

verbraucherzentrale

Mit Online-  
Rechner Geld  
sparen



# Ratgeber Heizung

Wärme und Warmwasser  
für mein Haus

2.  
Auflage

JOHANNES SPRUTH

## **Ratgeber Heizung**

Wärme und Warmwasser  
für mein Haus

### **Unser Service**

Ob Photovoltaikanlage, Wärmepumpe oder Gasbrenntwertkessel – die Wirtschaftlichkeit Ihrer Investition können Sie individuell berechnen. Unser **Online-Tool** liefert auf der Grundlage Ihrer Eingaben die wichtigsten Kennzahlen:

[www.ratgeber-verbraucherzentrale.de/haustechnik](http://www.ratgeber-verbraucherzentrale.de/haustechnik)

### **Immer aktuell**

Wir informieren Sie über wichtige **Aktualisierungen** zu diesem Ratgeber. Wenn sich zum Beispiel die Rechtslage ändert, neue Gesetze oder Verordnungen in Kraft treten, erfahren Sie das unter

[www.ratgeber-verbraucherzentrale.de/aktualisierungsservice](http://www.ratgeber-verbraucherzentrale.de/aktualisierungsservice)

# Ratgeber Heizung

Wärme und Warmwasser  
für mein Haus

JOHANNES SPRUTH

**verbraucherzentrale**

6

Über dieses Buch



47 Anlagentechniken und Co.

# Inhalt

6 Über dieses Buch

**8 Die wichtigsten Fragen und Antworten**

14 Im Überblick:  
Neubau – Die passende Haustechnik finden

16 Im Überblick:  
Bestandsgebäude – Die passende Haustechnik finden

**19 Klimawandel geht uns alle an**

28 Sektorkopplung: Strom, Wärme, Straßenverkehr

33 Gebäudeenergiegesetz: Forderungen an Neu- und Altbau

38 EU-Heizungsetiketten: Aus für ineffektive Kessel

39 Wirtschaftlichkeit: Billig ist nicht das Beste

42 Behaglichkeit: Das Haus warm einpacken

**47 Anlagentechniken und Co.**

47 Brennwertkessel für Gas und Öl

51 Holzheizungen

59 Blockheizkraftwerk: Die stromerzeugende Heizung

66 Fernwärme-übergabestation

69 Elektroheizungen

72 Wärmepumpen

85 Warmwasserbereitung

94 Thermische Solaranlagen



19

Klimawandel geht uns alle an



217

Anhang



133

Haustechnik in Neu- und Altbau

- 104 Photovoltaikanlagen liefern auch Wärme
- 111 Holzheizung plus thermische Solaranlage
- 114 Hybrid-Wärmepumpen
- 116 Wärmepumpe plus thermische Solaranlage
- 119 Wärmepumpe plus Photovoltaik
- 123 Gute Luft und Lüftungsanlagen
- 130 Smart-Home-Systeme

### 133 Haustechnik in Neu- und Altbau

- 133 Neubau
- 171 Altbau
- 171 Optimierung der Heizungsanlage
- 174 Haustechnikvarianten
- 176 Familie Schulte heizt mit Öl
- 188 Familie Jansen heizt mit Gas
- 192 Familie Korte heizt mit Holz
- 198 Familie Güngör heizt mit Strom
- 212 Beratung, Auftrag und Vergabe
- 214 Das Haus von morgen

### 217 Anhang

- 217 Glossar
- 222 Adressen
- 224 Stichwortverzeichnis
- 229 Bildnachweis
- 230 Impressum



## Über dieses Buch

Sie planen einen Neubau oder wollen Ihr bestehendes Gebäude sanieren? Dann stellt sich natürlich auch die Frage, wie Sie künftig heizen und warmes Wasser erzeugen wollen. Es geht also um die passende Technik für Ihr Haus. Sie haben die Wahl: Mit einem Blockheizkraftwerk im Keller können Sie Wärme und Strom zugleich erzeugen oder Sie nutzen Erdwärme und heizen mit einer Wärmepumpe oder greifen auf Holz zurück und setzen einen Holzpelletkessel ein. Möglicherweise lohnt sich auch der Anschluss an ein Fernwärmenetz. Oder Sie nutzen die Sonne als kostenlosen und umweltfreundlichen Energielieferanten und erzeugen per Solarthermie oder Photovoltaik Warmwasser.

Und natürlich können Sie auch Techniken miteinander kombinieren: zum Beispiel die

Holzheizung oder den Brennwertkessel mit der thermischen Solaranlage – oder die Wärmepumpe mit dem Brennwertkessel, der thermischen Solaranlage oder der Photovoltaikanlage.

Bei dieser Vielzahl an Möglichkeiten ist es wichtig, den Überblick zu behalten und für sich die passende technische Lösung zu finden. Dabei helfen wir Ihnen, zeigen, wie das alles funktioniert und welche Vor- und Nachteile die einzelnen Techniken haben. Ob eine Technik für Sie in Frage kommt, hängt natürlich immer von den Bedingungen vor Ort ab. Mit unseren Checklisten prüfen Sie das Schritt für Schritt und planen die Umsetzung.

In Zeiten des Klimawandels sollte eine neue Haustechnik möglichst wenig Kohlendioxid produzieren. Das gelingt, wenn fossile Energiequellen nur noch begrenzt genutzt und immer häufiger erneuerbare Energien eingesetzt werden. Zunehmend wird das auch in den **gesetzlichen Rahmenbedingungen** gefordert. Deshalb zeigen wir Ihnen, welche Vorgaben für Neubauten und Bestandsgebäude gelten und wie Sie diese umsetzen (→ Seite 33). Und wer die Vorgaben des Gesetzgebers übertrifft, erhält in aller Regel eine **staatliche Förderung**. Ab dem 1.7.2021 gibt es umfassende Änderungen bei der Förderung, diese haben wir natürlich berücksichtigt – das betrifft unsere Tipps wie auch

die Berechnungen zu den einzelnen Maßnahmen in Alt- und Neubau.

