorgegeben, zu welchem Anteil die benötigte Wärme aus erneuerbaren Energien stammen muss. Hierbei ist ein gewisser Handlungsspielraum gegeben; so lässt sich diese Maßgabe durch solare Strahlungswärme, Biomasse, Geothermie, Abwärmenutzung, Dämmung oder andere Maßnahmen erfüllen. Es kann also die individuell ökonomisch sinnvollste Lösung ermittelt und umgesetzt werden.

### Das Gebäudeenergiegesetz (GEG)

2019 wird die EnEV, das EnEG und das EEWärmeG zu einem Dokument, dem Gebäudeenergiegesetz, zusammengefasst und dabei komplett überarbeitet. Über die aktuellen Gesetze und Anforderungen informiert Sie Ihr Energieberater.

### Das Erneuerbare-Energien-Gesetz (EEG)

Hier sind Abnahme und Vergütung von rein aus erneuerbaren Energiequellen erzeugtem Strom geregelt, also Wind, Sonne (Photovoltaik), Wasser und Biomasse. Der Anteil erneuerbarer Energien an der bundesweiten Stromversorgung soll bis 2020 auf 20 % erhöht werden.



# 1 Bauweisen



**Der aktuelle Hallenbau sieht in der Regel folgendermaßen aus:**

- Fundament, Streifenfundament oder Punktfundament
- Tragwerk aus Säulen und Trägern (Stahl, Holz oder Beton)
- Anbringen von Sandwich-Elementen an das Tragwerk

Die Planung des Dachs sollte von vornherein eine statische Auslegung für eine Photovoltaikanlage beinhalten und bereits integrierte Befestigungen aufweisen. Viele Hallenbauunternehmen bieten ein All-Inclusive-Paket aus Baugenehmigung, Statikberechnung, Ausgrabungsarbeiten, Fundamenterstellung und Hallenaufbau an. Aus ökologischer wie ökonomischer Sicht ist die preisgünstigste Halle jedoch nicht immer die sinnvollste, sodass eine solche Entscheidung stets langfristig und bis zum Ende der angedachten Lebensdauer der Halle geplant werden sollte.



**Abb. 4: Betonpfeiler auf Punktfundament**

## 1.1 Stahlhallen

Durch ihre speziell den Anforderungen von Industriebauten entsprechenden Qualitäten bilden Stahlträgerkonstruktionen den derzeitigen technischen Standard im Hallenbau.

### Vorteile:

- Hohe Baugeschwindigkeit durch Vorfertigung
- Hohe Flexibilität
- Einfache Demontage zum Umzug oder Weiterverkauf
- Geringerer Platzbedarf als bei Betonpfeilern
- Geringer dimensionierte Fundamente
- Wenig Materialtransport zur Baustelle
- Teilweise recyclebar durch Einschmelzen

### Nachteile:

- Exakte Planung des Bauprozesses erforderlich
- Hoher Primärenergieaufwand zur Stahlproduktion
- Festigkeitsverlust im Brandfall



Abb. 5: Montage des Grundgerüsts einer Stahlhalle.

## 1.2 Betonhallen

Eine Massivhalle mit Stützen bzw. Pfeilern aus reinem Stahlbeton kann vergleichsweise zeit- und kostengünstig errichtet werden, weist dafür aber kaum ästhetische Qualitäten auf.

### Vorteile:

- Zeitsparende Bauweise durch Fertigteile
- Hohe Feuerfestigkeit bis 1.100 °C

### Nachteile:

- Größere Stützflächen notwendig als bei Stahlpfeilern
- Ortsgebunden (kein zerstörungsfreier Ab- und Aufbau möglich)
- Nur bedingt recyclingfähig



Abb. 6: Säulen aus Stahlbeton

## 1.3 Holzhallen

In dieser Bauvariante besteht das Grundgerüst aus Stahl- oder Holzträgern, welche komplett mit Holz verkleidet werden können.

### Vorteile:

- Angenehmes Klima
- Natürliche Dämmeigenschaft
- Druckfestigkeit und Tragfähigkeit vergleichbar mit Stahl oder Beton
- Nachhaltiger Rohstoff
- Hohe chemische Beständigkeit
- Geringere Rauchdichte und Toxizität im Brandfall
- Gute Wärmespeicherung

### Nachteile:

- Brandschutzklasse B2 (normal entflammbar)
- Nicht säurebeständig
- Konstruktiver oder chemischer Holzschutz notwendig



Abb. 7: Dachkonstruktion aus Holz.

## 1.4 Wandaufbauten

Den heutigen Stand der Technik beim Thema Wandaufbauten bilden sogenannte Sandwich-Elemente. Als solche bezeichnet man vorgefertigte und gedämmte Paneele, welche auf der Baustelle nur noch montiert werden. Mit solchen Sandwich-Elementen sind Montagegeschwindigkeiten von ca. 600 m<sup>2</sup> pro Tag erreichbar; zudem benötigt die Fassade nach Anbringen der Paneele keine weitere Verkleidung mehr. Anwendungsbereich sind Außenwände und Dach.

Ein Nachteil bei der Verwendung von Sandwich-Elementen mit Blech besteht in den vergleichsweise schlechteren Schallschutz-Eigenschaften. Ferner sind hierbei insbesondere auch die Rückbau- und Entsorgungskosten zu beachten, welche je nach Baumaterial sehr hoch ausfallen können.



### Arten von Sandwich-Elementen

#### Mit Hartschaum:

Verzinktes Blech | PUR/PIR | verzinktes Blech

#### Mit Steinwolle:

Verzinktes Blech | Steinwolle | verzinktes Blech

#### Mit Holz:

Holzplatte | Holzfaserdämmung | Holzplatte  
 Holzplatte | Mineralwolle | Holzplatte



Abb. 8: Sandwich-Elemente.

# 2 Wärme-, Heizungstechnik



## 2.1 Allgemeines

Durch den allgemein hohen Dämmstandard besteht bei Industriegebäuden meist nur ein geringer Wärmebedarf. Während der Betriebszeiten wird dieser oftmals bereits durch die abgegebene Wärme der Produktionsmaschinen und Kompressoren etc. sowie die innerbetriebliche Nutzung der Abwärme gedeckt. Somit ist der Einbau einer kostengünstigen Heizung ökonomisch wie ökologisch sinnvoll. Dabei sollten jedoch auch die individuellen betrieblichen und baulichen Gegebenheiten beachtet werden. Ein neu entstehender Holzverarbeitender Betrieb kann beispielsweise den bei der Produktion entstehenden Holzabfall in Biomasse-Warmluftzeugern verwerten und so die Energiekosten minimieren.

Um wärmetechnisch möglichst effizient zu arbeiten, sollte jede Form von Abwärme genutzt und in den Heizungskreislauf eingespeist werden. Bei modernen Hallenbauten ist vor allem auf eine optimierte Gebäudekühlung im Sommer und Abwärmennutzung im Winter zu achten. Eine installierte Photovoltaik-Anlage, die während der Produktionszeiten Energie liefert, wirkt sich zusätzlich positiv auf die Energiebilanz und damit die Stromkosten aus.

Wichtig: Für den Neubau von Anlagen zur Vermeidung oder Nutzung von Abwärme können Fördermittel beansprucht werden. In diesem Zusammenhang sind unbedingt die Regelungen zum Maßnahmenbeginn zu beachten. Häufig ist vor einer Auftragsvergabe der Antrag zu stellen und die Bewilligung abzuwarten.



## 2.2 Abwärme

In Unternehmensgebäuden, insbesondere in den Produktionshallen, wird Wärme im Überschuss produziert. Es ist daher naheliegend, diese zu nutzen und durch Wärmetauscher zum größtmöglichen Teil in den Heizkreislauf einzuspeisen. Die Installation von Wärmetauschern kann nachträglich erfolgen oder bei einem Neukauf von Maschinen bereits mitberücksichtigt werden.

Wie zuvor bereits ausgeführt sind Investitionen zur Abwärmenutzung oder -vermeidung förderfähig. Wichtig: Förderungen müssen i.d.R. vor dem Kauf der Anlage beantragt werden.

### Mögliche Abwärmequellen:

- Druckluftanlagen
- Trocknungsanlagen
- Maschinen- und Werkzeugkühlung
- Thermische Nachverbrennung
- Dampf
- Abwasser
- Raumluftechnische Anlagen
- Kälteanlagen
- Abgase von Verbrennungsanlagen
- Prozessabluft
- Kraft-Wärme-Kopplungs-Anlagen (KWK)
- Solarthermische Prozesswärme

## Abwärmequellen für Energieeffizienzmaßnahmen.

Das Energieeinsparpotenzial durch die Nutzung industrieller Abwärme wird im Prozesstemperaturbereich ab 60 °C auf etwa 450 Petajoule (PJ) bzw. 125 Terawattstunden (TWh) geschätzt. Dies entspricht einem Energiekosteneinsparpotenzial von ca. 5 Milliarden Euro. Ein Überblick relevanter Abwärmequellen:

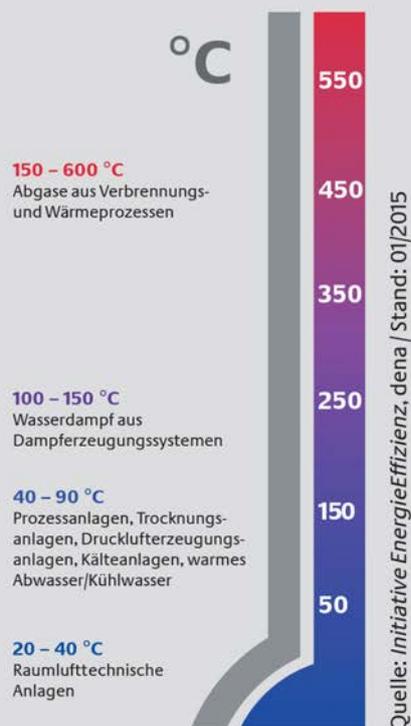


Abb. 9: Abwärmequellen in der Industrie

### Mögliche Abwärmequellen:

Um das effizienteste Verhältnis von Aufwand und Kosten zu erzielen, empfiehlt sich eine Überprüfung der Abwärmenutzung in folgender Reihenfolge:



### Vermeidung von Abwärme:

Grundsätzlich sollte Abwärme möglichst vermieden werden. Probate Mittel hierfür sind eine effiziente Wärmedämmung sowie eine Anpassung der Prozessführung. Auf diese Weise lässt sich dieses Ziel mit dem geringsten Aufwand an Kosten und Planung realisieren.

