

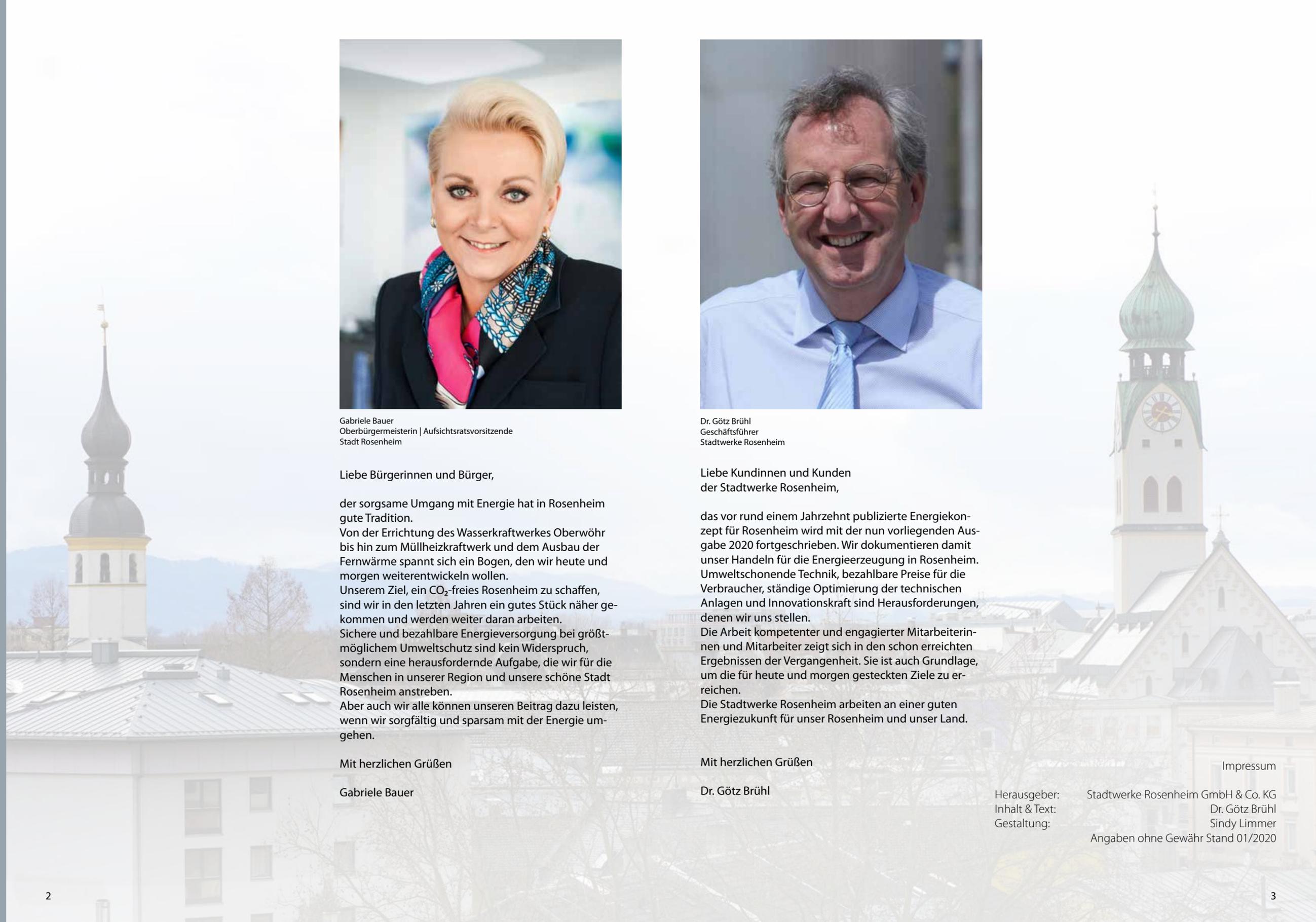


# ENERGIEKONZEPT 2020

## [ Inhaltsverzeichnis ]

Seite 2	Vorwort
Seite 4	Rückblick   Aktueller Stand   Ausblick
Seite 6	Das Holistische Prinzip
Seite 8	Wir sind Teil des Energiesystems Deutschland
Seite 10	Energiebedarf und seine Entwicklung
Seite 12	Was ist der Energiemarkt und wie funktioniert er?
Seite 14	Historische Entwicklung
Seite 18	Green Deal
Seite 19	Funktioniert "All Electric World"?
Seite 20	Wie hat sich unser Umfeld verändert?
Seite 22	CO <sub>2</sub> ist die neue Währung
Seite 24	Wind- und Solarenergie
Seite 26	NEtzentwicklung in Europa
Seite 28	Erneuerbare Energien in Rosenheim
Seite 30	Müllheizkraftwerk ist CO <sub>2</sub> -frei
Seite 31	Wind- und Solarenergie
Seite 32	Wärme ist wichtig
Seite 34	Energiedienstleistungen
Seite 36	Rückblick
Seite 38	Fernwärme Netzentwicklung
Seite 40	Ziel erreicht?
Seite 42	Energiesystemmodell Aufbau & Funktion Berechnungsschemen Stromerzeuger   Stromverbraucher Anlageneinsatzoptimierung Preisentwicklung Bilanzierung Untersuchung von Ausbauvarianten Szenarienvergleich Netzentwicklungsplan lokale Wertschöpfung für Rosenheim
Seite 54	Kraft-Wärme-Kopplung
Seite 56	Holzvergasung
Seite 58	Wärmepumpen & Elektrokessel
Seite 60	Steuerung & Vermarktung
Seite 62	dezentraler Erzeugungsanlagen
Seite 64	Ausblick in die Zukunft Strom- und Fernwärme Gasversorgung und Gasnetz
Seite 65	Zusammenfassung
Seite 66	Effiziente Energieversorgung in der Stadt AGFW
Seite 67	FfE Begutachtung