### Anlagentechniken und Einsatzmöglichkeiten

Nachdem wir im Kapitel „**Anlagentechniken und Co.**“ (→ Seite 47) alle Haustechniken ausführlich und mit ihren Vor- und Nachteilen beschrieben haben, stellen wir im Kapitel „**Haustechnik in Alt- und Neubau**“ dar, wie sie eingesetzt werden können – ab Seite 133 für den Neubau, ab Seite 171 bei der Sanierung von Bestandsgebäuden. Jede einzelne Haustechnikvariante – vom Brennwertkessel über die Solaranlage bis zur Wärmepumpe – haben wir durchgerechnet und zeigen anhand von Beispielgebäuden ihre Wirtschaftlichkeit. Beim **Neubau** stellen wir der Ausgangsplanung, die gerade die gesetzlichen Vorgaben erfüllt, 27 Varianten gegenüber – mit allen wichtigen Kennzahlen: Investitionskosten, Betriebskosten, Amortisationszeit, Kosteneinsparung nach 20 Jahren, Kohlendioxid ausstoß, Autarkiegrad Wärme und Strom (Tabelle → Seite 166). Einen Überblick zu allen Haustechnikvarianten für den Neubau finden Sie auf Seite 14.

Für die Sanierung der Haustechnik im **Altbau** finden Sie vier Beispielfamilien, die ihr Haus mit Öl (→ Seite 176), Gas (→ Seite 188), Holz (→ Seite 192) oder Strom (→ Seite 198) versorgen. Und auch für diese Fälle haben

wir zahlreiche Technikvarianten durchgerechnet, mit dem Ist-Zustand vor der Sanierung verglichen und die nötigen Kennzahlen ermittelt. Welche Haustechnik sich lohnt, finden Sie in den entsprechenden **Tabellen** übersichtlich dargestellt (→ Seite 184, 194, 200, 208). Einen Überblick zu allen Haustechnikvarianten für Bestandsgebäude finden Sie auf Seite 16.

### Wirtschaftlichkeit individuell berechnen

Natürlich ist jedes Gebäude anders, der Energieverbrauch seiner Bewohner ist unterschiedlich und auch die Investitionskosten für eine neue Haustechnik werden im konkreten Fall von unseren Beispielen abweichen. Deshalb bieten wir Ihnen die Tabellen aus dem Buch als **interaktives Modul im Internet** an: **www.ratgeber-verbraucherzentrale.de/haustechnik**. Dort können Sie Ihre Werte eingeben (zum Beispiel Wohnfläche, Gas-/ Strompreis, Stromverbrauch, Investitionskosten) und erhalten ein Ergebnis für Ihre individuelle Planung.

Mit diesem Wissen präpariert, können Sie die weitere Umsetzung Ihrer Planungen in Angriff nehmen. Die Energieberatung der Verbraucherzentralen unterstützt Sie dabei individuell. Informationen zu unserem Beratungsangebot finden Sie hier: [www.verbraucherzentrale-energieberatung.de](http://www.verbraucherzentrale-energieberatung.de) Wir wünschen Ihnen gutes Gelingen.



# Die wichtigsten Fragen und Antworten

→ Jährlich beantworten wir in unseren bundesweit rund 200 Beratungsstellen Hunderttausende von Fragen und helfen bei der Lösung von Problemen, die Verbraucherinnen und Verbraucher an uns herantragen. Aus dieser täglichen Praxis wissen wir am besten, wo der Schuh drückt und wie konkrete Unterstützung aussehen muss. Diese Erfahrungen sind Grundlage unserer Ratgeber: mit präzisen, verbraucherorientierten Informationen, zahlreichen Tipps und Hintergrundinformationen zum besseren Verständnis.

Als Energieberater der Verbraucherzentrale NRW habe ich über 25 Jahre Hauseigentümer bei der energetischen Sanierung ihrer Immobilie beraten. Dieses Praxiswissen ist in diesen Ratgeber geflossen und soll nun auch Sie bei der Planung Ihrer neuen Heizungsanlage unterstützen.

Nutzen Sie auch die Energieberatung der Verbraucherzentralen und profitieren Sie von unserer Beratungskompetenz. Im persönlichen Gespräch in der Beratungsstelle oder auch bei einer Beratung bei Ihnen zu Hause erhalten Sie wertvolle individuelle Hinweise und Tipps: [www.verbraucherzentrale-energieberatung.de](http://www.verbraucherzentrale-energieberatung.de)

Dr. Johannes Spruth

## Welche gesetzlichen Bedingungen muss ich beim Neubau oder der Altbausanierung einhalten?

Neben den allgemeinen Bauvorschriften, die in anderen Ratgebern der Verbraucherzentrale behandelt werden, gibt es Anforderungen an den energetischen Zustand: das Gebäudeenergiegesetz (GEG 2020), welches die Anforderungen an das Gebäude, die Haustechnik und den Einsatz erneuerbarer Energie zusammenfasst. Wir erläutern die Anforderungen, die für Neubau und Altbausanierung gelten (→ [Seite 33](#)), auch an einem Beispiel für eine Neubauplanung. → [Seite 133](#) Für zahlreiche Haustechnikvarianten wird dargestellt, wie sich die gesetzlichen Anforderungen in der Praxis erfüllen lassen, was es kostet und welche Einsparungen Sie erzielen können. → [Seite 166](#) Dort (→ [Seite 137](#)) wird auch dargestellt, wie Sie die neue "Bundesförderung für effiziente Gebäude" (BEG) für Ihre Neubauplanung nutzen können, wenn Sie mehr machen, als es das Gesetz fordert. Und bei der Altbausanierung gibt es attraktive Förderungen für effektive Haustechnik. Einen Überblick finden Sie auf [Seite 178](#).

## Lohnt es sich überhaupt, eine alte Heizungsanlage auszutauschen?

Ja, das lohnt sich ganz häufig. Alte Heizungsanlagen haben hohe Verluste, selbst wenn der Schornsteinfeger bescheinigt, dass die Grenzwerte eingehalten werden. Denn er bestimmt nur den Abgasverlust. Es gibt aber weitere Gründe für unnötig hohe Heizkosten. Manchmal hilft es schon, die Heizungsanlage zu optimieren.