### Materialien für Wärmedämmung in der Industrie:

- EPS (expandiertes Polystyrol)
- PUR (Polyurethan)
- Graphitfilze
- PF (Phenolharz-Platten)
- Zellulose
- Aerogel-Matten
- XPS (extrudierter Polystyrol-Hartschaum)
- Stein- und Glaswolle
- Schaumglas
- Holzfaserplatten
- VIP (Vakuum-Isolationspaneel)
- Niedrigemissionslacke



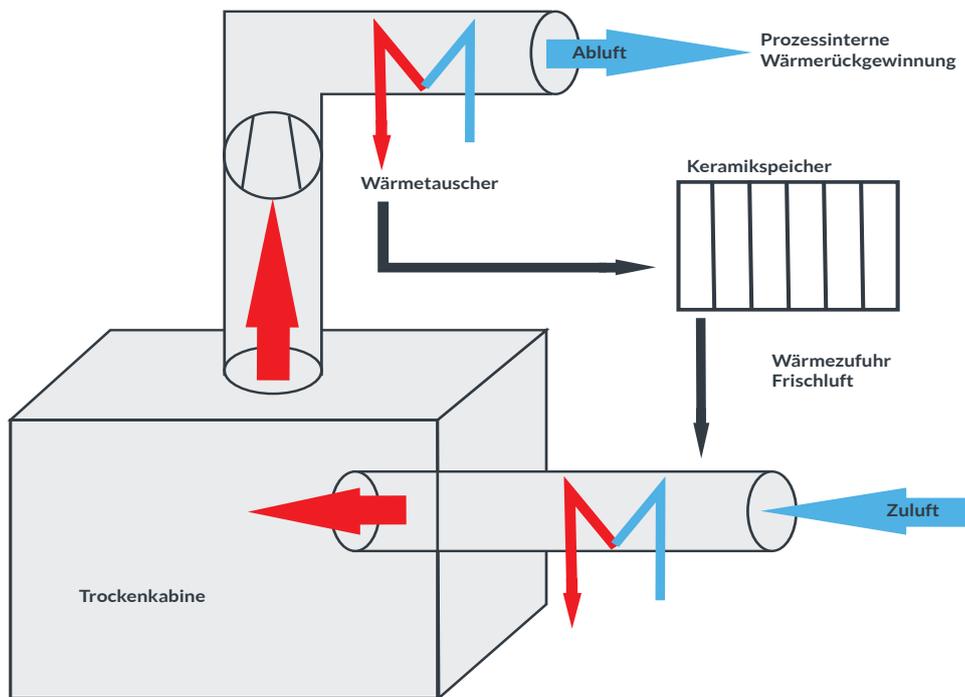
Abb. 10: Gedämmte Rohreitungen

## Prozessinterne Wärmerückgewinnung:

Der kürzeste Weg der Wärmeenergie besteht in der Rückführung in den Ursprungsprozess. So kann beispielsweise die Abluft einer Anlage aufgefangen und der Zuluft zugeführt werden.

Zur Veranschaulichung ein konkretes Beispiel anhand einer KFZ-Lackierkabine:

Für den Trocknungsvorgang wird eine Objekttemperatur von 60 °C benötigt. Nach Beendigung des Vorgangs wird die Abluft durch ein Wärmetauschersystem geleitet, in dem die Wärme für vier Stunden in Keramikspeichern gehalten wird. Diese Wärme kann nun für die nächste Trocknungsarbeit zur Luftvorwärmung genutzt werden.



## Betriebsinterne Nutzung:

Dies ist eine klassische Methode, die Abwärme von verschiedenen Anlagen zu nutzen, wenn die Wärme nicht in den gleichen Prozess zurückgeführt werden kann. Beispielsweise kann warme Abluft ohne Umwandlung direkt über Luftkanäle in die nächste Halle geleitet werden, um diese zu heizen.

Die Abwärme kann auch über Wärmetauscher an ein anderes Medium (wie z. B. Wasser) übergeben und so in den Pufferspeicher eingespeist werden. Auf diese Weise können somit der Heizungs- und/oder der Warmwasserkreislauf erwärmt werden.



**Außerbetriebliche Nutzung:**

Bei manchen Betrieben entsteht so viel Abwärme, dass sie an andere Abnehmer abgegeben werden kann. So könnte zum Beispiel eine Bäckerei ihren Wärmeüberschuss an eine benachbarte Schreinerei abgeben, welche mit Ihren eigenen Anlagen kaum Wärme produziert. Auch eine Abgabe an private Abnehmer ist auf diese Weise denkbar.

**Beispielrechnung für die Wärmerückgewinnung eines Druckluftkompressors:**

Aufnahmeleistung:	12 kW
Betriebsstunden:	2.400 h/a
Teillast:	50 %
Brennstoffkosten:	8 Cent/kWh

**Mit Wärmerückgewinnung:**

Nutzbare Abwärmemenge:	15.400 kWh/a
Kosteneinsparung:	1.200 €/a bei Investitionskosten von 7.000 €
Amortisationszeit:	8 Jahre
Quelle:	Bayerisches Landesamt für Umwelt

Zu diesem Themenkomplex ist eine Förderung in Form eines Zuschusses oder zinsgünstigen Kredits durch die Kreditanstalt für Wiederaufbau (KfW) möglich.

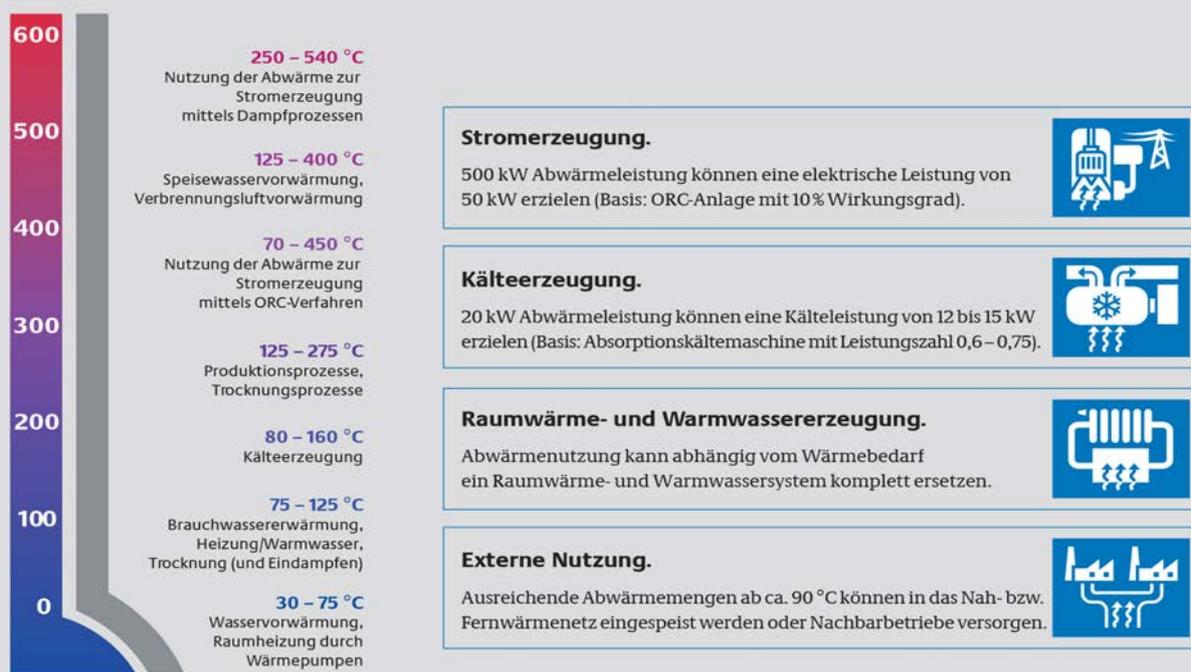
Nur kurz erwähnt werden soll hier die Nachverstromung von Abwärme, da dieser Vorgang eher für große Unternehmen wirtschaftlich ist. Hierbei wird die thermische Energie in Strom umgewandelt.

**Beispiele:**

- Dampfturbine (Wirkungsgrad bis 45 %)
- ORC-Anlagen (Wirkungsgrad 10 - 20 %)
- Stirlingmotor (Wirkungsgrad 10 - 20 %)
- Dampfkolben- und Dampfschraubenmotor (Wirkungsgrad 8 - 20 %)
- Thermoelektrischer Generator (Wirkungsgrad 7 %)

## Nutzungsmöglichkeiten industrieller Abwärme.

Vielfältige Nutzungsmöglichkeiten und Technologien stehen heute zu Verfügung, so kann industrielle Abwärme als Nutzwärme Anwendung finden oder in andere Nutzenergieformen wie Kälte oder Strom umgewandelt werden – entscheidend ist der richtige Temperaturbereich.



Quelle: Initiative EnergieEffizienz, dena | Stand: 01/2015

Abb. 11: Nutzungsmöglichkeiten von Abwärme

## 2.3 Gasheizung

### Vorteile:

- Automatische Steuerung über Regelungssystem
- Geringer Platzbedarf für Therme
- Kein Tanksystem bei vorhandenem Fernanschluss nötig
- Langfristige Nutzung möglich

### Nachteile:

- Fossiler Rohstoff
- Unterirdischer Gastank nötig, falls kein Fernanschluss vorhanden
- Preis voraussichtlich steigend

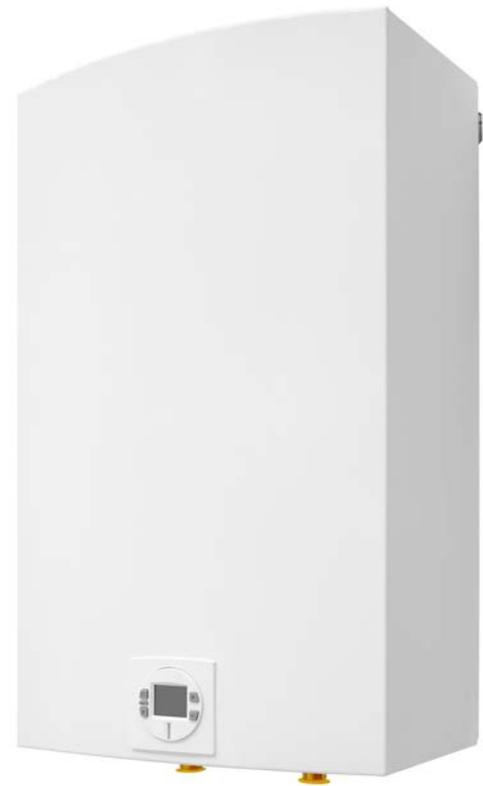


Abb. 12: Gaskessel.

### Funktionsweise:

Der Unterschied zwischen Gastherme und Gaskessel bezeichnet üblicherweise den Größenunterschied der Anlage. Eine Gastherme ist kleiner und wird zumeist an der Wand installiert. Ein Gaskessel ist leistungsfähiger und muss daher bodenständig platziert werden. Die Erwärmung des Heiz- und Warmwassers kann über das Durchlaufprinzip oder die Installation eines Puffer- bzw. Warmwasserspeichers erfolgen. Dieser kann auch direkt im Gerät integriert werden; die Auslegung erfolgt anhand der zu beheizenden Fläche.

Beide Varianten arbeiten nach auf dem neuesten Stand der Technik mit der Brennwerttechnik, sodass sie auch die Wärmeenergie des kondensierenden Abgases nutzen und so einen höheren Wirkungsgrad erzielen.



## 2.4 Wärmepumpe

### Vorteile:

- Geringer Platzbedarf
- Aufstellung meist im Freien
- Hohe Benutzerfreundlichkeit
- Steuerung über PC oder mobile Geräte (Handy, Tablet)
- Heizen und Kühlen möglich

### Nachteile:

- Einsatz von klimaschädlichen Kältemitteln
- Hoher Installationsaufwand bei Wasser-Wasser- und Sole-Wasser-Wärmepumpen (Grabungen, Bohrungen)

### Sonstiges:

Da sich die entstehenden Vibrationen über Erdreich und Mauerwerk über weite Strecken übertragen können, sollte auf eine schallentkoppelte Aufstellung geachtet werden.