AbLaV	Verordnung über Vereinbarungen zu abschaltbaren Lasten
AGFW	Der Energieeffizienzverband für Wärme, Kälte und KWK e. V.
AnlRegV	Anlagenregisterverordnung
ARegV	Anreizregulierungsverordnung
AtG	Atomgesetz
BBergG	Bundesberggesetz
BBPlG	Bundesbedarfsplangesetz
BImSchG	Bundes-Immissionschutzgesetz
BiomasseV	Biomasseverordnung
BioSt-NachV	Biomassestrom-Nachhaltigkeitsverordnung
BIP	Bruttoinlandsprodukt
BNatSchG	Bundesnaturschutzgesetz
D	Deutschland
DSPV	Besondere-Ausgleichsregelung-Durchschnittsstrompreis-Verordnung
EDL-G	Gesetz über Energiedienstleistungen und andere Energieeffizienzmaßnahmen
EE	Erneuerbare Energien
EEG	Erneuerbare-Energien-Gesetz
EEV	Erneuerbare-Energien-Verordnung
EEWärmeG	Erneuerbare-Energien-Wärmegesetz
EK	Elektrokessel
EKFG	Energie- und Klimafonds Gesetz
EltSV	Elektrizitätssicherungsverordnung
EmoG	Elektromobilitätsgesetz
EnEG	Energieeinsparungsgesetz
EnergieStG	Energiesteuergesetz
EnEV	Energieeinsparverordnung
EnLAG	Energieleitungsausbaugesetz
EnSiG	Energiesicherungsgesetz 1975
EnVKG	Energieverbrauchskennzeichnungsgesetz
EnVKV	Energieverbrauchskennzeichnungsverordnung
EnWG	Energiewirtschaftsgesetz
EU	Europäische Union
EVPG	Energieverbrauchsrelevante-Produkte-Gesetz
EVPVG	Verordnung zum EVPG
EVU	Energieversorgungsunternehmen
FCKW/FKW	Fluorchlorkohlenwasserstoff/Fluorkohlenwasserstoff
FFE	Forschungsstelle für Energiewirtschaft e. V.
GasGVV	Gasgrundversorgungsverordnung
GasHDrltgV	Gashochdruckleitungsverordnung
GasNEV	Gasnetzentgeltverordnung
GasNZV	Gasnetzzugangsverordnung
GasSV	Gassicherungsverordnung
GJ	Gigajoule
HeizkostenV	Verordnung über Heizkostenabrechnung
IKT	Informations- und Kommunikationstechnik
iKWK	Innovative Kraft-Wärme-Kopplung
KAV	Konzessionsabgabenverordnung
KraftNAV	Kraftwerks-Netzanschlussverordnung
KSG	Bundes-Klimaschutzgesetz
KSpG	Kohlendioxid-Speicherungsgesetz
KWK	Kraft-Wärme-Kopplung
KWVG	Kraft-Wärme-Kopplungsgesetz
LSV	Ladesäulenverordnung
MIM	Martintegrationsmodell
MsbG	Messstellenbetriebsgesetz
NABEG	Netzausbaubeschleunigungsgesetz Übertragungsnetz
NAV	Niederspannungsanschlussverordnung
NDAV	Niederdruckanschlussverordnung
NEP	Netzentwicklungsplan
NetzResV	Netzreserveverordnung
PEV	Primärenergieproduktivität
Pkw-EnVKV	Pkw-Energieverbrauchskennzeichnungsverordnung
PIFZV	Planfeststellungszuweisungsverordnung
PV	Photovoltaik
RE	Regelenergie
RSHW	Reserve- und Spitzenheizwerk
SDLWindV	Systemdienstleistungsverordnung
StromGVV	Stromgrundversorgungsverordnung
StromNEV	Stromnetzentgeltverordnung
StromNZV	Stromnetzzugangsverordnung
StromStG	Stromsteuergesetz
SysStabV	Systemstabilitätsverordnung
TEHG	Treibhausgas-Emissionshandelsgesetz
ÜNSchutzV	Verordnung zum Schutz von Übertragungsnetzen
UVPG	Gesetz über die Umweltverträglichkeitsprüfung
WettbMesswSGG	Gesetz des Messwesens bei Strom und Gas für Wettbewerb
WHG	Wasserhaushaltsgesetz
WindSeeG	Windenergie-auf-See-Gesetz
WP	Wärmepumpe



Gabriele Bauer  
Oberbürgermeisterin | Aufsichtsratsvorsitzende  
Stadt Rosenheim

Liebe Bürgerinnen und Bürger,

der sorgsame Umgang mit Energie hat in Rosenheim gute Tradition.

Von der Errichtung des Wasserkraftwerkes Oberwöhr bis hin zum Müllheizkraftwerk und dem Ausbau der Fernwärme spannt sich ein Bogen, den wir heute und morgen weiterentwickeln wollen.

Unserem Ziel, ein CO<sub>2</sub>-freies Rosenheim zu schaffen, sind wir in den letzten Jahren ein gutes Stück näher gekommen und werden weiter daran arbeiten.

Sichere und bezahlbare Energieversorgung bei größtmöglichem Umweltschutz sind kein Widerspruch, sondern eine herausfordernde Aufgabe, die wir für die Menschen in unserer Region und unsere schöne Stadt Rosenheim anstreben.

Aber auch wir alle können unseren Beitrag dazu leisten, wenn wir sorgfältig und sparsam mit der Energie umgehen.

Mit herzlichen Grüßen

Gabriele Bauer



Dr. Götz Brühl  
Geschäftsführer  
Stadtwerke Rosenheim

Liebe Kundinnen und Kunden  
der Stadtwerke Rosenheim,

das vor rund einem Jahrzehnt publizierte Energiekonzept für Rosenheim wird mit der nun vorliegenden Ausgabe 2020 fortgeschrieben. Wir dokumentieren damit unser Handeln für die Energieerzeugung in Rosenheim. Umweltschonende Technik, bezahlbare Preise für die Verbraucher, ständige Optimierung der technischen Anlagen und Innovationskraft sind Herausforderungen, denen wir uns stellen.

Die Arbeit kompetenter und engagierter Mitarbeiterinnen und Mitarbeiter zeigt sich in den schon erreichten Ergebnissen der Vergangenheit. Sie ist auch Grundlage, um die für heute und morgen gesteckten Ziele zu erreichen.

Die Stadtwerke Rosenheim arbeiten an einer guten Energiezukunft für unser Rosenheim und unser Land.

Mit herzlichen Grüßen

Dr. Götz Brühl

Impressum

Herausgeber: Stadtwerke Rosenheim GmbH & Co. KG  
Inhalt & Text: Dr. Götz Brühl  
Gestaltung: Sindy Limmer  
Angaben ohne Gewähr Stand 01/2020

# Rückblick, aktueller Stand und Ausblick | Energiekonzept für Rosenheim

Die Energieversorgung ist eine komplexe Materie mit vielen Teilgebieten, gesellschaftlichen Wechselwirkungen, einem breiten Technikspektrum und unterliegt zahlreichen Einflussfaktoren. Dieses Energiekonzept soll Hintergründe aufzeigen und erklären, wie die Stadtwerke die Energieversorgung der Stadt Rosenheim zukünftig gestalten wollen und warum. Es geht um Ziele und wie diese erreicht werden sollen. Das sind technische Vorgänge, deren Lösungen immer Kompromisse darstellen. Absolute Wahrheiten gibt es nicht, vielmehr Abwägungen, Prognosen und zahlreiche Berechnungen von Energieströmen, CO<sub>2</sub>-Mengen, Preisen und Kosten.

Alles hängt mit allem zusammen, daher könnte die Überschrift auch „das Holistische Prinzip“ heißen. Man kann nicht einzelne Dinge verändern, ohne ganz viele andere Wirkungen gleich mit auszulösen. Es gibt keine monokausalen Zusammenhänge, kein „aus A folgt B“, die so einfach sind, dass sie jeder versteht. Wir wollen hier keine „30-Sekunden-Statements“ abgeben, sondern sie einen Blick hinter die Kulissen werfen lassen und hoffen, dass Sie Interesse an unseren Aufgaben, Gedanken und Zielen gewinnen.

Unsere Ziele sind vielfältig und beschränken sich nicht auf den Verzicht von fossilen Brennstoffen. Ziele sind unter anderem

- Versorgungssicherheit,
- Bezahlbarkeit - auch für die Wirtschaft im internationalen Wettbewerb,
- Umweltschutz - auch abseits vom Klimaschutz,
- Robustheit gegen Veränderungen (z.B. der Rohstoffpreise) und
- Resilienz, also die Fähigkeit, nach schweren Störungen schnell wieder zu einem sicheren Betrieb zurückzugelangen.

Speziell die Photovoltaik ist in unserer Gegend weit verbreitet. Aufgrund in der ver gleichsweise hohen

Sonneneinstrahlung bei uns liegen die Werte 20 - 30 % über denen in Norddeutschland. Wir haben bislang nicht auf PV gesetzt, weil sie höhere CO<sub>2</sub>-Vermeidungskosten hat, speziell PV-Dachanlagen. Die EEG-Förderung kompensiert das zwar, muss aber am Ende auch von uns allen bezahlt werden.

Unser Ansatz ist dagegen, mit den finanziellen Mitteln, die uns zur Verfügung stehen, möglichst viel CO<sub>2</sub> einzusparen. Der größte Hebel liegt hier in der Kombination aus effizienter Kraft-Wärme-Kopplung (KWK), Fernwärme und Wärmespeichern. Das liegt zum großen Teil daran, dass wir nicht nur den Strom-, sondern auch den Wärmesektor verbessern. Und es funktioniert auch mit erneuerbarer Energie in Form von Biomethan oder Wasserstoff, der zukünftig vielleicht eine Rolle spielt. Diese Maßnahmen sind in ihrer Kombination eigenwirtschaftlich, d. h., die CO<sub>2</sub>-Vermeidungskosten liegen bei Null. So wird auch die Leistungsfähigkeit der Stadtwerke erhalten, die wir sicher zukünftig dringend benötigen, um in neue technische Möglichkeiten zu investieren oder aufkommende Risiken zu beherrschen.