→ [Seite 171](#)

In vielen Fällen ist es aber wirtschaftlicher, den Heizkessel auszutauschen und auf einen anderen Energieträger umzusteigen. Dazu müssen Sie zwar erst einmal Geld in die Hand nehmen, sparen das aber durch geringere Energiekosten in kurzer Zeit wieder ein. Außerdem gibt es attraktive Förderungen → [Seite 178](#). Anhand von Beispielhäusern zeigen wir, mit welcher Anlagentechnik Sie Ihre alte Öl-, Gas- oder Holzheizung oder den Elektro-Nachtspeicher sinnvoll ersetzen können. Wir haben alles durchgerechnet und nennen Ihnen die Investitions- und Betriebskosten, die Kosteneinsparung und Amortisationszeit für verschiedene Alternativen zu Ihrer alten Heizungsanlage.

→ [Seite 174](#)

## Was ist beim Fernwärmeanschluss zu beachten?

Haben Sie die Möglichkeit, sich an ein Fernwärmenetz anschließen zu lassen? Die Investitionskosten sind niedrig und es entfallen Kosten für Wartung und Schornsteinfeger. Dagegen können die Energiekosten hoch sein. In jedem Fall sollten Sie eine Vollkostenrechnung im Vergleich mit anderen Alternativen durchführen (lassen). Für die Umweltbilanz ist wichtig, aus welcher Quelle die Fernwärme stammt. Am günstigsten sind industrielle Abwärme oder erneuerbare Energien. Für Anschlüsse an ein Fernwärmenetz, das in hohem Maße erneuerbare Energien nutzt, gibt es Fördermittel.

→ Seite 66

## Funktioniert eine Wärmepumpe auch im Altbau?

Ja. Eine Wärmepumpe arbeitet zwischen zwei Temperaturen. Die geringsten Stromverbräuche erzielen Sie, wenn der Temperaturunterschied nicht sehr groß ist. Die Wärmequelle (Grundwasser, Erdreich oder Luft) sollte ganzjährig möglichst warm und das Heizsystem mit einer möglichst geringen Temperatur zufrieden sein – optimal ist hier eine Fußbodenheizung. → Seite 72  
Aber auch mit herkömmlichen Heizkörpern können Sie ein befriedigendes Ergebnis erzielen, wie unsere Beispiele zeigen.

→ Seite 180, 182, 187, 190, 191, 203, 205

## Wie heize ich effektiv mit Holz?

Ganz wichtig ist eine effektive Verbrennung: Dazu gehört die richtige Bedienung des Ofens, die sparsame Verwendung von trockenem Holz (nicht zu viel Holz auflegen) und ein vollständiges Verbrennen. Holz ist eine erneuerbare, CO<sub>2</sub>-neutrale Energiequelle: Denn beim Verbrennen wird die vorher von den Bäumen aufgenommene Menge an Kohlendioxid (CO<sub>2</sub>) wieder abgegeben. Mehr zur Holzheizung, auch zur komfortablen Heizung mit Pellets:

→ Seite 51

## Wie kann ich ein Blockheizkraftwerk (BHKW) wirtschaftlich nutzen?

Ein BHKW erzeugt gleichzeitig Strom und Wärme. Wirtschaftlich sinnvoll kann es nur betrieben werden, wenn auch die Wärme zeitnah in Ihrem Haus genutzt werden kann. Für das Ein- oder Zweifamilienhaus kommen deswegen nur Geräte mit kleiner Leistung in Betracht. Denn größere Blockheizkraftwerke würden zu viel überschüssige Wärme erzeugen. Wird zum Beispiel im Winter mehr Wärme benötigt, muss diese dann aus einer anderen Quelle kommen. Eine ausführliche Beschreibung der Technik und Tipps zum wirtschaftlichen Einsatz finden Sie auf → Seite 59. Und anhand von Beispielhäusern erfahren Sie, wie sich das in der Praxis realisieren lässt.

→ Seite 145, 179, 189, 203

## Thermische Solaranlage oder Photovoltaikanlage: Was sollte ich anschaffen?

Beide Techniken haben ihre Berechtigung: Die thermische Solaranlage holt bei gleicher Fläche erheblich mehr Energie vom Dach, dagegen ist der Strom der Photovoltaikanlage die wertvollere Energie. Geht es um die Wassererwärmung, so ist ab einem Vierpersonenhaushalt meistens die thermische Solaranlage vorzuziehen.

→ Seite 94 Auch das Sonnenhauskonzept (→ Seite 111) benötigt eine große thermische Solaranlage.

Ist Ihr Haushalt kleiner oder wünschen Sie den Betrieb einer Wärmepumpe und möchten sich mit eigenem Strom versorgen? Das geht nur mit einer Photovoltaikanlage. Da die Preise enorm gesunken sind, ist das längerfristig eine sinnvolle Lösung.

→ Seite 104 Haben Sie genug Platz auf dem Dach? Thermische Solaranlage, Photovoltaikanlage und Wärmepumpe können sich sehr gut ergänzen.

→ Seite 116, 119

## Was ist ein Effizienzhaus?

Die bundeseigene Förderbank (KfW) und das BAFA (Bundesamt für Wirtschaft und Ausfuhrkontrolle) vergeben im Rahmen der „Bundesförderung für effiziente Gebäude“ (BEG) (→ Seite 137 und 178) für Neubau und Altbausanierung günstige Kredite und/oder Zuschüsse. Besonders hoch sind die, wenn ein Effizienzhausstandard erreicht wird – je effizienter, desto höher die Förderung. Der Effizienzhausstandard orientiert sich an den Vorgaben und Berechnungsverfahren für Neubauten. → Seite 33 Im Kapitel „Haustechnik in Neu- und Altbau“ lesen Sie, wie attraktiv das Effizienzhaus insbesondere bei Neubauvorhaben ist.