### Funktionsweise:

Im Prinzip funktioniert eine Wärmepumpe wie ein Kühlschrank: Wärme wird dem innenliegenden Raum entzogen und auf der Rückseite wieder abgegeben. Dies geschieht mittels eines Kältemittels, welches bei Kühlschranktemperatur verdampft und durch die entstehende Verdunstungskälte dem Kühlraum Wärme entzieht. Im Fall einer Wärmepumpe entsprechen die Umgebungsluft, das Erdreich (Geothermie) oder das Grundwasser dem Kühlraum des Kühlschranks. Das Kältemittel nimmt die Wärme aus einer der Quellen auf, wird im Verdichter auf ein höheres Temperaturniveau gebracht, übergibt die Wärme im Kondensator an den Heizkreislauf des Gebäudes (von gasförmig zu flüssig) und wird in einer Drossel wieder auf Ausgangsdruck entspannt.

Luft



Erde



Wasser



Abb. 13: Luftwärmepumpe

### Leistungszahl (COP-Wert, SCOP-Wert) und Jahresarbeitszahl (JAZ):

Eine Wärmepumpenheizung arbeitet wirtschaftlich, sobald die Leistungszahl einen Wert von  $\geq 3,5$  aufweist. Die Leistungszahl (der sogenannte Coefficient-for-performance- oder COP-Wert) beschreibt das Verhältnis von nutzbarer thermischer Energie zur aufgewendeten (meist elektrischen) Leistung. Das bedeutet: Aus 1kWh aufgewendeter Energie (Strom) werden 3,5 kWh nutzbare Energie (Wärme) erzeugt.

Der COP-Wert allein ist jedoch wenig aussagekräftig, da er nur für einen bestimmten Betriebspunkt (wie z. B. eine Außentemperatur von  $-2\text{ }^{\circ}\text{C}$ ) gültig ist. Ist es kälter, wird auch der COP-Wert schlechter.

Eindeutiger ist der saisonale COP-Wert oder SCOP-Wert: Dieser bezeichnet den Durchschnittswert von verschiedenen Leistungszahlen gemessen an mehreren Betriebspunkten (also bei verschiedenen Temperaturen). Anhand dieses Durchschnitts lässt sich der Wirkungsgrad zuverlässiger benennen.

Die Jahresarbeitszahl JAZ ist die über den Zeitraum eines Jahres ermittelte Kennzahl für die Effizienz einer Wärmepumpe inklusive der gesamten Hausheizanlage. Somit bildet sie also auch auftretende Temperaturschwankungen ab. Die JAZ sollte deutlich über 3,5 liegen, um einen effizienten Betrieb der Wärmepumpe zu gewährleisten.

Beste Voraussetzungen für die Wirtschaftlichkeit einer Wärmepumpe bieten sogenannte Niedertemperaturheizsysteme, also Fußbodenheizungen mit geringer Vorlauftemperatur oder Wandheizungen. Bei gut gedämmten Gebäuden sind auch Niedertemperaturheizkörper denkbar.

Welche Wärmequelle sinnvoll eingesetzt werden kann, sollte vor Ort von einem Fachmann untersucht werden. Luft-Wärmepumpen haben im Vergleich die schlechtesten JAZ-Werte, sind jedoch am günstigsten in der Anschaffung. Wasser- und Erd-Wärmepumpen sind teurer, weisen dafür aber bessere JAZ-Werte auf (bei Wasser  $> 5$ ), da die Temperatur von Grundwasser und Erdreich über das Jahr betrachtet nahezu konstant bleibt. Die Temperatur der Umgebungsluft hingegen liegt im Winter oft bei unter  $0\text{ }^{\circ}\text{C}$ . Unter diesen Umständen kann die Wärmepumpe zwar weiterhin Wärme erzeugen, sie arbeitet aber weniger effizient. Wird das Grundwasser als Wärmequelle genutzt, sind hierzu die gegebenenfalls erforderlichen Genehmigungen einzuholen (Wasserschutzgebiet etc.).

### Kombination mit Photovoltaik-Anlage:

Da sich die aufgewendete Leistung einer Wärmepumpe aus der kostenlos verfügbaren Wärmeenergie der Umgebung und elektrischer Energie (Stromverbrauch durch Verdichter) zusammensetzt, bietet sich die Koppelung mit einer PV-Anlage an, um einen noch effizienteren Wirkungsgrad zu erzielen.

### Sonstiges:

Im Winter können Luft-Wärmepumpen nur bis zu einer gewissen Außenlufttemperatur arbeiten, daher empfiehlt sich eine bivalente Betriebsweise, d. h. die Zuschaltung einer zusätzlichen Heizung (z. B. Elektroheizstab), die bei Bedarf das Heizungs- und Warmwasser im Pufferspeicher erwärmt.

## 2.5 Fernwärme

### Vorteile:

- Hohe Zuverlässigkeit
- Gute Öko-Bilanz bei Nutzung regenerativer Energiequellen
- Wenig Technik im Heizraum nötig
- Keine Kaminkehrer-Gebühren
- Geringe Investitionskosten

### Nachteile:

- Bindung an den Energielieferanten
- Wärmenetz muss errichtet werden

### Funktionsweise:

Fernwärme bezeichnet die Versorgung mehrerer Gebäude mit Wärme durch einen Erzeuger. Die Wärmeerzeugung erfolgt meist in großen Blockheizkraftwerken – also mit Biomasse, Abfällen oder fossilen Brennstoffen befeuerten Heizkraftwerken – oder über Abwärme aus Industrieprozessen. Im Heizraum wird lediglich eine Übergabestation benötigt, welche das erforderliche Heiz- und Warmwasser im Durchlauf erwärmt. Die meisten Gemeinden bieten Informationen über vorhandene Fernwärmenetze an.

Auch die Abwärme-Informationsbörse des Energie-Atlas Bayern eignet sich zur Recherche geeigneter Wärmelieferanten. Diese finden Sie online unter folgendem Link:  
[www.energieatlas.bayern.de](http://www.energieatlas.bayern.de)



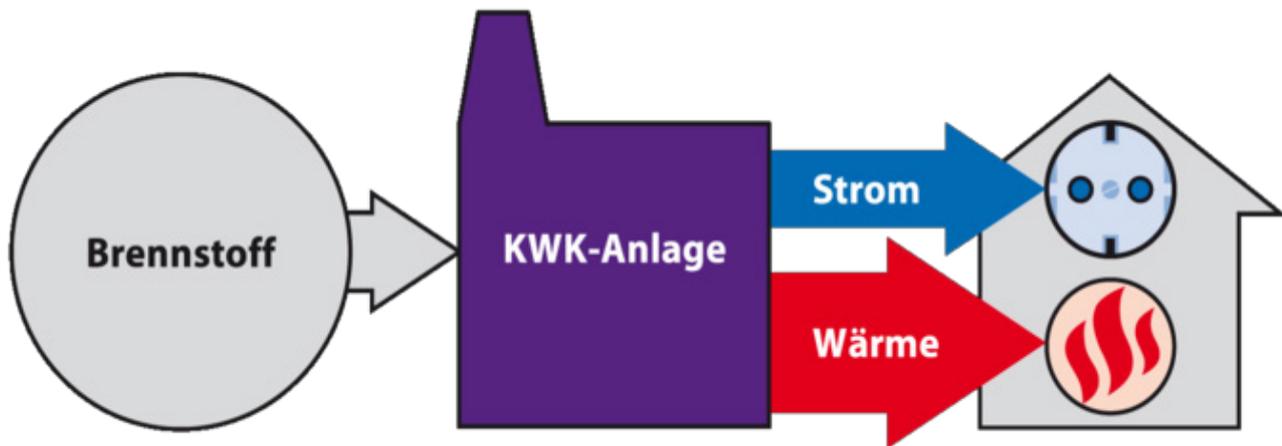
Abb. 14: Einbaubeispiel Wärmeübergabestation.

## 2.6 Hackschnitzelheizung

Ähnlich wie bei einer Pelletheizung werden bei diesem Heizungstyp die Holzhackschnitzel automatisch zugeführt, jedoch ist für die Lagerung des Brennstoffes ein dreimal so großer Lagerraum einzuplanen. Die Ascheentleerung erfolgt entweder über eine Aschebox oder ein Ascheaustragsystem. Benutzerfreundlichkeit und Komfort sind vergleichbar mit denen von Pelletheizungen. Geachtet werden sollte lediglich auf die Qualität der Hackschnitzel bezüglich Feuchtigkeit und Aschegehalt. Bei besonders innovativer Technik (Brennwert, Partikelabscheidung) ist eine Zusatzförderung möglich.. Je nach Anlagentechnik können auch andere biogene Brennstoffe eingesetzt werden (Getreide, Stroh, Heu, Pellets).



## 2.7 KWK – Kraft-Wärme-Kopplung



### Vorteile:

- Vollautomatisch
- Erzeugung von Wärme und Strom für Eigenverbrauch und Einspeisung
- Abdeckung von Stromspitzen

### Nachteile:

- Exakte Berechnung vieler Faktoren notwendig
- Beachtung von Vergütungen, EEG-Umlage etc.
- Hohe Investitionskosten

### Funktionsweise:

KWK bezeichnet als Überbegriff unterschiedliche strom- und wärmeproduzierende Anlagen. Hierzu zählen Blockheizkraftwerke, Brennstoffzellen, Gas- und Dampfturbinen oder Verbrennungsmotoren. Ursprünglich wurde diese Technologie zum Einsatz in Kraftwerken und der Industrie entwickelt, inzwischen existieren jedoch auch Anlagen zur Verwendung bei geringerem Wärmebedarf.

Der Gesamtwirkungsgrad (also der elektrische und der thermische Wirkungsgrad) solcher Anlagen liegt bei 80 - 90%. Der Betrieb erfolgt mit Erdgas, Heizöl, Wasserstoff oder regenerativen Brennstoffen wie Pflanzenöl, Biogas oder Holz. Ausschlaggebend für die Wirtschaftlichkeit einer KWK sind lange Laufzeiten im Vollastbetrieb.

Der Grad der Wirtschaftlichkeit ergibt sich aus den Betriebs- und Wartungskosten sowie Erlösen durch Strom- und Wärmeverkauf. Hinzu kommen zahlreiche Gesetze wie das KWK-Gesetz oder das Energiesteuergesetz und die daraus ableitbare Rückvergütung für die Energiesteuer. Bei Einsatz von Biomasse (Biogas oder Holz) sind weiterhin die Bestimmungen des Erneuerbare-Energien-Gesetzes (EEG) zu beachten.

Denkbare Einsätze von KWK:

- Bei hohem Strombedarf
- Zur Abnahme von Stromspitzen bei Einschaltvorgängen oder zu Produktionsspitzenzeiten
- Bei konstant erforderlicher Prozesswärme

## 2.8 Brennstoffzelle

### Vorteile:

- Gute Regelbarkeit der Leistung
- Hohe elektrische Wirkungsgrade (40 - 65 %) auch im Teillastbereich
- Geringer Wartungsaufwand
- Hohe Zuverlässigkeit
- Niedrige Schall- und Schadstoffemissionen (50 % weniger CO<sub>2</sub>-Ausstoß als bei Gasheizung), bei direkter Wasserstoffversorgung vollständig emissionsfrei
- Vergleichbare Größe mit konventionellen Heizkesseln
- Sehr leise

Zur Optimierung der Umweltbilanz empfiehlt sich die Versorgung der Brennstoffzelle mit Wasserstoff, der in der Region aus erneuerbaren Energien gewonnen wird.