Um fossile Energien zu ersetzen, brauchen wir Wind- und Solarstromerzeugung. Deren ungezügelter Ausbau wäre allerdings kaum beherrschbar. Wir leisten wichtige Beiträge, um diese witterungsbedingten, schnellen Leistungsänderungen der Stromerzeugung in das Netz einzubinden und ergänzen zu können. Die effiziente und sichere Integration der erneuerbaren Energien ist eine der großen Herausforderungen unserer Zeit.

Es gibt neben dem Ausbau von Windturbinen und PV-Anlagen viele weitere Möglichkeiten, CO<sub>2</sub> einzusparen und diese sind dringend notwendig. Erneuerbarer Strom kann und wird wichtige Beiträge zur Wärmeversorgung auch bei uns übernehmen. Eine sichere Wärmeversorgung besonders in sehr kalten Witterungsperioden kann EE-Strom absehbar nur begrenzt darstellen. Die benötigten Leistungen für einen großen Anteil am

Wärmemarkt stehen nicht zur Verfügung, weder bei der Erzeugung noch bei der Übertragung und Verteilung. Die KWK mit Fernwärme bietet hier viele Vorteile. Sie entlastet das Stromnetz und sorgt für Stabilität und Versorgungssicherheit bei zusätzlichen CO<sub>2</sub>-Minderungen und erheblich preiswerteren Energiespeichern.

Wir werden auch noch nach 2050 aus vielen Gründen konventionelle Energieträger und fossile Brennstoffe einsetzen, aber eben sehr viel weniger als heute. Anlagen zur Absicherung der Leistung, die nur wenige Stunden im Jahr in Betrieb gehen, sind für die Zuverlässigkeit der Energieversorgung sehr wichtig. Der volkswirtschaftliche Schaden von großräumigen Stromausfällen wäre sonst gewaltig. Ohne Strom funktioniert fast nichts mehr.

Sektorenkopplung ist ein neuer und viel benutzter Begriff. Damit gemeint ist das koordinierte Zusammenspiel verschiedener Energiearten. Für uns ist es weder neu noch etwas Besonderes, da wir schon lange und zukünftig vermehrt die Vorteile nutzen und Strom, Gas, Wärme, Kälte sowie Reststoffentsorgung gemeinsam betreiben und optimieren. Kraft-Wärme-Kopplung ist eine bei uns längst genutzte Technik. Jetzt ergänzen wir sie um Wärmepumpen und Kälteerzeugung.

Eine weitere Frage der Optimierung ist, was muss der Verbrauchs- und was der Bereitstellungssektor leisten? Damit ist z. B. gemeint, dass die Wärmeversorgung von Gebäuden durch Dämmung, ein besseres Heizungssystem oder/und Fernwärme verbessert werden kann. In den meisten Fällen entscheiden sich die Eigentümer nach wirtschaftlichen Gesichtspunkten. Das geht aber nicht immer, denn historische Gebäude mit wertvollen Fassaden können nur schwer wärmegeklämt werden. Hier liefern wir mit der Fernwärme einen guten und preiswerten Weg, der auch das Stadtbild schützt.

Die Strahlungsbilanz der Erde wird vom CO<sub>2</sub> beeinflusst: mehr CO<sub>2</sub>, weniger Wärmeabstrahlung. Wir sollten daher unverzüglich, möglichst viel CO<sub>2</sub> vermeiden. Das verlangt erst einmal viel Investitionen. Deutschland hat dazu in den letzten 20 Jahren sicher mehr pro Einwohner aufgewendet, als alle anderen Industrieländer und unsere Anstrengungen gehen weiter. Aber hierfür müssen wir unsere industrielle Wettbewerbsfähigkeit erhalten. Ohne Geld können wir wenig ausrichten. Das gilt für Deutschland genauso, wie für unsere Stadtwerke. Ein „egal, was es kostet“ behindert den Klimaschutz. Wenn wir in vielleicht 20 Jahren 80 % des CO<sub>2</sub>-Ausstoßes reduziert haben sollten, wäre das eine wunderbare Leistung und wir würden in unseren Anstrengungen nicht enden. Jetzt aber lautstark 100 % zu fordern, verkennt die darin enthaltene Leistung und behindert eine möglichst effiziente Umsetzung. Die Gefahr, dass das Geld (auch eine endliche Ressource) auch für populistische Vorhaben verpulvert würde, wäre groß (und es wäre nicht das erste Mal).

Wir beschreiben hier, wie sich mit unseren Mitteln zügig, nachhaltig und sicher viel CO<sub>2</sub> einsparen lässt. Demnächst wird es etliche Veränderungen geben, die heute noch nicht absehbar sind. Deshalb ist es von großer Bedeutung, dass wir auch künftig unsere Handlungsfähigkeit und Flexibilität erhalten, um den Risiken begegnen und die Chancen wahrnehmen zu können.

Wir hängen in so hohem Maß von der Zuverlässigkeit der Stromversorgung ab, dass sich allein daraus viel Konsequenzen ergeben und es gibt viele Bereiche, in denen die Risiken von Stromausfällen zugenommen haben, denn die Reserven bei Netzkapazität und -stabilität sind stark vermindert. Dass es keine großen Schäden gegeben hat, ist ein Beweis für die Leistungsfähigkeit, das Wissen und die Kreativität der Mitarbeiter in der Energiewirtschaft insgesamt.

Ein zuverlässiges und robustes Energiesystem entsteht erst aus einer Vielzahl von verschiedenen Anlagen und Techniken. Monokulturen sind auch in der Technik anfällig und unflexibel. Sie können Störungen schlecht beherrschen. Wir hatten ein sehr robustes System aus Stein- und Braunkohle, Gas, Öl, Kernkraft, Wasserkraft sowie vielen anderen Strom- und Wärmeerzeugungstechniken. Kohle und Kernenergie, die früher tragenden Säulen, verschwinden jetzt aus vielen Gründen. Windkraft und PV können sie zeitweise ersetzen, aber zeitweise auch nicht. Die viel zitierten Speicher gibt es nicht und wird es vermutlich in einer entsprechenden Größe auch zukünftig nicht geben. Andere Techniken müssen zusätzlich ausgebaut werden, um die Lücken zu schließen. Hier sehen wir unsere Aufgaben und Chancen, einen wichtigen Beitrag zu leisten, der deutlich über unsere heimischen Bedürfnisse hinausgeht. Die Digitalisierung bringt einige Erleichterungen und

Verbesserungen mit sich. Sie birgt aber auch viel Angriffspotenzial und dies gerade deshalb, weil wir uns so stark von ihr abhängig machen. Für die Nato ist Cybersicherheit die fünfte Domäne der Landesverteidigung. Wir bemühen uns insbesondere, unsere Anlagen notfalls auch manuell - ohne Prozessrechner - steuern zu können, also weniger optimiert, aber dafür betriebsfähig, um Rosenheim gerade beim Eintreten von unvorhersehbaren Ereignissen sicher mit Strom und Wärme versorgen zu können.

Wir versuchen, all diese Aspekte abzuwägen und hoffen, dass wir vermitteln können, wie wir unsere Verantwortung verstehen und wahrnehmen, wie wir unserer gesamtheitlichen Aufgabe nachkommen und sie vielleicht sogar zum Vorbild anderer erfüllen und wir wollen uns auch später an unseren Zielen messen und messen lassen.

Das "Holistische Prinzip"  
Alles hängt mit allem zusammen.

### Rosenheim ist keine Insel

Eine Veränderung in den Energievorkommen oder der -nutzung irgendwo auf der Welt kann letztlich auch Auswirkungen auf den deutschen Markt sowie die Energieerzeugung und -vermarktung in Rosenheim haben.