→ Seite 137

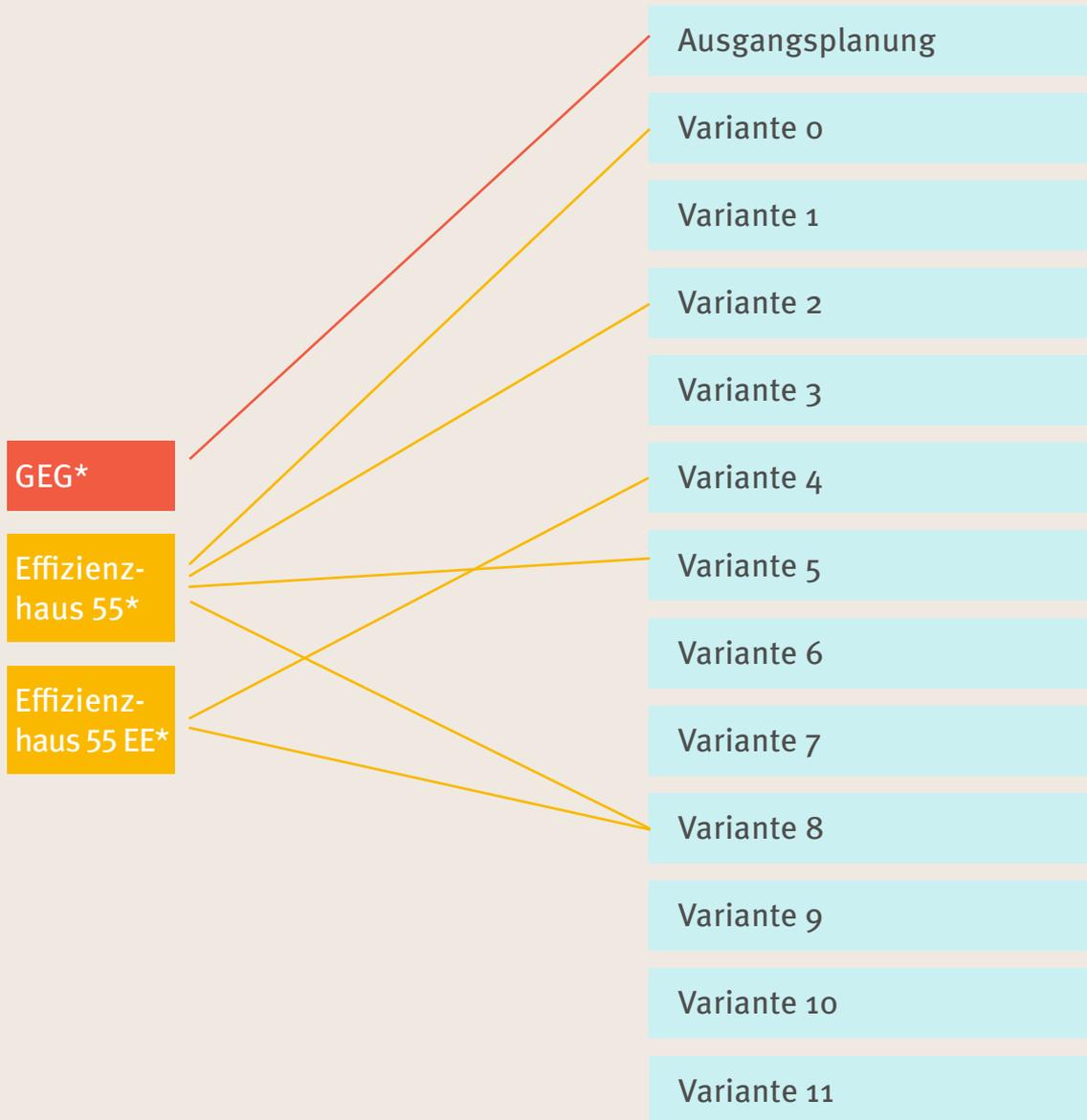
## Was bringt meine Wahl der Haustechnik für den Klimaschutz?

Durch den Austausch des Heizkessels und die Wahl des Energieträgers, beispielsweise Holz, können Sie die Kohlendioxid-Belastung durch Ihr Haus erheblich verkleinern. Installieren Sie zusätzlich eine Photovoltaikanlage, so verdrängen Sie dadurch klimabelastenden Kohlestrom. Das kann bis zur Klimaentlastung führen: Dann erzeugt Ihr Haus mehr umweltfreundlichen Strom, als es benötigt.  
→ Seite 161, 163, 187