### Nachteile:

- Geringe Betriebserfahrung
- Hohe Investitionskosten
- Durch Umwandlungsverluste keine Direktverwendung von Primärenergie wie Erdgas möglich
- Entweder Wasserstoffinfrastruktur oder Reformer (Bereitstellung des Wasserstoffs aus fossilen Brennstoffen wie Erdgas) notwendig

### Funktionsweise:

Die Brennstoffzelle erzeugt durch einen chemischen Vorgang Strom und Wärme. Der elektrische Wirkungsgrad liegt hier bei ca. 40 %, der Gesamtwirkungsgrad bei 80 - 90 %. Derzeit besteht hierzu die größte Herausforderung in einer möglichst CO<sub>2</sub>-armen Erzeugung und Bereitstellung des Wasserstoffs.

Die meisten Brennstoffzellentypen können zusätzlich mit reformiertem Erdgas betrieben werden, sodass das System in einer Übergangsphase der Installation mit Erdgas betrieben werden kann, um später auf Wasserstoff umzustellen.

Da die Brennstoffzelle selbst nur Wasserdampf an die Umgebung abgibt, führt eine direkte Wasserstoffversorgung vor Ort zu einer wenig komplexen Anlage ohne Schadstoffemissionen – ein direkter und zukunftsorientierter Beitrag zur lokalen Emissionsminderung.



Abb. 15: Brennstoffzellen-Heizung.

# 3 Raumheizsysteme



## 3.1 Allgemeines

### Warmlüfterzeuger

- Geringe Anschaffungskosten
- Be- und Entlüftung möglich
- Schnelles Aufheizen
- Zegerscheinungen und Staubaufwirbelung durch hohe Ausblastemperaturen und Luftgeschwindigkeiten
- Lufttemperatur und Energiebedarf höher als bei ähnlichen Systemen
- Lärmemissionen und zusätzliche Stromkosten durch erforderliche Lüfter
- Teilweise auch in Explosions-Zonen einsetzbar



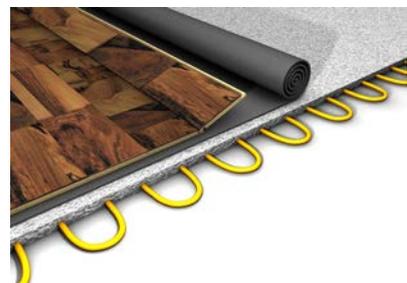
### Strahlungsheizung

- Relativ niedrige Lufttemperatur
- Ausführung als Hellstrahler, Dunkelstrahler und Strahlplatten
- Gleichmäßige vertikale Temperaturverteilung
- Schnelle Reaktion und angenehmes Hallenklima
- Keine Zegerscheinungen oder Staubaufwirbelungen dank geringer Luftgeschwindigkeiten
- Gezieltes Heizen von Teilflächen oder einzelnen Arbeitsplätzen möglich
- Separate Frischluft-Zufuhr für Hellstrahler nötig
- Vorgeschriebene Mindesteinbauhöhen



### Fußbodenheizung (selten in Industriebetrieben)

- Gleichmäßiges Temperaturprofil
- Niedrige Vorlauftemperaturen, daher optimale Nutzung von Brennwertgeräten oder regenerativen Energiequellen
- Geringe Verteilungsverluste
- In Explosions-Zonen einsetzbar
- Hohe thermische Trägheit, daher optimal für dauerhaft beheizte Räume
- Im Sommer als Kühlung nutzbar
- Freie Bodenfläche notwendig
- Problematisch bei erforderlichen Bohrungen (zur Verankerung von Maschinen o. ä.)



Als Standard haben sich in der Raumheizung Luftherhitzer und Dunkelstrahlplatten etabliert, je nach Situation vor Ort und individuellen Anforderungen kann sich ein anderes Heizsystem als wirtschaftlich und ökologisch sinnvoller erweisen. Im Allgemeinen ist Strahlungswärme zu bevorzugen, da diese die Raumlufttemperatur niedriger hält als andere Heizungsvarianten wie Radiatoren, die hauptsächlich Konvektionswärme abgeben. Strahlungswärme hingegen erwärmt nicht direkt die Luft, sondern Boden, Wände, Raumeinrichtung und ggf. anwesende Personen. Wer schon einmal nur mit T-Shirt bekleidet den strahlenden Sonnenschein vor einer verschneiten Skihütte genossen hat, kennt das Funktionsprinzip von Strahlungswärme.

Weiterhin wird bei der Raumheizung zwischen zentralen und dezentralen Heizsystemen bzw. Wärmeübergabesystemen unterschieden. Beide Varianten verfügen über spezifische Eigenschaften sowie Vor- und Nachteile und sollten entsprechend den Anforderungen vor Ort ausgewählt werden.

#### **Anwendung von dezentralen Heizsystemen:**

- Bei Einschichtbetrieb oder nur zeitweiser Benutzung
- In verschiedenen Temperaturzonen
- Bei großen Raumhöhen
- In flexiblen Einsatzgebieten
- Bei erforderlichen schnellen Reaktionszeiten

#### **Anwendung von zentralen Heizsystemen:**

- Bei fortlaufendem Betrieb
- Bei erforderlicher konstanter Temperatur

## 3.2 Deckenstrahlplatten

Deckenstrahlplatten geben vorwiegend Wärmestrahlung ab, sodass nur eine sehr niedrige Temperaturschichtung zwischen Boden und Decke herrscht. Aufgrund der relativ geringen Luftbewegungen entstehen keine Staubaufwirbelungen oder Zugscheinungen. Da als Wärmeträgermedium Wasser dient, besteht keine Brand- oder Explosionsgefahr. Die einzelnen Paneele können zu langen Bändern zusammengeschlossen werden.



**Abb. 16:** längere Abschnitte von Deckenstrahlplatten.

### 3.3 Hellstrahler

Hellstrahler oder sogenannte gasbetriebene Infrarot-Heizgeräte sind dezentrale Heizungssysteme, die Strahlungswärme über hell leuchtende keramische Brennerplatten abgeben. Ein Gas-Luftgemisch wird direkt an den Platten verbrannt und erwärmt diese auf ca. 950 °C. Die Zündeinheit ist seitlich am Strahler angebracht. Eine Abgasabführung ist nicht notwendig, da die Verbrennung vollständig schadstofffrei erfolgt. Zur nötigen Frischluftzufuhr empfiehlt sich die Nutzung von Ventilatoren. Je nach Typ des Hellstrahlers kann das Verhältnis von Konvektionswärme zu Strahlungswärme zwischen 40/50 bis hin zu 15/80 liegen (15 % Konvektion/80 % Strahlung). Als Brennstoffe können Erdgas, Flüssiggas oder Biogas verwendet werden.

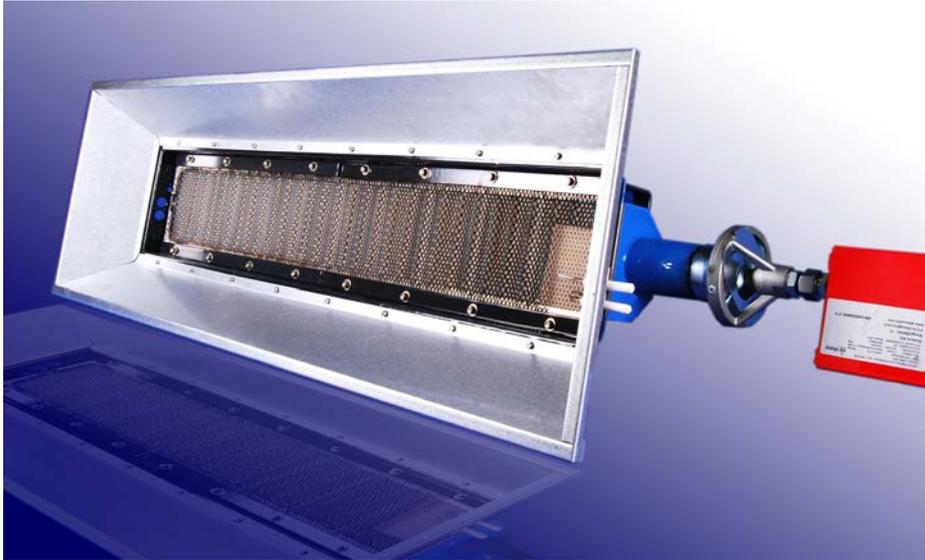


Abb. 17: Hellstrahler.

### 3.4 Dunkelstrahler

Anders als Hellstrahler wird bei einem Dunkelstrahler ein Strahlrohr mittels einer langen laminaren Flamme auf ca. 650 °C erwärmt. Hierbei kann es zu einem Strahlungsanteil von bis zu 77 % kommen. Bei der Verwendung von Dunkelstrahlern ist eine Abgas-Abführung aus der Halle erforderlich; es besteht die Möglichkeit einer zusätzlichen Wärmerückgewinnung. Betrieben werden Dunkelstrahler mit Erd-, Flüssig- oder Biogas.



Abb. 18: Dunkelstrahler.

### 3.5 Warmlufterzeuger

Bei Betrieb eines Warmlufterzeugers wird dem Raum direkt warme Luft zugeführt. Auf folgende Aspekte sollte dabei geachtet werden:

- Nicht direkt auf Mitarbeiter richten (Zugluft)
- Temperaturschichtung vermeiden – warme Luft steigt nach oben und bildet unter dem Dach ein Wärmepolster (Maßnahmen: abwärts gerichtete Warmluftheizer oder luftverteilende Ventilatoren)
- Möglichst keine Staubaufwirbelung

Warmlufterzeuger können mit Warmwasser (mit zusätzlichem elektrischem Lufterhitzermodul) oder mit Gas betrieben werden.



Abb. 19: Lufterhitzer.

### 3.6 Torluftschleier

Müssen die Hallentore mehrmals täglich geöffnet und wieder geschlossen werden, empfiehlt sich die Verwendung von Torluftschleiern. Moderne Geräte erzeugen mit der Umgebungsluft eine Dämmwand entlang des Tors, den sogenannten Schleier, welcher horizontal oder vertikal verlaufen kann. Je nach Hersteller wird der Schleier entweder nur mit Raumluft oder zusätzlich mit erwärmter Luft erzeugt. Auf diese Weise wird nicht nur Wärme eingespart, sondern auch die Entstehung von unangenehmer Zugluft verhindert.



Abb. 20: Torluftschleier.

# 4 Elektrotechnik



## 4.1 Beleuchtung

Im gewerblichen Bereich werden durch die die Technischen Regeln für Arbeitsstätten (ASR) bestimmten Tätigkeiten konkrete Beleuchtungsstärken verbindlich zugeordnet. Für Produktionshallen gilt aus Gründen der Arbeitssicherheit: Viel Licht und helles Licht. Die Lichtplanung sollte zusammen mit einem Lichtplaner erfolgen; sie besteht aus einem Gesamtkonzept von Tagesbelichtung und Kunstlichtbeleuchtung.