Am Beispiel Shalegas (Schiefergas) kann man das anschaulich verdeutlichen. Allgemeiner als „unkonventionelles Erdgas“ bezeichnet ist in größeren Tiefen in bestimmten Lagen von festem Gesteinen vorhanden.

In Nordamerika wird dieses Erdgas seit ca. 20 Jahren zunehmend gefördert. Möglich wurde dies durch Entwicklungen der Bohrtechnik. Mit herkömmlichen Verfahren war es nur schwer und kostenaufwendig zu fördern. Die neue Technik basiert auf der Möglichkeit, die Bohrungen nicht nur senkrecht nach unten zu führen, sondern auch in der Tiefe gezielt abzulenken und so in den gasführenden Schichten entlang zu bohren. Mehrere sternförmig abgelenkte Bohrungen können damit von einem Bohrplatz aus Gas großflächig erschließen.

Diese Technik hat den Gaspreis in Nordamerika auf etwa ein Drittel des europäischen Preises sinken lassen. Damit wurden Gasanwendungen vielfach billiger als die Nutzung von Kohle, beispielsweise bei der Stromerzeugung. Dies reduziert den Kohlebedarf in Nordamerika und damit den Weltmarktpreis für Kohle. Die preiswertere Kohle verbesserte die Wirtschaftlichkeit und folglich den Einsatz von Kohlekraftwerken in Europa und verdrängte im Zuge dessen den Einsatz von Gaskraftwerken. Dadurch steigt der CO<sub>2</sub>-Ausstoß (oder senkt sich langsamer als geplant) mit der Folge, dass die EU das Emissionshandelssystem justierte und CO<sub>2</sub>-Zertifikate aus dem Markt nahm, was den CO<sub>2</sub>-Preis (nach einigen Verzögerungen) 2018 deutlich steigen ließ.

In der Abbildung 1 sind weitere Wirkungsketten dargestellt. Insbesondere sei an dieser Stelle auf die mit einem Stern gekennzeichneten Aspekte rechts unten verwiesen. Hier hat der Markt auf Probleme durch die schnell wechselnden Leistungen von Wind- und PV-Anlagen reagiert und den Intraday-Markt eingeführt, der seitdem kontinuierlich wächst. Im Intraday-Markt werden sehr kurzfristig Stromgeschäfte abgewickelt, die wenige Minuten später schon in Erfüllung gehen können und nur eine Dauer von 15 Minuten haben. Dies ermöglicht einen schnellen Ausgleich von Differenzen bei der Wind- und Solarstromprognose sowie die Reaktion auf Kraftwerksausfälle oder unerwartete Kundennachfragen (z. B. bei Produktionsänderungen).

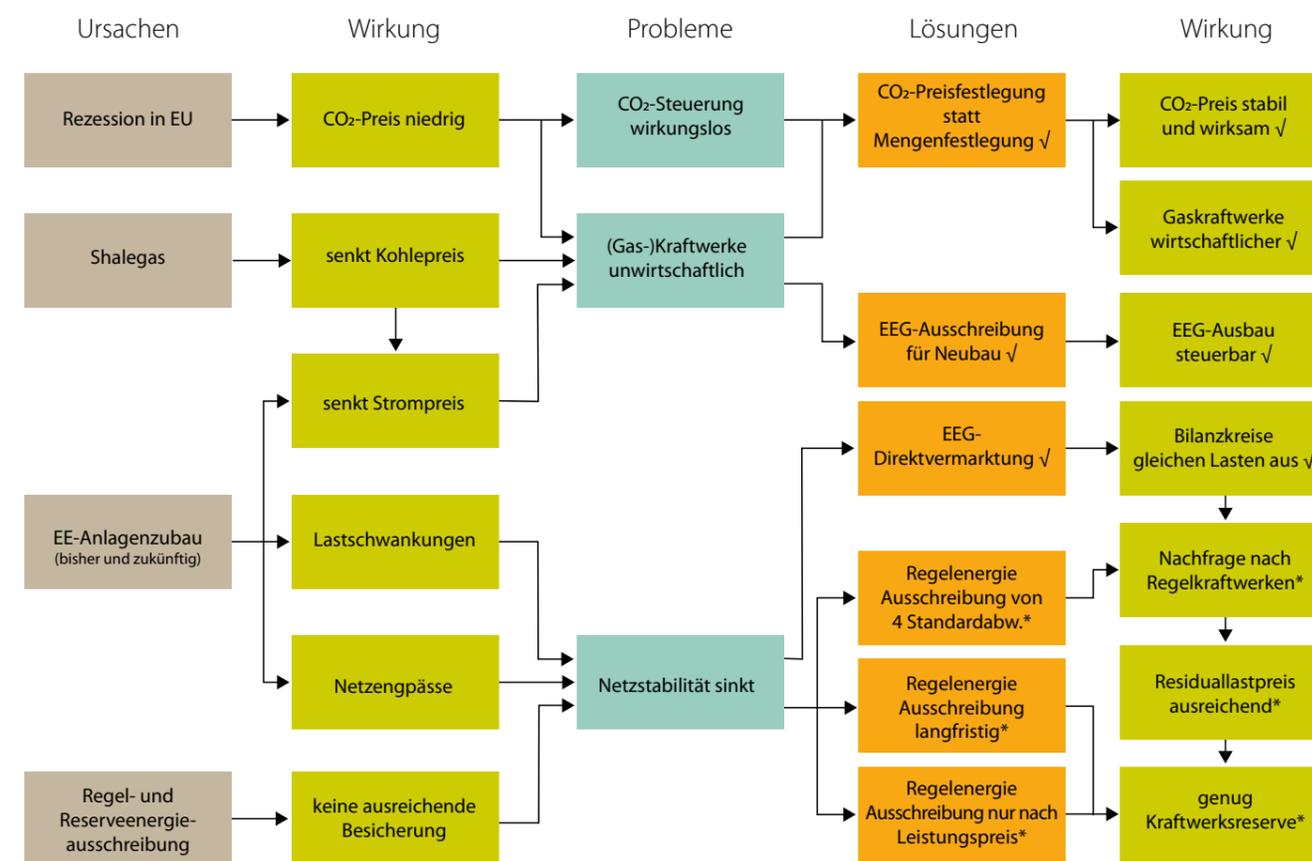


Abbildung 1: Schema einiger ausgewählter Wechselwirkungen im Energiemarkt

\* durch Intradaymarkt teilweise kompensiert  
✓: wurde mittlerweile erfüllt

Das "Holistische Prinzip"

Das auch als **Ganzheitslehre** bezeichnete Prinzip besagt, dass Systeme als Ganzes und nicht nur als Zusammensetzung ihrer Teile zu betrachten sind.