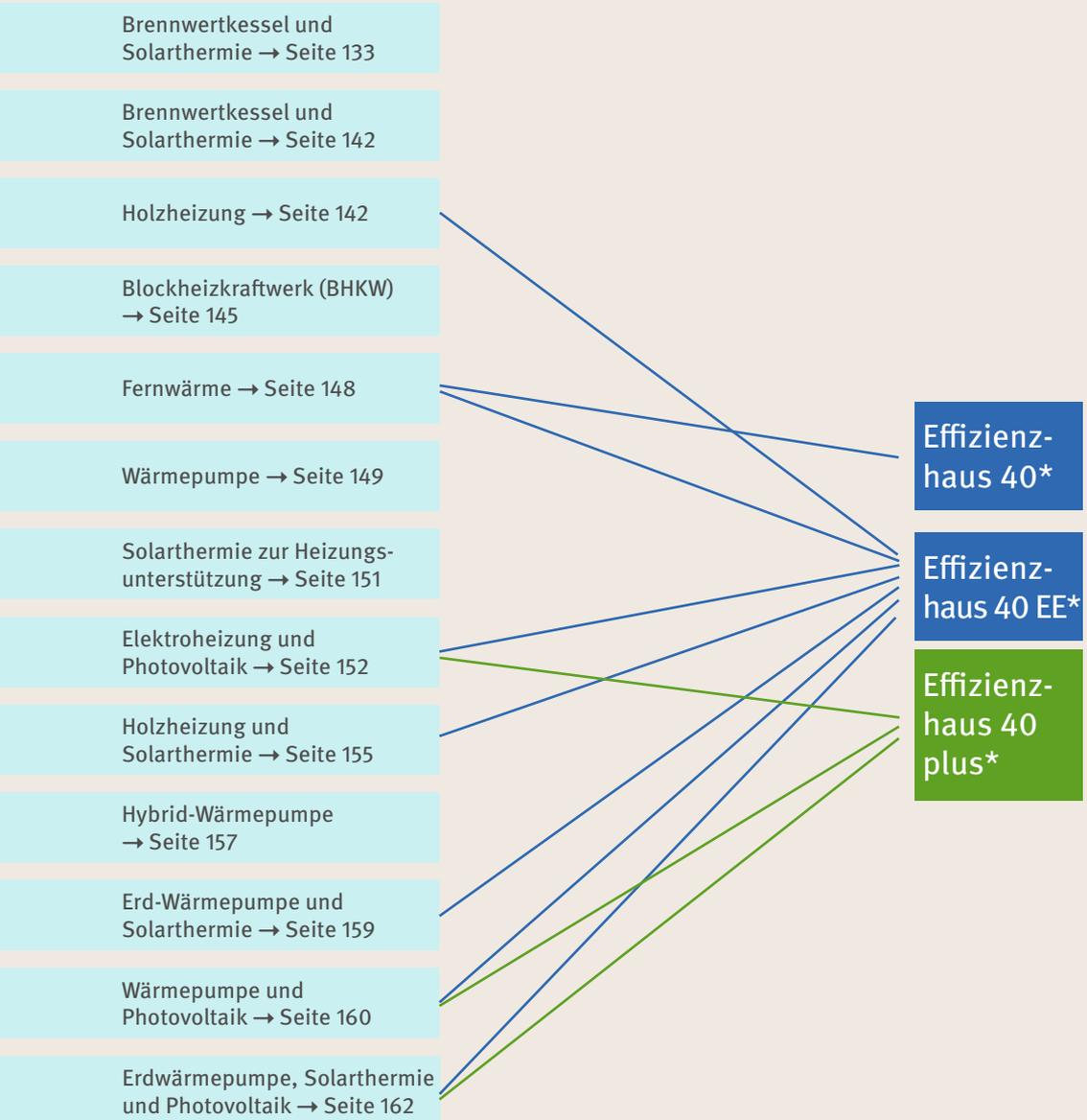
## Wie kann ich meine alte Heizungsanlage kostengünstig optimieren?

Da gibt es viele Möglichkeiten: Thermostatventile können ausgetauscht, Rohre gedämmt oder ein hydraulischer Abgleich gemacht werden. → Seite 171 Geht es darum, beim Warmwasser zu sparen? Wir geben Tipps zu Duschgewohnheiten, zum Austausch des Duschkopfes, zu sparsamen Armaturen und zur Optimierung Ihrer Warmwasserversorgung. → Seite 85 Viele Maßnahmen sind preiswert, werden zudem vom Staat gefördert und rechnen sich in kurzer Zeit.  
→ Seite 176, 188, 196

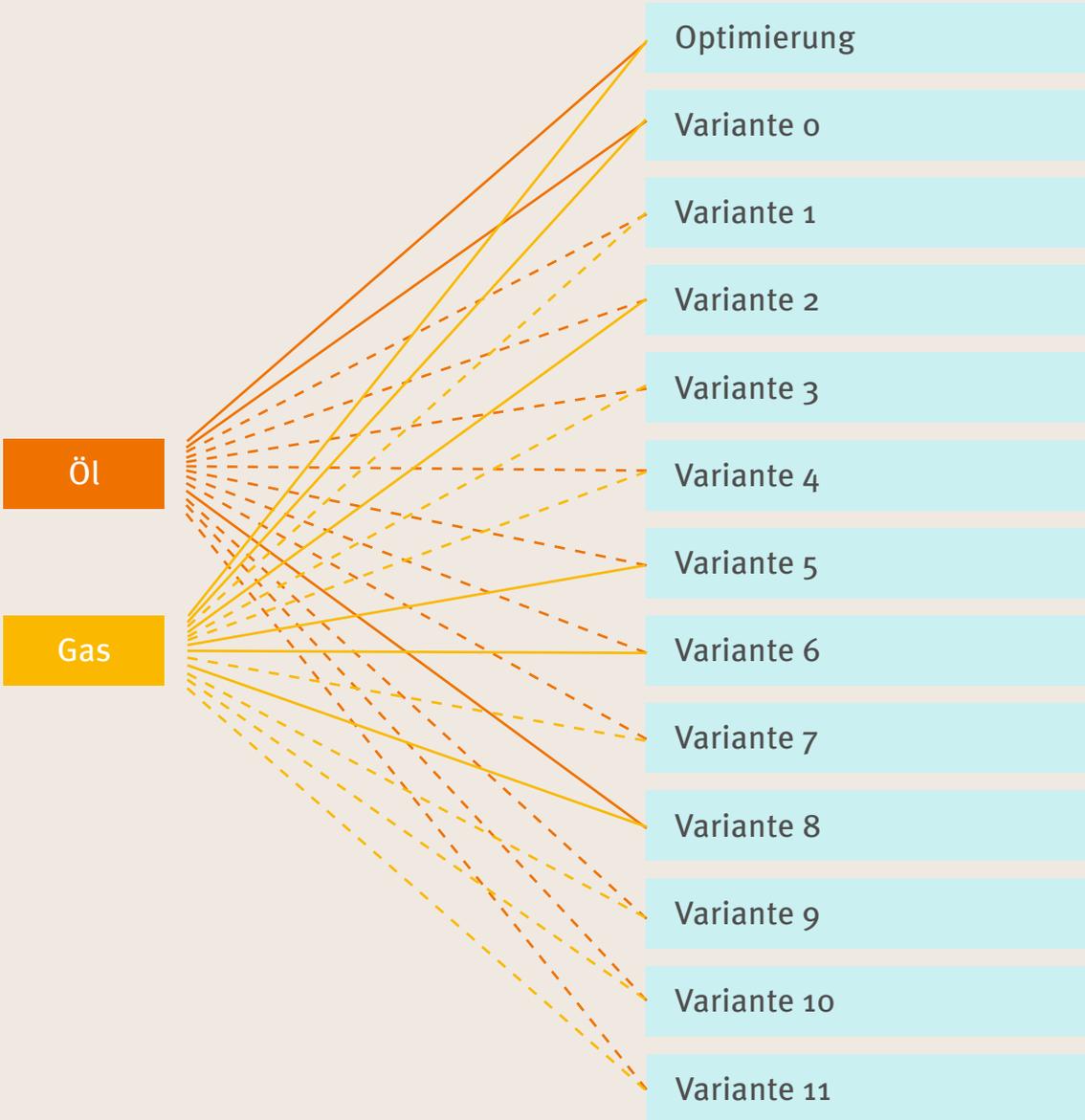
# Neubau: Die passende Haustechnik finden – und eine der Effizienzhausklassen\* erreichen