Der Einsatz präsenz geregelter und tageslichtabhängig gedimmter Leuchten führt zu einer erheblichen Verlängerung der Lebensdauer der Leuchten und einer Einsparung von Energie – und damit Kosten. Die Verwendung von LED-Technologie ist momentan der technische Effizienzstandard.

### Präsenzregler:

Ein Präsenzregler erkennt im Gegensatz zu einem Bewegungsmelder auch kleinste Bewegungen von Personen in einem Raum (z. B. Tippen auf einer Tastatur). Sinnvoll ist ihr Einsatz vorwiegend in Fluren, Toiletten und wenig benutzten Bereichen. In Büroräumen lässt sich in Verbindung mit einer tageslichtgesteuerten Beleuchtung zwar Energie einsparen, jedoch kann eine automatisierte Regelung der Beleuchtung sich nachteilig auf das Wohlbefinden der Mitarbeiter auswirken. Menschen nehmen Licht individuell unterschiedlich wahr, sodass Unwohlsein und schnellere Ermüdung die Folge sein können.



Abb. 21: Präsenzmelder

Ein Büro sollte gleichmäßig beleuchtet werden, da andernfalls der Blickwechsel vom gut beleuchteten Arbeitsplatz in eine dunklere Umgebung die Augen ermüden lässt. Wände, Decken und die Wege zwischen den Büroarbeitsplätzen sollten daher in gleicher Intensität beleuchtet sein.

Eine zu hohe Beleuchtungsintensität und das damit verbundene Gefühl der Blendung führt auf Dauer ebenfalls zu Ermüdung und nachlassender Konzentration. Sowohl die Wahl der Lampe als auch ihr Aufstellungsort und die Reflexionseigenschaften der Materialien im umliegenden Raum sollten optimal aufeinander abgestimmt sein. Leuchten mit integrierter Entblendung  $UGR < 19$  eignen sich hierfür besonders.

Generell vorteilhaft ist eine indirekte Beleuchtung über die Decke oder auch Lichtdeckenmodule (z. B. in Ausführung als Wallwasher oder Einbaudownlights).

#### Tageslichtnutzung:

Die optimale Nutzung von Tageslicht am Arbeitsplatz kann durch zahlreiche Maßnahmen schon während der Entwurfsphase wesentlich verbessert werden. Eine hohe Anordnung der Fenster in der Fassade, aber auch richtig eingesetzte Verschattungs- und Lichtlenksysteme erhöhen maßgeblich den Nutzungsgrad des Tageslichts; helle Innenoberflächen verbessern diesen weiter.

Ein Fensteranteil von über 50 % hat hingegen kaum noch eine Erhöhung der Helligkeit zur Folge und sollte daher nicht überschritten werden.

Während der Sommermonate gilt es, Überhitzung zu vermeiden und die damit verbundene Abfuhr von Wärme aus dem Gebäude zu gewährleisten. Eine temporäre und auf die Tageslichtnutzung regelbare Verschattungslösung (wie z. B. außenliegende Raffstores mit Tageslichtlenkung) ist dauerhaften Verschattungselementen wie Sonnenschutzverglasungen mit einem niedrigen g-Wert vorzuziehen. Letztere verringern die solaren Gewinne in den Wintermonaten erheblich.

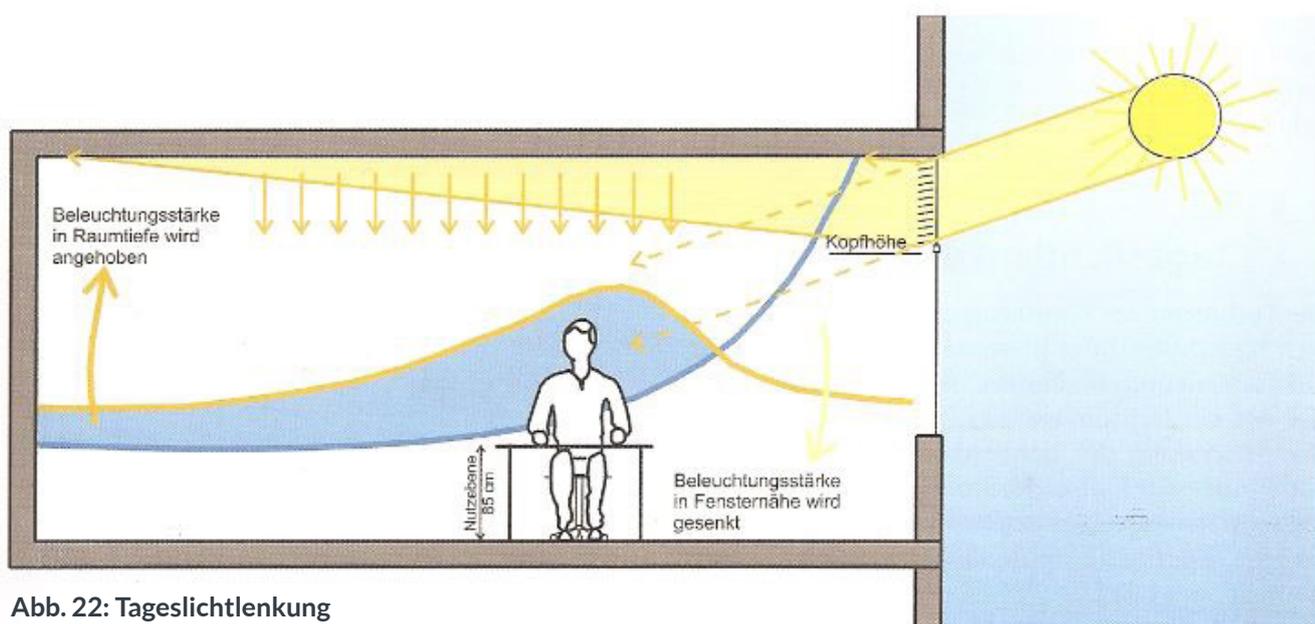


Abb. 22: Tageslichtlenkung

## 4.2 Photovoltaik



### **Vorteile:**

- Eigennutzung des kostenlos erzeugten Stroms
- Einspeisevergütung
- regenerative Energie

### **Funktionsweise:**

Photovoltaik ist die direkte Umsetzung von Licht in elektrische Energie mithilfe von Solarzellen. Besonders lukrativ ist derzeit ein möglichst hoher Anteil an Eigennutzung des erzeugten Stroms, da die Preise für die Einspeisung immer weiter fallen. Es empfiehlt sich, den technologischen Fortschritt im Blick zu behalten, um keine kostensenkende Innovation zu verpassen. So kann etwa dank neuartiger Hybridkollektoren sowohl elektrischer Strom als auch thermische Energie (Wärme) produziert werden. Als positiver Nebeneffekt verbessert diese Technologie durch die Kühlung der Module den Wirkungsgrad der Anlage.

### **kWp:**

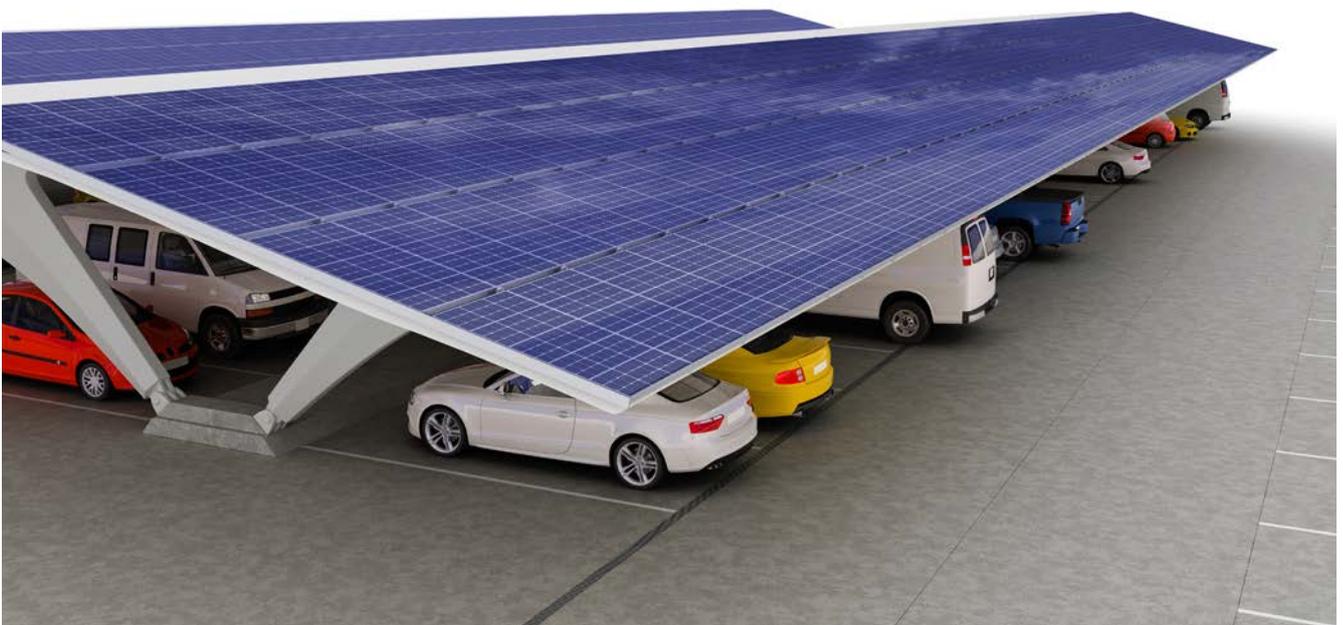
Kilowatt peaks oder kWp bemessen die Nennleistung einer Photovoltaikanlage unter genormten Bedingungen, welche in der Praxis jedoch meist abweichen. Die Leistung in kWp wird im Labor unter fest definierten Bedingungen gemessen, um Module untereinander vergleichen zu können.

**Geldfluss:**

Da mittlerweile die Einspeisevergütungen für selbst erzeugten Strom stark gesunken sind, ist eine Eigennutzung des Stroms besonders rentabel geworden. Bei Gesprächen über Photovoltaik-Anlagen ist oft die Rede von der Eigenverbrauchsquote, welche besagt, welcher Anteil des erzeugten Stroms selbst verwendet wird. Je höher der Verbrauch des gerade produzierten Stroms, desto höher ist die Eigenverbrauchsquote. Diese Quote ist bei Industriebetrieben häufig sehr hoch, da während der Ernte von Strom in den Hallen produziert und so der Strom zeitgleich verbraucht wird.

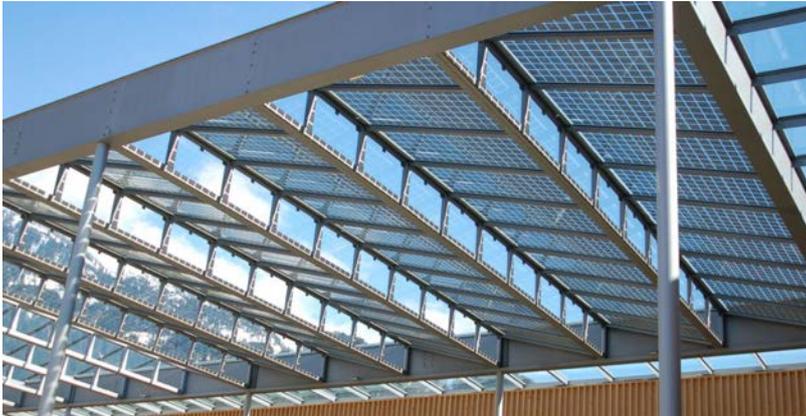
**Anwendungsbeispiele:**

Das Dach einer Firmenhalle bietet die größte und damit rentabelste Fläche für die Installation einer Photovoltaikanlage. Zusätzlich können auch andere Bereiche genutzt werden, beispielsweise die Fassade oder auch Parkplatzüberdachungen.