# Wir sind Teil des Energiesystems in Deutschland.



## Gesamtwirtschaftliche Energieproduktivität 1990 - 2017

Primärenergiebedarf pro Brutto Inlandsprodukt in GJ/1000€ BIP

1.000 Euro BIP (real) pro GJ PEV

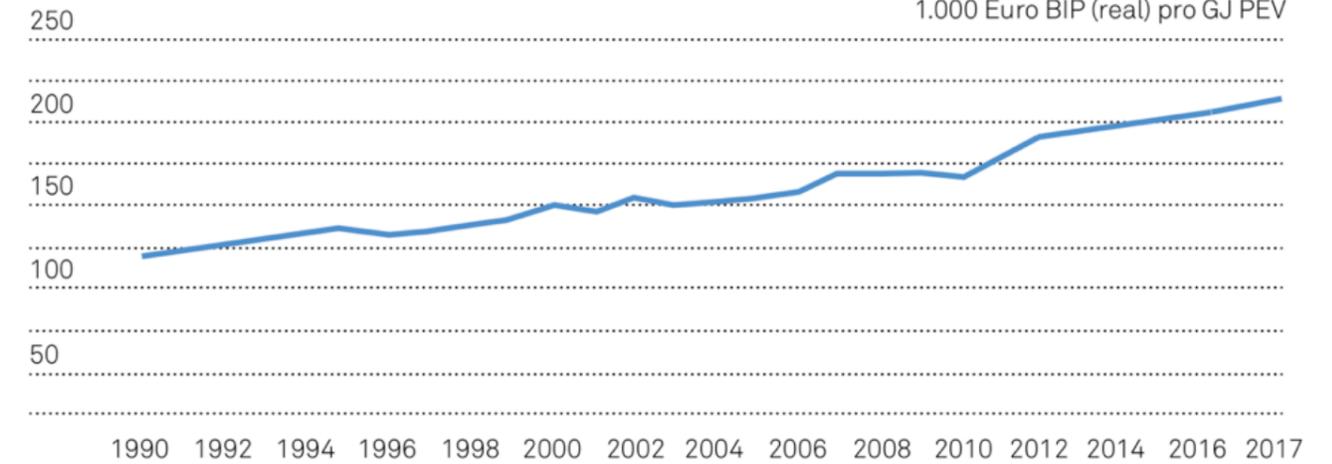


Abbildung 3

Das Energiesystem verändert sich ständig durch viele Faktoren. Umstellungen, auch grundlegende, gab es immer schon. Speziell die Stromversorgung hat viele Wandlungen erlebt. Das was wir heute mit Energiewende bezeichnen, steht damit in einer langen Tradition sich verändernder Technik bei der Stromerzeugung. Aber die Stromversorgung ändert sich nicht nur auf der Erzeugungsseite, sondern auch beim Verbrauch und am Ende müssen die Netze ebenso angepasst werden. Der Ausbau der Transportnetze ist eine der großen und wichtigen Aufgaben, da die Verwaltung der begrenzten Kapazitäten sehr teuer (für die Endkunden) ist und durch Abregelung von Windkraftanlagen die CO<sub>2</sub>-Ein-

sparung behindert.

Wie viel speziell die Industrie zur Effizienzsteigerung beigetragen hat, ist in der Abbildung 3 für die letzten drei Jahrzehnte dargestellt. Die Energieeffizienz ist hier in Form von Wirtschaftsleistung als Bruttoinlandsprodukt (BIP) pro Primärenergieverbrauch (PEV) aufgetragen. Der Wert hat sich im Laufe der Zeit etwa verdoppelt, d. h., heute wird verglichen mit 1990 nur halb so viel Primärenergie pro wirtschaftlicher Wertschöpfung benötigt. Der Anstieg ist kontinuierlich erfolgt und ein Ende dieses Trends nicht zu erkennen.

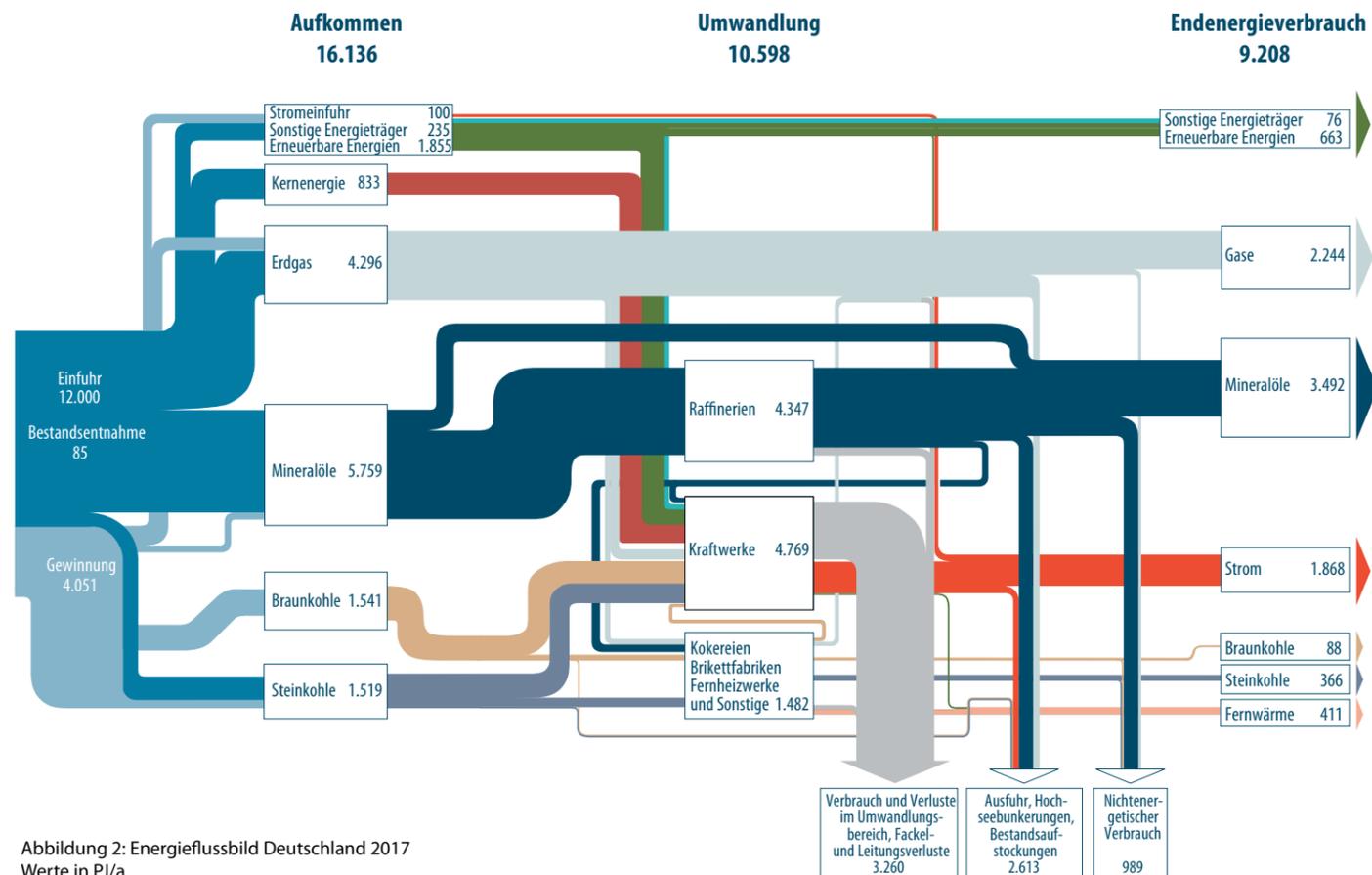


Abbildung 2: Energieflussbild Deutschland 2017  
Werte in PJ/a

	PJ	Mrd. kcal	TWh
1 Petajoule (PJ)	-	238,800	0,300
1 Mio. t Steinkohleeinheit (SEK)	29,308	7.000,000	8,140
1 Mio. t Rohöleeinheit (RÖE)	41,869	10.000,000	11,600
1 Mrd. Kilokalorien (kcal)	0,004	-	0,001
1 Terrawattstunde (TWh)	3,600	859,800	-

Tabelle 1: Umrechnungsfaktoren für verschiedene Energie-Einheiten

# Energiebedarf und seine Entwicklung in Deutschland und Rosenheim

Zu den Veränderungen des Energiebedarfs tragen auch die privaten Haushalte bei. Ihr mittlerer Strombedarf je Einwohner war in Deutschland bis 2010 kontinuierlich auf 1.760 kWh/a gestiegen und ist danach um 200 kWh/a gesunken.

Bei der Wärme gibt es zwei wichtige Effekte. Durch die fortschreitende Wärmedämmung vermindert sich der Bedarf des Wohnungsbestands durchschnittlich um 1,2 % bis 1,5 % p. a. Dies ergibt sich aus der Haltbarkeit von Dächern, Fenstern und Fassaden. Deren Erneuerung vermindert die Wärmeverluste der Gebäude. Bei einer Haltbarkeit von 35 Jahren ergibt sich eine Reduzierung des Wärmebedarfs um ca. 40 %.