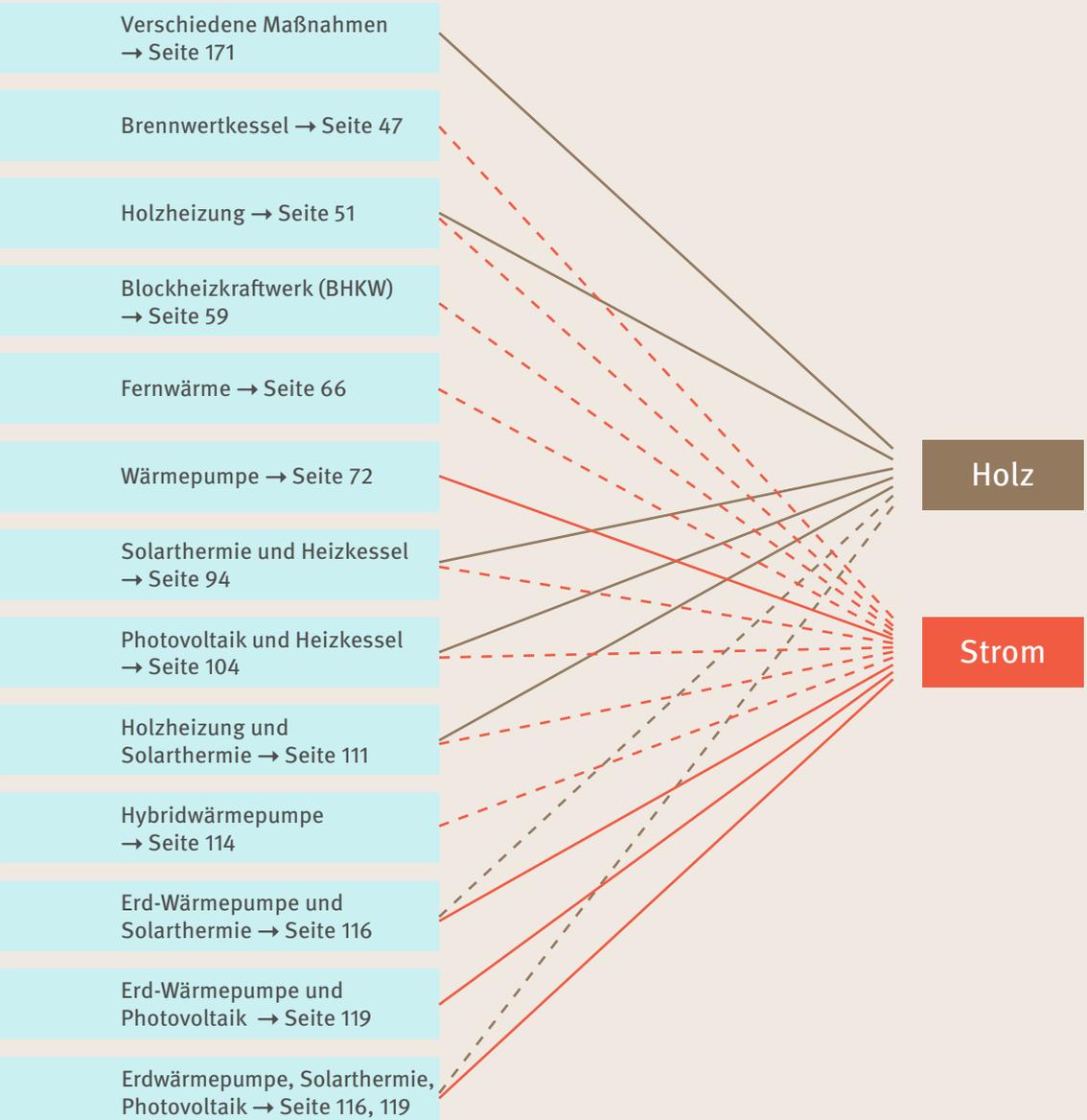
\*Zu den Effizienzhausklassen 55, 40 und 40 plus sowie zum Gebäudeenergiegesetz (GEG) → Seite 137



# Bestandsgebäude: Die passende Haustechnik finden, wenn Sie mit Öl, Gas, Holz oder Strom heizen



Gestrichelte Linie = der Energieträger wird gewechselt  
durchgezogene Linie = der Energieträger wird nicht gewechselt





# Klimawandel geht uns alle an

Die dramatischen Hurrikan-Meldungen 2017 und die Dürre-Sommer 2018 und 2019 verdeutlichen es: Klimaschutz ist dringend nötig – und jeder kann etwas dafür tun, zum Beispiel beim Heizen. Hier erfahren Sie Grundlegendes zu den klimatischen Zusammenhängen, zum Gebäudeenergiegesetz und zum eigenen wirtschaftlichen Heizen.