**Sonderprodukte:**

Transluzente Photovoltaik: Diese lichtdurchlässige Variante erlaubt eine optimale Lichtdurchflutung.



**Abb. 24: Transluzente Photovoltaik als Verschattung im Sommer, Helligkeit im Winter; Neubau ökologisches Gemeindezentrum Ludesch**

**Ladestation Elektroautos:**

Im Bereich der Mitarbeiterparkplätze könnten Vorbereitungen für eine mögliche Installation von Wandladestationen getroffen werden. Stromkabel und Netzwirkabel (oder zumindest Leerrohre hierfür) ermöglichen nachträglich eine einfache Montage von Ladestationen für Elektroautos oder E-Bikes; sogenannte Wall Connectors oder Wallboxen.



**Abb. 23: Ladeplatz für E-Autos**



# 5 RLT-Anlagen



## 5.1 Allgemeines

Der für einen Industriebetrieb notwendige Luftwechsel ist äußerst variabel. Er ergibt sich aus dem hygienisch bedingten Luftwechsel für die Mitarbeiter, dem technisch erforderlichen Luftwechsel zur Abführung von Schadstoffen, Stäuben und Gerüchen sowie auch dem energetisch notwendigen Luftwechsel zur Abfuhr von Wärme aus dem Produktionsprozess. Ähnlich verhält es sich mit dem Temperaturniveau oder auch der relativen Luftfeuchte im Raum – es gilt, die optimalen Bedingungen für Mensch und Maschine zu schaffen.

Auch hinsichtlich der Betriebszeiten besteht eine hohe Varianz. Bei Schichtbetrieb ist die Anzahl der Schichten zu berücksichtigen, bis hin zu einer durchgängigen Nutzung auch über Wochenenden hinweg.



### Energieeffizienz

Gemäß der EnEV müssen alle neuen und modernisierten RLT- und Klimaanlage mit einer Einrichtung zur Wärmerückgewinnung ausgestattet sein, die mindestens der Klassifizierung H3 nach DIN EN 13053 entspricht (besser ist H1, denn dieser Effizienzgrad ist förderbar).

Die Ventilatoren zählen zu den größten Stromverbrauchern einer RLT-Anlage, weshalb deren technische Auslegung ein entscheidender Faktor bei der Konzeption effizient arbeitender RLT-Anlagen ist.

Beachtet werden müssen auch die installierten Filter: Es müssen immer die nach aktuell geltenden Richtlinien vorgegebenen Feinstaubklassen eingesetzt werden. Es ist darauf zu achten, dass keine höhere Klasse als notwendig gewählt wird, da feinere Filterelemente zu größerem Druckverlust und damit höheren Energiekosten führen.

### Folgende Punkte bewirken eine Effizienzsteigerung von raumluftechnischen Anlagen:

- Bedarfsgerechte Luftmengen Anpassung
- Wärme- und Feuchterückgewinnung
- Reduzierte Luftgeschwindigkeiten
- Regelungsstrategien

## 5.2 Lüften

Je nach vorherrschenden Bedingungen können die Anforderungen an die Raumlüftung sehr stark variieren. Jeder Anwendungsfall sollte von Fachfirmen exakt geplant werden. So unterscheiden sich die Bedingungen anhand von Produktionsprozessen, Anzahl der Schichten, Staubentwicklung, Hygieneanforderung, Messbedingungen und vielem mehr.

Gemäß der ASR (Technische Regeln für Arbeitsstätten) ist eine Frischluftzufuhr dann nötig, wenn die Luftqualität im Inneren nicht der Außenluftqualität entspricht. Maßstab sind die sogenannten MAK-Werte (maximale Arbeitsplatz-Konzentration) bzgl. CO<sub>2</sub>, Gerüchen, Schadstoffen, Lösungsmitteln, Ozon aus Laserdruckern, Stäuben, Gasen, Dämpfen und weiteren Faktoren.

Gemäß der ASR soll die Temperatur an Büroarbeitsplätzen 26 °C nicht überschreiten.

Lichtbänder im Dach können mit automatisierten Fensterkippmotoren ausgestattet werden. Hierbei sollten Wind- und Regensensoren mit integriert sein.



Abb. 25: Fensterkippmotor.

## 5.3 Kühlen

### Passive Kühlung:

Unter bestimmten Voraussetzungen kann sich eine passive Kühlung anbieten. Diese lässt sich mit geringem Energieaufwand betreiben.

### Beispiele:

- Thermische Speichermassen: z. B. Betonkernaktivierung, Fußbodenheizung und -kühlung oder Randstreifenelemente
- Nachtlüftung: Die im Sommer kühlere Nachtluft spült die Halle mit frischer kühlerer Luft und drängt die erwärmte Tagesluft nach außen. Empfehlenswert sind hierbei Öffnungen in unterschiedlichen Höhen, um einen Kamineffekt zu erzielen. Die Öffnung der Fenster kann mit Wind- und Regensensoren sowie einem Regelungssystem automatisiert werden.
- Hybride Kühlung: Der Luftwechsel im Gebäude wird mittels zugeführter Hilfsenergie durch Ventilatoren verstärkt.
- Erdreich-Luft-Wärmeübertrager (EWT): In 2 Metern Tiefe im Erdreich verlegte Luftkanäle kühlen die Zuluft ab.
- Wasserführende Systeme: Wärmepumpen mit Erdsonden (100 - 200 Meter tief im Erdreich) kühlen Wasser auf 18 - 20 °C. Das Kühlwasser wird anschließend in Betonkerne, Fußböden, Wände oder Kühldecken geleitet.

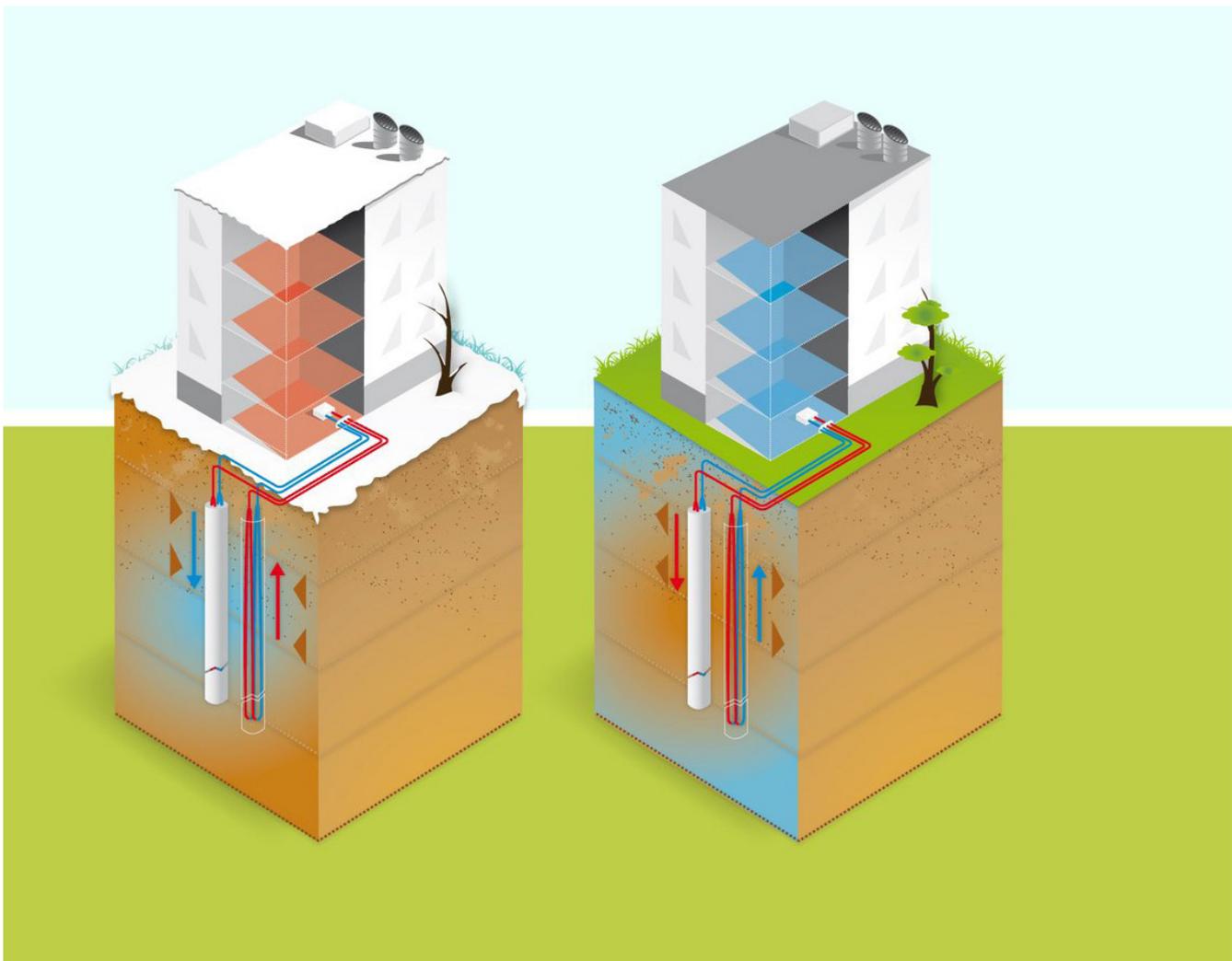


Abb. 26: Heizen und Kühlen mit einer Wärmepumpe.

**Aktive Kühlung:**

Unter aktiver Kühlung ist die Funktionsweise einer Klimaanlage zu verstehen.

**Vorteile:**

- Frischluftzufuhr
- Optimale Raumlufthtemperatur

**Nachteile:**

- Nicht ideale Einstellung oder Qualität der Anlage kann zu Erkältungskrankheiten, Unwohlsein sowie Verbreitung von Bakterien und Schimmelpilzen führen
- Störende Betriebsgeräusche
- Hoher Energieverbrauch
- Austritt von klima- und umweltschädlichem Kältemittel möglich

Aufgabe von Klimaanlage in Bürogebäuden und Industriehallen ist die Regelung der Temperatur und der Luftfeuchtigkeit. Dabei sollte eine stufenlose und leistungsabhängige Regelung an die bauseitige Gebäudeleittechnik angeschlossen werden können. Einige Fabrikate besitzen alternativ auch die Möglichkeit, Räume durch ein eingebautes Heizregister zu heizen.