Der zweite Effekt ist die Zunahme der mittleren Wohnfläche pro Person. Damit wurde in den vergangenen

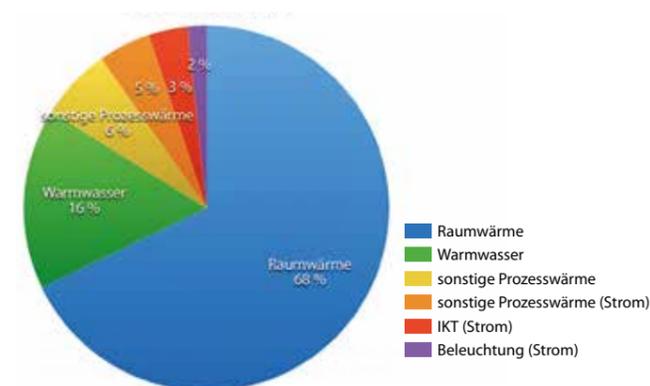


Abbildung 4: Energiebedarf im Haushalt 2018

Jahren die Einsparung durch Wärmedämmung in Deutschland vollständig kompensiert. Folglich blieben die Anteile der in Haushalten benötigten Energie in etwa konstant. Dies ist in der Abbildung 4 dargestellt (ohne Verkehr). Über 80 % der Energie wird für Heizung und Warmwasser benötigt. Das unterstreicht wieder, wie notwendig die Wärme bei allen Anstrengungen zum Umwelt- und Klimaschutz ist.

Abbildung 5 zeigt, wie sich der Wärmebedarf in Rosenheim entwickelt hat und wie der Einsatz von Heizöl zugunsten von Gas und Fernwärme zurückgegangen ist.

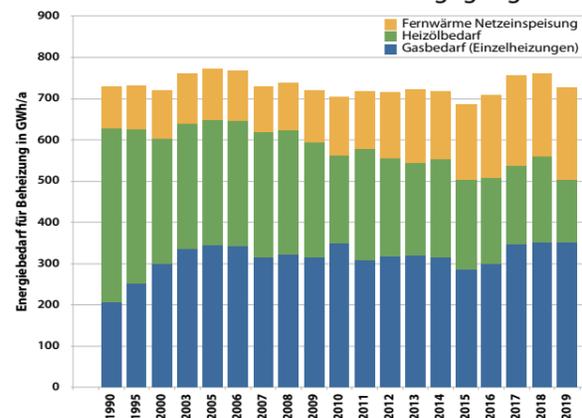


Abbildung 5: Entwicklung der Wärmeversorgung in Rosenheim

Die Möglichkeiten einer stärker erneuerbaren Wärmeversorgung von Wohnhäusern abseits der Fernwärme sind begrenzt:

- **Elektroheizungen** gab es lange Zeit als Nachtspeicherheizungen. Diese wurden in der Nacht aufgeladen, wenn der Strom preiswert war und hierdurch vermieden, dass Kraftwerke zeitgleich weiter her-

untergefahren und in Bereichen mit geringem Wirkungsgrad betrieben werden mussten. Auch wenn dies wirtschaftlich war, energiesparend war der Umweg über die Stromerzeugung in Kraftwerken nicht. Daran hat sich bislang wenig geändert, denn es ist kein regenerativer Strom verfügbar. Er wird, sofern nicht durch Netzengpässe begrenzt, bereits vollständig genutzt. Zusätzlicher Verbrauch erhöht folglich den Betrieb der konventioneller Kraftwerke. Dies mag sich in einigen Jahrzehnten ändern, aber bis dahin sind Elektroheizungen nicht zu empfehlen.

- **Wärmepumpen** haben den Vorteil, unter günstigen Bedingungen viel von den Effizienzverlusten reiner Elektroheizungen bei der Stromerzeugung auszugleichen, da sie zusätzlich Umweltwärme nutzbar machen. Wenn deren Einsatz möglich, jedoch nicht notwendig ist, da andere Wärmeerzeuger zugeschaltet und damit optimiert werden können, ergeben sich einige Vorteile. Zukünftig könnte dies eine wichtige Entwicklung der Heizungstechnik darstellen, insbesondere bei einem sehr starken Ausbau von Wind- und Solarstromerzeugung. Aber auch die Absicherung der Heizleistung durch Gaskessel wird bei starker Verbreitung sehr wichtig werden. Die Wärmepumpen verlieren ihre Effizienz, wenn die Temperaturunterschiede zwischen Umwelt-Wärmequelle und Wärmeabgabe in die Hausheizung steigen. Bei sehr kalten Witterungsperioden würde der Strombedarf alle Möglichkeiten, diesen zu erzeugen und zu verteilen, übersteigen. Die Absicherung der Beheizung für die kältesten Tage durch das Gasnetz und die großen Gasspeicher in Deutschland ist vorhanden und sehr wichtig.

- **Holz** wird bei uns traditionell zur Zuführung (z. B. in Kachelöfen) eingesetzt. Auch Holzpellets lassen sich in Heizungsanlagen bestens einsetzen. Die Vermeidung von Staub, Geruch und anderen Emissionen erfordert aber eine optimale Verbrennung, die nicht immer sichergestellt werden kann.
- **Solarthermie** kann gut zur Ergänzung anderer Heizungen eingesetzt werden und im Sommer sowie in Übergangszeiten viel Brennstoff und Strom sparen. Ein Ersatz für die Heizung ist sie nicht.
- **Biomethan:** Die weit verbreiteten Gasheizungen könnten auch durch den Bereitstellungssektor, also die Gasversorger, zunächst teilweise klimafreundlicher werden, indem CO<sub>2</sub>-freie Gase (Gas, welches durch seine Herkunft bei seiner Verbrennung kein zusätzliches CO<sub>2</sub> freisetzt) zugemischt werden. Dies ist schon seit Jahren mit Biomethan der Fall. Die Anteile sind allerdings noch gering. Auch Wasserstoff eignet sich in engen Grenzen, da es ohnehin in geringen Mengen im Erdgas vorhanden ist, aber bei der Verbrennung andere Eigenschaften aufweist als Methan.

All diese Varianten, Einzelheizungen umweltfreundlicher zu gestalten, haben Nachteile oder sie werden erst in der Zukunft möglich bzw. sinnvoll. Deswegen ist unser Ansatz, die Fernwärme, für deren Wärmebereitstellung ganz andere Techniken zur Verfügung stehen, zügig weiter auszubauen und damit die Aufgabe in möglichst großem Umfang zentral zu lösen.

# Was ist der Energiemarkt und wie funktioniert er?

Der deutsche Energiemarkt wird – wie bei Märkten üblich – von Angebot und Nachfrage bestimmt. Die Energie wird sowohl an Börsen gehandelt, als auch bilateral. Der Börsenhandel erfolgt mit stärker standardisierten Produkten, ist dafür aber hinsichtlich Preis und Menge transparenter. Er unterliegt aber auch in erheblichem Maße europäischen sowie deutschen Gesetzen und Verordnungen. Kleineren Biomassekraftwerken oder Photovoltaik-Anlagenbetreibern ist der unmittelbare Marktzugang mangels ausreichender Kapazitäten nicht möglich. Für

solche Erzeuger bieten die Stadtwerke Rosenheim an, die von ihnen erzeugte Energie möglichst ertragsstark zu vermarkten (siehe Rosenheimer Landwerk).

Die Stadtwerke Rosenheim nehmen sowohl als Verkäufer für ihren eigenerzeugten Strom als auch als Käufer für den Strom- und Gasbedarf ihrer Kunden an diesem Markt teil. Erfahrene Mitarbeiter, ausgefeilte IT-Programme, effiziente Kraftwerke und ausreichende Energiespeicher (Gas- und Wärmespeicher) sind Voraussetzung für flexible Reaktionen auf das Marktgeschehen.