**V**ermutlich heizen Sie wie die meisten Hausbesitzer in Deutschland mit Öl, Gas oder Strom. Dann nutzen Sie **fossile Energieträger**. Das sind Stoffe, die aus abgestorbenen Pflanzen und Tieren im Verlauf von Jahrtausenden entstanden sind. Die Pflanzen haben von Sonnenlicht und die Tiere wiederum von Pflanzen oder anderen Tieren gelebt. Die von Ihnen jetzt genutzte Energie ist demnach „indirekt“ Sonnenenergie, die in sehr langen Zeiträumen angesammelt wurde. Werden fossile Energieträger (Öl, Gas) verbrannt oder wird elektrischer Strom im Kohlekraftwerk erzeugt, entsteht **Kohlendioxid** ( $\text{CO}_2$ ). Seit Beginn der Industrialisierung wird mehr Kohlendioxid freigesetzt, als es in den Pflanzen, insbesondere den Wäldern, aber auch in den Meeren gebunden wird. Dieser Überschuss führt dazu, dass der Kohlendioxidgehalt in

der Atmosphäre zunimmt (→ Abb.1). Seit 1958 wird auf dem hawaiianischen Vulkan Mauna Loa monatlich der Kohlendioxidgehalt der Atmosphäre gemessen.

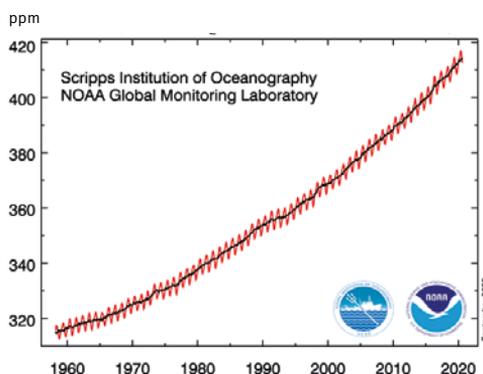


Abb. 1: Kohlendioxidgehalt in der Atmosphäre. Die Wellenbewegung entsteht durch die unterschiedlich starke Vegetation während der Jahreszeiten.



Abb.2: Prinzip des Treibhauseffekts.

Deutlich sichtbar ist in Abbildung 1, dass mittlerweile ein Wert oberhalb von 400 ppm erreicht worden ist.



#### HINTERGRUND

### ppm (parts per million)

Das ppm (parts per million) ist ein Maß für das Mischungsverhältnis, die Konzentration, hier von  $\text{CO}_2$  in Luft. Wie das Prozent ein Hundertstel bedeutet und das Promille ein Tausendstel, ist das ppm ein Millionstel. 400 ppm wären also ein Verhältnis von 0,04 Prozent  $\text{CO}_2$  in Luft. Noch in den 1960er Jahren lag dieser Wert unter 320 ppm (0,032 Prozent).

## Der Treibhauseffekt

In einem Treibhaus ergibt sich eine höhere Temperatur als außerhalb, weil das Glas die Sonnenstrahlen durchlässt. Sie erwärmen die

Luft. Diese Wärme kann nicht einfach so wieder durch das Glas nach draußen abziehen. Die Raumtemperatur steigt. Das ist der Treibhauseffekt.

In der Atmosphäre geschieht etwas Ähnliches (→ Abb.2): Die Sonnenlichtstrahlung durchdringt die Atmosphäre, trifft auf die Erde und erwärmt sie. Die Erde sendet diese Wärmestrahlung zurück ins All. Doch verschiedene Gase (auch Spurengase genannt, weil sie in kleiner Konzentration in der Luft vorkommen) wie Kohlendioxid, aber auch Methan, Stickoxide, Fluorkohlenwasserstoffe, Lachgas etc. übernehmen die Rolle des Treibhaus-Glases. Sie halten die Wärmestrahlung zurück. Darum werden diese Spurengase auch Treibhausgase genannt.

$\text{CO}_2$  ist das wichtigste Treibhausgas. Die Wirkung der anderen Treibhausgase wird in eine  $\text{CO}_2$ -Konzentration mit gleicher Wirkung umgerechnet ( $\text{CO}_2$ -Äquivalente). Je höher die Konzentration des  $\text{CO}_2$  und der Äquivalente, desto höher steigt die Durchschnittstemperatur durch den Treibhauseffekt.



## HINTERGRUND

## Drei Formen der Wärmeübertragung

Wärme wird von einem Körper mit höherer Temperatur auf einen mit niedrigerer Temperatur übertragen.

**Wärmeleitung** erfolgt durch feste Körper, die unterschiedliche Temperaturen aufweisen.

Beispiel: Sie stellen einen Kochtopf auf die eingeschaltete Herdplatte. Nach einiger Zeit ist der Topf innen heiß geworden. Gute Wärmeleiter sind vor allem Metalle. Schlechte Wärmeleiter sind Wärmedämmstoffe, die mit Gasen gefüllte Poren enthalten, etwa Mineralfasern oder ein dicker Schafwollpullover. Der schlechteste Wärmeleiter ist das Vakuum, der luftleere Raum. Eine Thermoskanne enthält einen doppelwandigen Glasbehälter, der luftleer ist: So bleibt der Kaffee länger heiß.

**Wärmeströmung** erfolgt in Flüssigkeiten und Gasen.

Beispiel: Warmes Wasser ist leichter als kaltes und steigt deswegen nach oben: Im Badewannenwasser ist es oben am wärmsten. Oder: Warme Luft strömt am Heizkörper nach oben und erwärmt so den Raum (Luftbewegung). Heizkörper, die besonders starke Luftbewegung hervorrufen, werden **Konvektoren** genannt, beispielsweise vor bodentiefen Fenstern in den Boden eingelassene Heizelemente mit einem Luftgitter darüber.

**Wärmestrahlung** benötigt keine Materie zum Transport. Sie kann auch im Vakuum passieren und breitet sich wie Licht geradlinig aus. Je heißer ein Körper ist, umso höher ist die Frequenz der ausgesandten Strahlung.