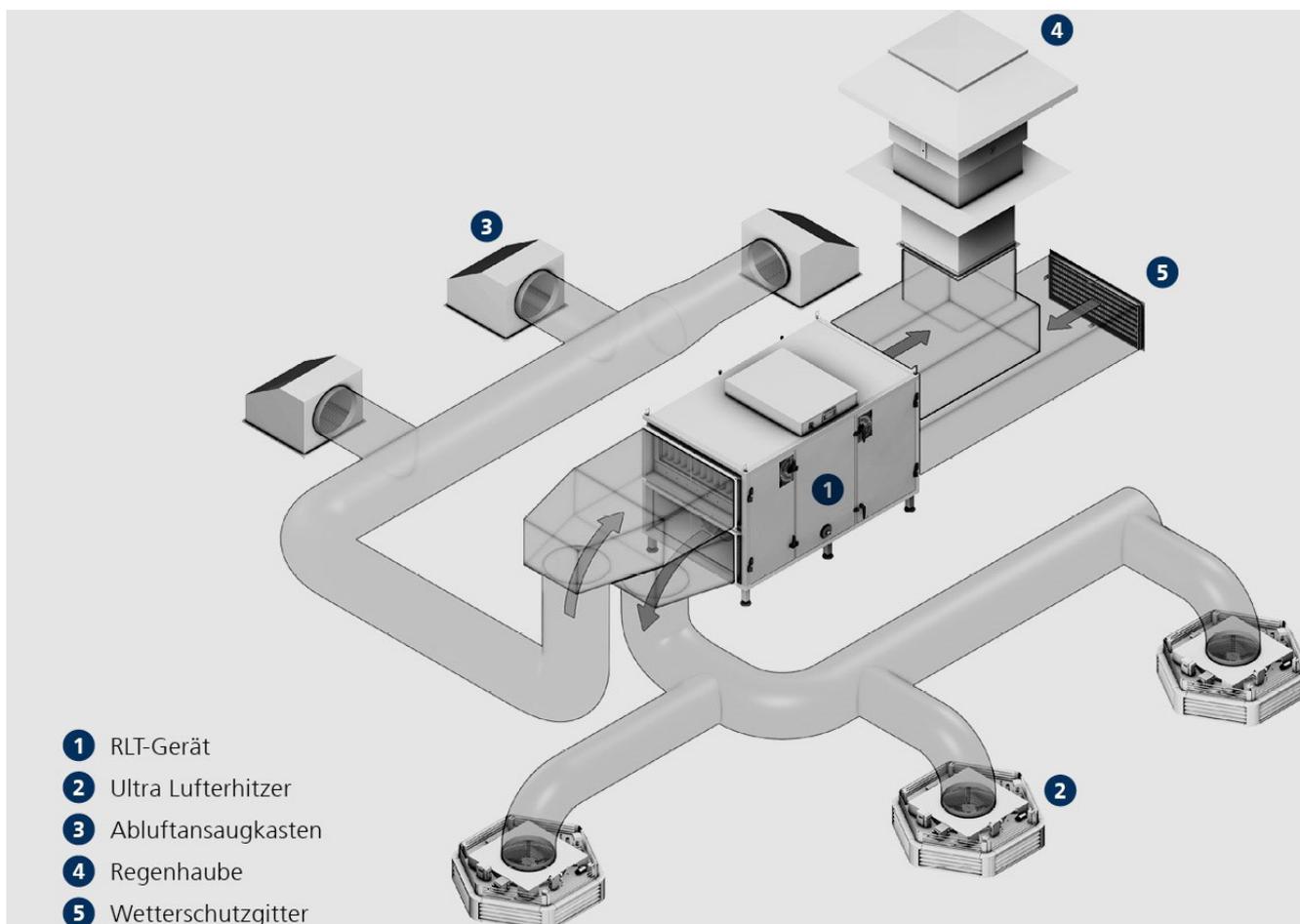
Die Auslegung sollte grundsätzlich nur durch eine Fachfirma erfolgen. Darüber hinaus ist auf die Einhaltung der Regelungen der ASR zu achten.



Abb. 27: Industrie-Klimaanlage.

**Beispiel für eine energieeffiziente Klimatisierung: Zentral lüften und dezentral temperieren**

Ein zentrales Lüftungsgerät versorgt die Räume mit Zuluft. Das Lüftungsgerät heizt oder kühlt die Luft also nicht, sondern filtert und fördert sie lediglich. Die Temperierung geschieht erst dezentral in den Räumen. Das spart Energie, und das Zentrallüftungsgerät sowie das Kanalnetz können kleiner ausgelegt werden.



**Abb. 28: Zentral lüften und dezentral temperieren.**

Die Temperierung (Heizen und Kühlen) kann mit Unterflurkonvektoren, Gebläsekonvektoren oder anderen Technologien erfolgen:



**Abb. 29: Unterflurkonvektoren.**

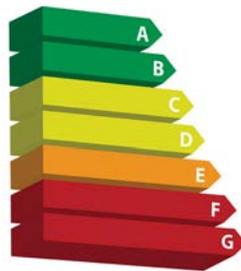
# 6 Energieeffizienz



## Energieeffiziente Produktionsprozesse und Energiemanagement

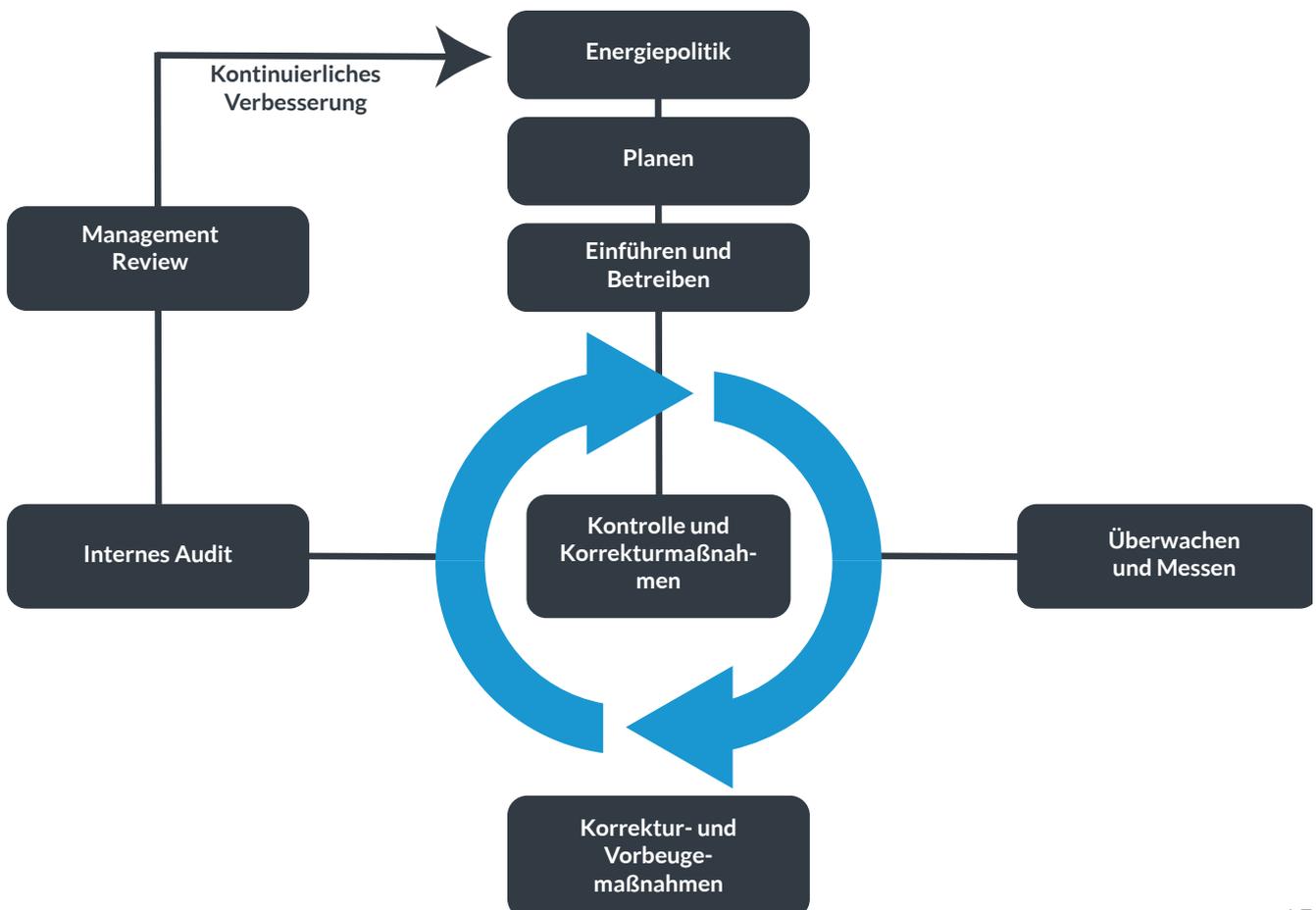
Eine energieeffiziente Produktion spart einem Unternehmen nicht nur Geld, sondern vermeidet auch unnötigen CO<sub>2</sub>-Ausstoß. Dies beinhaltet nicht nur die Verwendung effizienter Maschinen, sondern auch die bestmögliche Nutzung entstehender Abwärme, ein stromsparendes Beleuchtungskonzept und optimierte Produktionsprozesse.

Viele Maschinenhersteller bieten umfassende Informationen zur Energieeffizienz ihrer Anlagen an.



### Energiemanagementsystem:

Anhand eines individuell angepassten Energiemanagementsystems lässt sich nicht nur der exakte Energieverbrauch eines Unternehmens ermitteln, sondern auch Einsparpotenziale in den Bereichen Strom, Heizwärme und Wasser aufzeigen. Zertifizierte Energiemanagementsysteme ermöglichen die Reduzierung von der EEG-Umlage oder der Stromsteuerentlastung, zudem vergeben die KfW sowie das BAFA in diesem Bereich Zuschüsse und zinsgünstige Darlehen.



# 7 Förderungen



**Wichtig: Förderungen müssen i.d.R. vor Beginn der Maßnahme beantragt werden.**

Aufgrund der Vielzahl und Komplexität der Fördermöglichkeiten ist es ratsam, sich auf der Seite des Bundes ([www.energie-effizienz-experten.de](http://www.energie-effizienz-experten.de)) nach einem kompetenten Ansprechpartner für die Beratung zu erkundigen. Förderungen gibt es für viele Bereiche: Neubau, Sanierung, Wärmerückgewinnung, Ventilatoren, Pumpen und mehr. Zudem lassen sich die Kosten für den Energie-Effizienz-Experten teilweise über Förderungen abfangen.