## Merit-Order

In Abbildung 6 ist schematisch eine Merit-Order-Kurve für den Stromhandel im Spot-Markt dargestellt. Sie beschreibt die Abhängigkeit des Preises der benötigten Leistung und entsteht, wenn alle Angebote nach ihrem Preis sortiert und mit ihrer Menge jeweils zu der Gesamtmenge der preiswerten Angebote hinzugefügt werden. Anbieter sind primär Kraftwerke und Importeure. Viele Mengen wurden vorher schon im Terminmarkt gehandelt, so dass auch Händler als Anbieter erscheinen.

Die Bezeichnung leitet sich von „Meriten“ ab und beschreibt, dass der Bessere (mit dem preiswerteren Angebot) den Vorzug erhält.

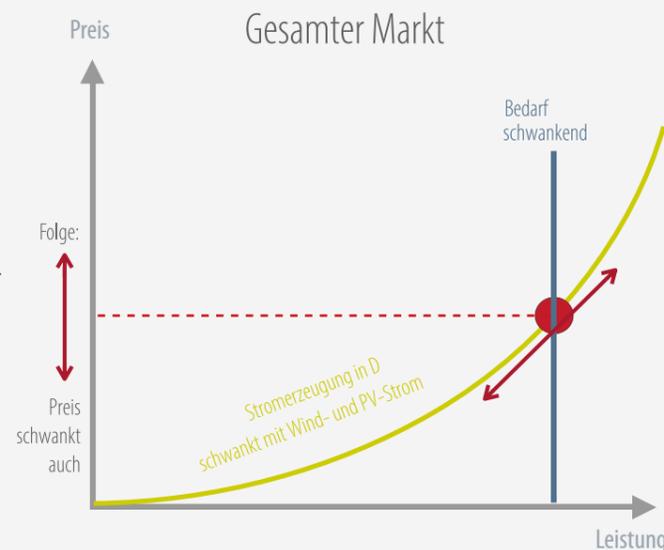


Abbildung 6: Merit-Order-Schnittpunkt

## Die verschiedenen Kategorien des Großhandelsmarktes



Abbildung 7: Kategorien des Großhandelsmarktes

Langfristige Verträge, bei denen sich Verkäufer und Käufer bestimmte Abnahmemengen zusichern, werden im Forward-Markt abgewickelt. Hierbei kann die Energie, beginnend mit Tages- und Wochenprodukten, über Monats- und Quartalsprodukte bis hin zu saisonalen (nur Erdgas) und Jahresprodukten kontrahiert werden. Es handelt sich dabei um Warentermingeschäfte, bei denen die Lieferung teilweise weit in der Zukunft liegt, der Preis aber mit dem Handelsabschluss fixiert wird. Das sind in der Regel Preissicherungsgeschäfte, die die Chancen und Risiken von zukünftigen Preisänderungen für beide Vertragspartner vermindern.

Im Spot-Markt gibt es einen kontinuierlichen Handel für Stunden und Blöcke (bei Strom) bzw. Tage (bei Erdgas).

Beim Strom wird täglich eine Auktion durchgeführt, in der Angebot und Nachfrage über das Meistausführungsprinzip zusammengeführt werden und sich daraus der Market-Clearing-Preis je Produkt ergibt. Diese Auktion gibt es beim Erdgas nicht. Als letzte aktive Handelsmöglichkeit kurz vor der Belieferung verbleibt dann noch der Intraday-Markt (siehe Abbildung 7). Beim Commodity Strom wird nach der Auktion der Viertelstunden des Folgetages der kontinuierliche Handel geöffnet. Hierbei kann bis 5 Minuten vor Beginn der Lieferviertelstunde gehandelt werden. Bei der Commodity Erdgas ist es mit Beginn des Gastages (ab 06:00 Uhr) möglich, den Rest des Tages als Band zu handeln. Hier gilt ein Vorlauf von mindestens 30 Minuten.

## Basis für Angebotspreise der Kraftwerke ist der Deckungsbeitrag 1

$$\text{Strompreis KW} = \frac{\text{Brennstoffpreis} + \text{CO}_2\text{-Preis} \times \text{CO}_2\text{-Brennstofffaktor}}{\text{Wirkungsgrad el}} + \text{Wartung \& Instandhaltung}$$

Abbildung 8: Basis für Angebotspreise

Da die Wind- und Photovoltaik-Einspeisungen prinzipiell Vorrang haben und somit die Grenzkosten nahe „0“ sind, verschieben diese zusätzlich die Merit-Order-Linie hin und her. An extremen Tagen kann so bei hohem Bedarf und wenig Wind- und Sonnenstrom der Preis um ein Vielfaches dessen erreichen, was an Tagen, an denen das Verhältnis genau andersherum ist, erzielt wird.

Durch verschiedenste Abläufe und Überwachungssysteme stellen die Stadtwerke Rosenheim sicher, dass für unsere Kunden stets ein angemessener Preis realisiert wird.

## Commodity

steht unter anderem für an Börsen gehandelte Waren, die standardisiert sind. Durch die klar festgelegte Definition der Eigenschaften (z. B. Volumen, Profil und Zeitraum) ist eine Preisbildung durch den Handel erst möglich.

1935 1991 2000 2009 2012 2016 2017

# Historische Entwicklung EU-Rechtsrahmen, EnWG, EEG

Das deutsche "Gesetz über die Elektrizitäts- und Gasversorgung" (Energiewirtschaftsgesetz – EnWG) trat erstmals 1935 in Kraft, wurde im April 1998 erneuert und zuletzt im Dezember 2019 geändert. Es enthält grundlegende Regelungen zum Recht der leitungsgebundenen Energie.

- Die **Ziele** des EnWG sind gemäß § 1 EnWG
- die „möglichst sichere, preisgünstige, verbraucherfreundliche, effiziente und umweltverträgliche“ leitungsgebundene Versorgung der Allgemeinheit mit Strom und Gas, die zunehmend auf erneuerbaren Energien beruht,
  - die „Sicherstellung eines wirksamen und unverfälschten Wettbewerbs bei der Versorgung mit Elektrizität und Gas und der Sicherung eines langfristig angelegten leistungsfähigen und zuverlässigen Betriebs von Energieversorgungsnetzen“ und
  - die Umsetzung und Durchsetzung des Energierechts der Europäischen Gemeinschaft.

Hierzu bedient sich das EnWG verschiedener **Mittel**, wie der Genehmigungs- und Anzeigepflicht, der eigentumsrechtlichen Entflechtung, der Begrenzung der freien Preisbildung und den Eingriffsrechten der Bundesnetzagentur.

Zur Durchsetzung der **Regulierung des Netzbetriebes** sind die Netzbetreiber der Aufsicht einer Regulierungsbehörde (Bundesnetzagentur oder der jeweiligen Landesregulierungsbehörde) unterworfen. Die wichtigsten Aufgaben der Regulierungsbehörden sind die Missbrauchsaufsicht, die Überwachung der Vorschriften zur Entflechtung der Netzbereiche (Unbundling) und zur Systemverantwortung der Versorgungsnetzbetreiber sowie – seit dem 1. Januar 2009 – die Festlegungen im Rahmen der Anreizregulierung. Der **Versorgung** der Allgemeinheit dienen insbesondere der Netzanschluss- und -zugangsanspruch des Letzt-

verbrauchers sowie der Kontrahierungszwang des Grundversorgers.