Beispiel: Ein Heizkörper in der Wohnung strahlt im Infraroten Bereich (→ Seite 45). Sie müssen ihn sehen können, um die Wärmestrahlung zu empfinden. Glühende Stoffe, beispielsweise eine Kerzenflamme oder die Sonne, strahlen neben der Wärme hauptsächlich sichtbares Licht ab, je heißer, desto weißer das Licht.

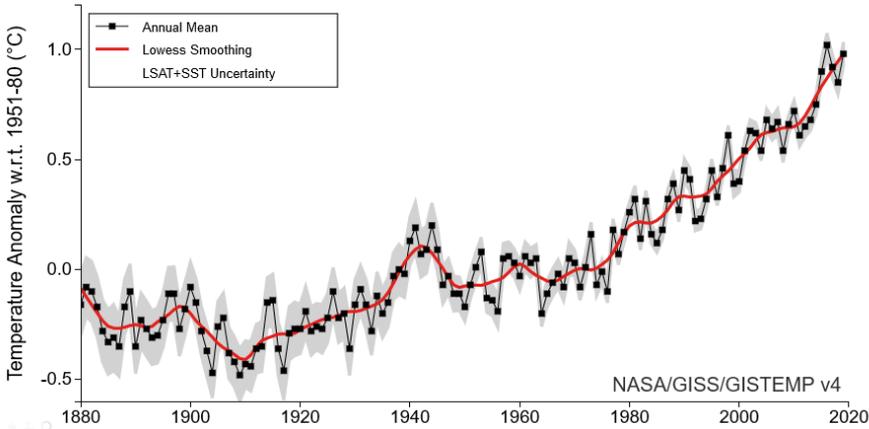


Abb. 3: Anstieg der weltweiten Durchschnittstemperatur während des Industriezeitalters.

Es gab bereits in vorindustrieller Zeit Spurengase, insbesondere  $\text{CO}_2$  in der Atmosphäre. Das war ein **natürlicher Treibhauseffekt**, der ein angenehmes Leben auf der Erde erst ermöglichte. Ohne ihn hätten wir eine Welt-Jahresdurchschnittstemperatur von frostigen -18 Grad.

Wie Abbildung 3 zeigt, ändert sich die Welt-Durchschnittstemperatur bis 1920 nur wenig. Ab dann und erst recht seit 1980 steigt die Temperaturkurve um mittlerweile gut ein Grad. Das entspricht dem Anstieg des  $\text{CO}_2$  in der Atmosphäre (→ Abb. Seite 19). Bis auf ganz wenige Klimaskeptiker gehen die Wissenschaftler davon aus, dass dieser **zusätzliche Treibhauseffekt** menschengemacht ist.

Das Klima ist ein sehr komplexes Geschehen. Sicher ist allerdings, dass durch die Spurengase beziehungsweise Treibhausgase

heute mehr Energie in der Atmosphäre gespeichert ist als früher. Und: Warme Luft kann mehr Wasserdampf enthalten als kalte. Die Auswirkungen sind aktueller denn je und weltweit zu spüren, beispielsweise die Zunahme von Stürmen und Hochwässern.

Im Klimageschehen gibt es sogenannte Kipp-Punkte, die unbedingt vermieden werden sollten. Wenn beispielsweise der Permafrostboden in Sibirien auftaut und dadurch weitere Treibhausgase freigesetzt werden, steigt die Temperatur. Es taut noch mehr Erdreich auf und noch mehr Treibhausgase werden freigesetzt: Ein weiterer Temperaturanstieg ist die Folge. Klimawissenschaftler stellen fest, dass erste Kipp-Punkte bereits aktiviert wurden. Spätestens bei einer weltweiten Erwärmung um zwei Grad werden weitere ausgelöst.

## Pariser Klimaschutz- abkommen

Es hat schon zahlreiche internationale Konferenzen zum Klimaschutz gegeben. Vor Paris fand die wichtigste 1997 in Kyoto statt – mit einem dort beschlossenen Protokoll. Darin verpflichteten sich ausgewählte Industrieländer, den Ausstoß (Emission) von Treibhausgasen zu begrenzen. Das Protokoll trat nach Ratifizierung durch zunächst 55 und später 192 Staaten im Jahr 2005 in Kraft. Weitere Konferenzen brachten keine erfolgversprechende Nachfolgeregelung zustande.

Ende 2015 fand in Paris die 21. UN-Klimakonferenz statt (kurz COP 21). Gleichzeitig gab es das 11. Treffen zum Kyoto-Protokoll (kurz CMP 11). Hauptziel dieser Konferenz war eine Nachfolge-Vereinbarung für das Kyoto-Protokoll.



Die Konferenz in Paris war im Vorfeld gut vorbereitet und wurde von den französischen Gastgebern geschickt geleitet. So kam es zum **Übereinkommen von Paris**. Mittlerweile haben 195 Staaten das Abkommen unterzeichnet, das 2016 in Kraft getreten ist. Diese Staaten haben sich darauf verständigt, Maßnahmen zu ergreifen, um den Temperaturanstieg auf deutlich unter 2 Grad, besser auf 1,5 Grad zu begrenzen. Sie geben dazu Selbstverpflichtungen ab. In regelmäßigen Abständen wird deren Einhaltung und die Einhaltung des 1,5- beziehungsweise maximal 2-Grad-Zieles überprüft. Gegebenenfalls werden weitere Maßnahmen ergriffen. Anders als im Kyoto-Protokoll gibt es nicht nur Emissionsgrenzen für Industrieländer, sondern eine Selbstverpflichtung für alle Länder, den Temperaturanstieg zu begrenzen.

## Paris und die Folgen

Es besteht also nachweislich ein Zusammenhang zwischen der Konzentration der Treibhausgase und dem Temperaturanstieg. Klimawissenschaftler haben berechnet, dass die Begrenzung auf 1,5 Grad Erwärmung eine Begrenzung der CO<sub>2</sub>-Konzentration auf 420 ppm verlangt. Zusätzlich zum bereits in der Atmosphäre enthaltenen CO<sub>2</sub> dürfen dann vermutlich höchstens noch weitere 280 Gigatonnen CO<sub>2</sub> hinzukommen, um auf der