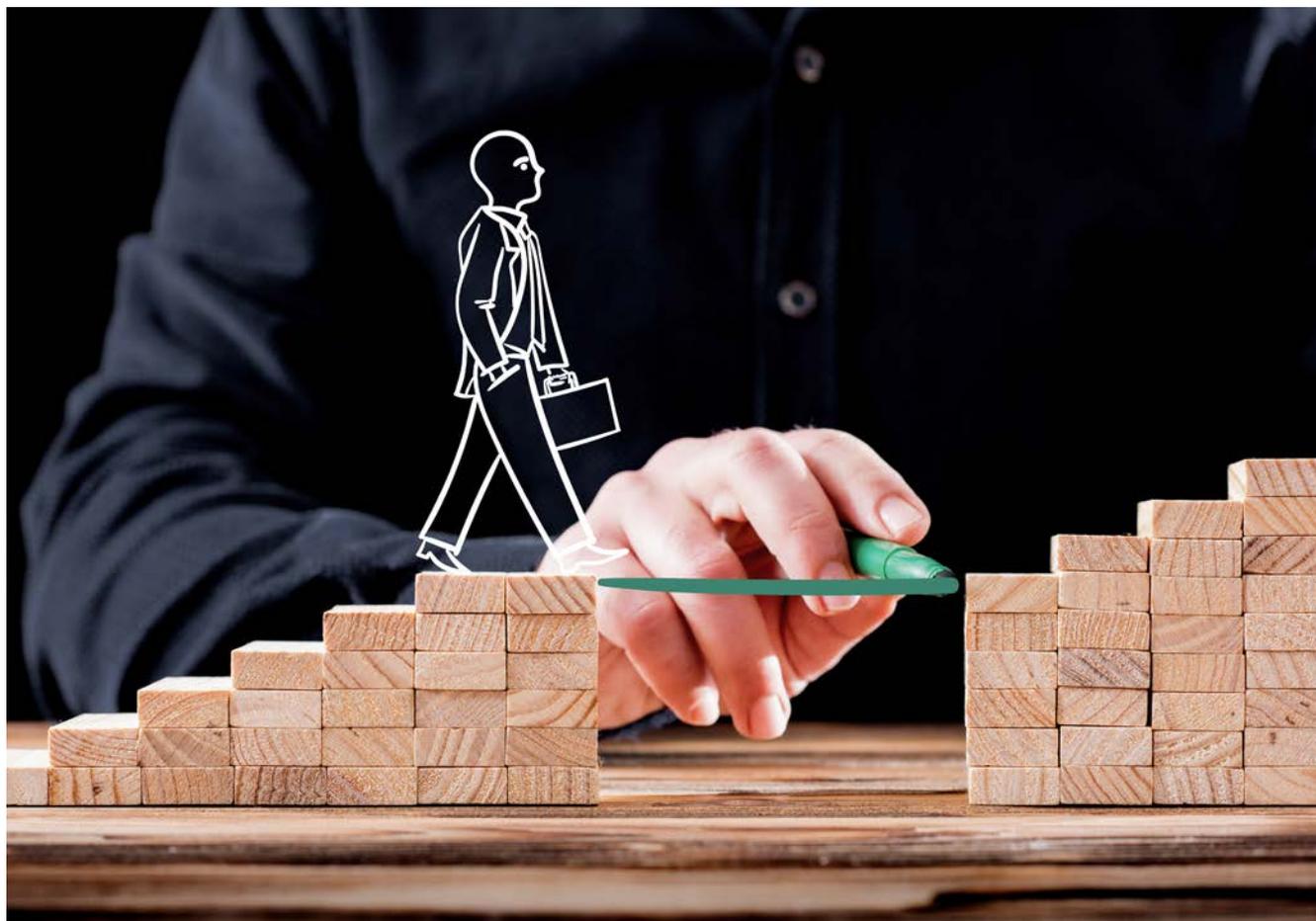
**Instanzen für eine Förderung:**

**KfW** (Kreditanstalt für Wiederaufbau): Zinsgünstige Kredite teils mit Tilgungszuschuss sowie Zuschüsse  
[www.kfw.de/](http://www.kfw.de/)

**BAFA** (Bundesamt für Wirtschaft und Ausfuhrkontrolle): Zuschüsse für technische Anlagen  
[www.bafa.de/DE/Wirtschafts\\_Mittelstandsfoerderung/wirtschafts\\_mittelstandsfoerderung\\_node.html](http://www.bafa.de/DE/Wirtschafts_Mittelstandsfoerderung/wirtschafts_mittelstandsfoerderung_node.html)

**Regierung von Niederbayern: Gewerbliche Wirtschaftsförderung**

[www.regierung.niederbayern.bayern.de/aufgabenbereiche/2/wirtschaftsfoerderung/gewerblich](http://www.regierung.niederbayern.bayern.de/aufgabenbereiche/2/wirtschaftsfoerderung/gewerblich)



# 8 Regionale Baustoffe & Firmen



Nicht nur das neue Firmengebäude sollte später einmal wenig Energie verbrauchen, sondern bereits der Bau kann energiesparend erfolgen. Es empfiehlt sich, Baufirmen mit kurzen Anfahrtswegen zu beauftragen. Dies spart Energie und ermöglicht zudem einfache Kommunikation und sorgt für schnelle Reaktionszeiten. Baustoffe müssen nicht vorher einmal quer durch Europa oder die Welt befördert werden, sodass sich nicht nur die Ökobilanz verbessert, sondern auch die Transportkosten sinken.



Oberstes Ziel ökologischen Handelns ist es, den Raubbau an Ressourcen zu vermeiden und somit einen verantwortlichen Umgang mit den Materialien dieser Erde anzustreben.

## Dazu gehören:

- Gewinnung der Rohstoffe
- Prozess der Stoffumwandlung bis zum fertigen Produkt
- Anfallender Energieaufwand
- Einsatz von Hilfsstoffen
- Entsorgung und Wiederverwertung

Für den Klimaschutz ist es nicht nur wichtig, möglichst energiesparende Unternehmensgebäude zu bauen – es sollte auch der Aufwand betrachtet werden, mit welchem die verwendeten Materialien produziert werden. Eine energieeffiziente Halle zu bauen, welche beispielsweise komplett aus Edelstahl besteht, wäre ökologisch betrachtet ein Desaster, da der Energiebedarf für die Gewinnung und Herstellung des Edelstahls den Energieverbrauch der Halle in seiner Lebenszeit um ein Vielfaches übersteigt. Denn auch die Herstellenergie trägt zum Schaden der Umwelt und erhöhten CO<sub>2</sub>-Ausstoß bei. Auch die Recyclingfähigkeit der Baustoffe sollte stets in die Betrachtung miteinbezogen werden.



AUS DER  
REGION

# Nützliche Links

Weitere Informationen zu den vorgestellten Themenkomplexen finden Sie unter den folgenden Links.

## **Energieeffizienz und Beratung:**

Energieeffizienz-Experten für Förderprogramme des Bundes  
[www.energie-effizienz-experten.de](http://www.energie-effizienz-experten.de)

Bundesministerium für Wirtschaft und Energie  
[www.bmwi.de](http://www.bmwi.de)  
[www.deutschland-machts-effizient.de/](http://www.deutschland-machts-effizient.de/)

Bayerisches Staatsministerium für Wirtschaft, Landesentwicklung und Energie  
[www.stmwi.bayern.de](http://www.stmwi.bayern.de)

## **Förderungen:**

BAFA – Bundesamt für Wirtschaft und Ausfuhrkontrolle  
[www.bafa.de](http://www.bafa.de)

BMU – Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und nukleare Sicherheit  
[www.bmu.de](http://www.bmu.de)

KfW – Kreditanstalt für Wiederaufbau  
[www.kfw.de](http://www.kfw.de)

Regierung von Niederbayern  
[www.regierung.niederbayern.bayern.de](http://www.regierung.niederbayern.bayern.de)

## **Gesetze und Verordnungen:**

ENEV – Energieeinsparverordnung  
[www.enev-online.de](http://www.enev-online.de)

EEG – Erneuerbare-Energien-Gesetz  
[www.gesetze-im-internet.de/eeg\\_2014](http://www.gesetze-im-internet.de/eeg_2014)

# Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1:	Aufteilung des Gesamtenergieverbrauchs Deutschlands.....	8
Abbildung 2:	Rasengittersteine ermöglichen eine gute Versickerung des Regenwassers.....	9
Abbildung 3:	Ökostraße. Quelle: Gemeinde Ober-Grafendorf.....	9
Abbildung 4:	Betonpfeiler auf Punktfundament.....	12
Abbildung 5:	Montage des Grundgerüsts einer Stahlhalle. Quelle: Wolf System GmbH.....	13
Abbildung 6:	Säulen aus Stahlbeton.....	14
Abbildung 7:	Dachkonstruktion aus Holz Quelle: Wolf Systems GmbH.....	15
Abbildung 8:	Sandwich-Elemente. Quelle: Wolf Systems GmbH.....	16
Abbildung 9:	Abwärmquellen in der Industrie.....	18
Abbildung 10:	Gedämmte Rohrleitungen.....	19
Abbildung 11:	Nutzungsmöglichkeiten von Abwärme.....	21
Abbildung 12:	Gaskessel.....	22
Abbildung 13:	Luftwärmepumpe. Quelle: Viessmann.....	24
Abbildung 14:	Einbaubeispiel Wärmeübergabestation. Quelle: Fa. Yados.....	26
Abbildung 15:	Brennstoffzellen-Heizung. Quelle: Viessmann.....	29
Abbildung 16:	längere Abschnitte von Deckenstrahlplatten. Quelle: Fa. Kampmann.....	31
Abbildung 17:	Hellstrahler. Quelle: Fa. abacus AG.....	32
Abbildung 18:	Dunkelstrahler. Quelle: Fa. abacus AG.....	32
Abbildung 19:	Luftherhitzer. Quelle: Fa. Kampmann.....	33
Abbildung 20:	Torluftschleier. Quelle: Fa. Kampmann.....	33
Abbildung 21:	Präsenzmelder Quelle: Züblin.....	34
Abbildung 22:	Tageslichtlenkung Quelle: Haas-Arndt/Schädlich, Hannover/Siegen.....	35
Abbildung 23:	LadeplatzfürE-Autos.....	38
Abbildung 24:	Transluzente Photovoltaik.....	38
Abbildung 25:	Fensterkippmotor. Quelle: D+H Mechatronic AG.....	41
Abbildung 26:	Heizen und Kühlen mit einer Wärmepumpe. Quelle: Bundesverband Wärmepumpe e.V.....	42
Abbildung 27:	Industrie-Klimaanlage.....	43
Abbildung 28:	Zentral lüften und dezentral temperieren. Quelle: Fa. Kampmann.....	44
Abbildung 29:	Unterflurkonvektoren. Quelle: Fa. Kampmann.....	44

# Impressum

**Herausgeber:**

Stadt Hauzenberg  
Marktplatz 10  
D - 94051 Hauzenberg  
Telefon: 08586-30-0  
stadtinfo@hauzenberg.de

**Fragen oder Anregungen zur Energiefibel?**

Verantwortlich für den Inhalt:  
Veit Energie Consult GmbH  
Lederinstr. 34  
94065 Waldkirchen  
Geschäftsführer Martin Veit M.Sc.  
Telefon: 08581/72627910  
office@veit-energie.de www.veit-energie.de

**Redaktion:**

Martin Veit M.Sc.  
Florian Hobelsberger Dipl. Ing. (FH)  
Andreas Ljubisic M.A.

**Gestaltung/Layout:**

mg Marktgespür GmbH  
www.marktgespuer.de

**Druck:**

Copy & Light e. K.  
www.copyundlight.de

**Stand:**

März 2019

**Auflage:**

200 Stück



## Bayerisches Staatsministerium für Wirtschaft, Landesentwicklung und Energie

© 2018 Veit Energie GmbH

Das Werk einschließlich aller Inhalte ist urheberrechtlich geschützt. Alle Rechte vorbehalten. Nachdruck oder Reproduktion (auch auszugsweise) in irgendeiner Form (Druck, Fotokopie oder anderes Verfahren) sowie die Einspeicherung, Verarbeitung, Vervielfältigung und Verbreitung mit Hilfe elektronischer Systeme jeglicher Art, gesamt oder auszugsweise, ist ohne ausdrückliche schriftliche Genehmigung der Firma Veit Energie Consult GmbH untersagt. Alle Übersetzungsrechte vorbehalten.