Das EnWG stellt den gesetzlichen Rahmen für den Markt der leitungsgebundenen Energieversorgung dar. Zudem gibt es viele **Durchführungsverordnungen**:

- Stromnetzzugangs-/entgeltverordnung (StromNZV/StromNEV)
- Gasnetzzugangs-/entgeltverordnung (GasNZV/GasNEV)
- Anreizregulierungsverordnung (ARegV)
- Konzessionsabgabenverordnung (KAV)
- Verordnung zu abschaltbaren Lasten (AbLaV)
- Niederspannungs-/Niederdruckanschlussverordnung (NAV/NDAV)
- Strom- und Gasgrundversorgungsverordnung (StromGVV/GasGVV)
- Messstellenbetriebsgesetz (MsbG)

## Geschichte

Das **Energiewirtschaftsgesetz von 1935** (siehe Abbildung 9) kodifizierte die damals herrschende wirtschaftliche Praxis, nach der die Energieversorgungsunternehmen (EVU, meist Stadtwerke) sich durch ausschließliche Konzessionsverträge mit den Kommunen und gegenseitige Demarkationsverträge Gebietsmonopole sicherten. Der Ausschluss des Wettbewerbs durch diese Regelungen diente dem Ziel, „die Energieversorgung so sicher und billig wie möglich zu gestalten“. Durch das Gesetz sollten „volkswirtschaftlich schädigende Auswirkungen des Wettbewerbs“ verhindert werden. Mit geringen Änderungen blieb es für 63 Jahre in Kraft. Das "Gesetz zur Neuordnung des Energiewirtschaftsrechts" aus dem Jahr 1998 enthielt in Art. 1 das neugefasste "Gesetz über die Elektrizitäts- und Gasversorgung" (EnWG) und in Art. 2 wurde die Ausnahme des § 103 GWB für Demarkationsverträge der Energieversorgungsunternehmen aufgehoben.

Die wichtigste Neuerung des **EnWG 1998** ist die Liberalisierung des Elektrizitätsmarktes (die Vorschriften für den Gasmarkt blieben im Wesentlichen unverändert). Das Verbot der Demarkationsverträge im geänderten GWB wird im EnWG ergänzt durch einen diskriminierungsfreien Netzzugang dritter Stromanbieter: Das Gebietsmonopol der vertikal integrierten Versorgungsunternehmen umfasst nunmehr nur noch den Netzbetrieb; das vertikal integrierte Unternehmen muss aber Dritten gewähren, Strom durch sein Netz zu leiten; damit können dritte Unternehmen Strom bei einem Stromerzeuger kaufen und über die Netze der Gebietsmonopolisten zu einem Abnehmer liefern. Die Neuordnung hat die Zielbestimmungen des EnWG um die Umweltverträglichkeit der Energieversorgung ergänzt.

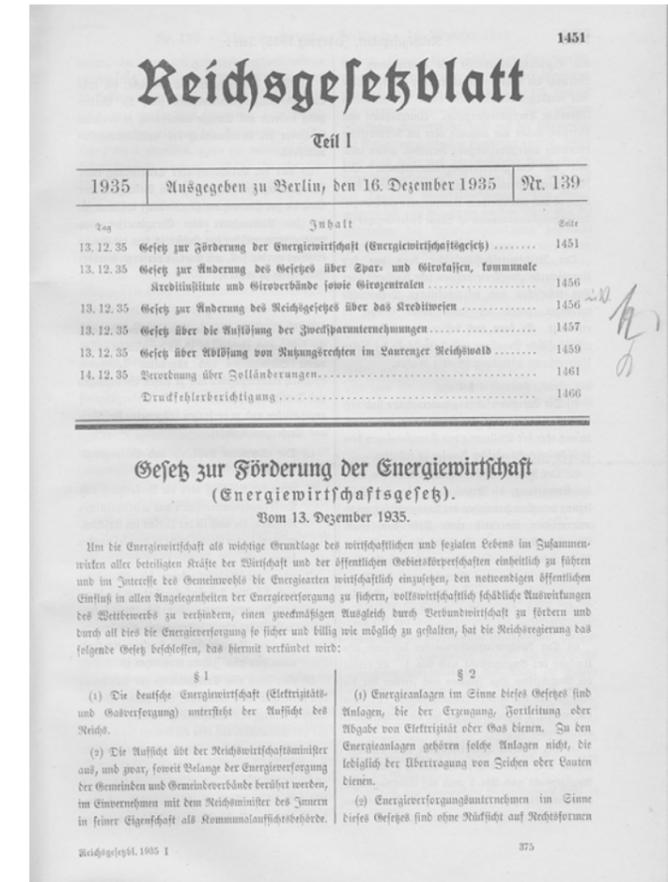


Abbildung 9: Gesetz zur Förderung der Energiewirtschaft (Energiewirtschaftsgesetz) vom 13. Dezember 1935

## Wesentliche Gesetzesänderungen:

- Erste Novelle 2003:**
- Gleichsetzung Gas/Strom
  - Teilverrechtlichung der Verbändevereinbarungen
- Zweite Novelle 2005:** Umsetzung des EU-Gemeinschaftsrecht für die leitungsgebundene Energieversorgung in nationales Recht mit folgenden Eckpunkten:
- regulierter statt verhandelter Netzzugang
  - Überwachung der Netzbetreiber durch die Regulierungsbehörden
  - Unbundlingspflicht für EVU mit mehr als 100.000 angeschlossenen Kunden (Trennung des Netzbe-

- reichs von allen anderen wirtschaftlichen Aktivitäten)
- Neuordnung des Zugangs zu Gasversorgungsnetzen
- Liberalisierung des Messstellenbetriebes (freie Auswahl beim Betreiber von Strom-/Gaszählern) und Kennzeichnungspflicht für Stromrechnungen
- Auftrag an die Monopolkommission zur Begutachtung der Wettbewerbsentwicklung der Energieversorgungsmärkte (alle zwei Jahre)

Die Änderungen durch die **Novelle 2008** basieren auf dem „Gesetz zur Öffnung des Messwesens bei Strom und Gas für Wettbewerb“ (WettbMesswSGG) und beinhalten im Wesentlichen die weitere Liberalisierung des Messwesens.

- Wahl des Messstellenbetreibers
- Einbau intelligenter Zähler
- unterjährige Abrechnung und Angebot von lastvariablen oder tageszeitabhängigen Tarifen

Aufgrund des geänderten EU-Rechtsrahmens durch das „Dritte Binnenmarktpaket Energie“ 2009 wurde auch das EnWG angepasst. Die **Novelle 2011** umfasst insbesondere:

- weitergehende Entflechtung von Übertragungs-, Fernleitungs- und Verteilnetzbetreibern (insbesondere die Entflechtung von Transportnetz- und Speicheranlagenbetreibern sowie ein getrennter Markenauftritt von Verteilnetzbetreibern)
  - Neuordnung zu den sog. Objektnetzen (nunmehr sog. geschlossene Verteilnetze)
  - Regulierung von Gasspeicheranlagen
  - Neuordnung der Vorschriften zu Messeinrichtungen und -systemen
  - Einführung von weiteren Verbraucherschutzrechten
  - Unabhängigkeit der Regulierungsbehörden
- Quelle: vgl. Wikipedia (<https://de.wikipedia.org/wiki/Energiewirtschaftsgesetz>)

## Weitere Änderungen in Kürze:

- 29.05.2017:** Durch Art. 13 des Gesetzes zur Anpassung des Umweltrechtsbehelfsgesetzes und anderer Vorschriften ein europäischer und völkerrechtlicher Vorgaben erfolgten redaktionelle Anpassungen.
- 23.06.2017:** In § 5a Absatz 3 Nummer 2 wurden Verweise auf eine europäische Verordnung bzgl. der Anforderungen an Wertpapierfirmen angepasst.
- 17.07.2017:** Die Änderungen betreffen insbesondere Mieterstromverträge sowie den Zugang zu den Elektrizitätsversorgungsnetzen.
- 20.07.2017:** Mit Art. 2 Abs. 6 (BGBl S. 2833) des Gesetzes zur Modernisierung des Rechts der Umweltverträglichkeitsprüfung wird das EWG angepasst und der § 43i (Überwachung) eingefügt.
- 17.12.2018:** Änderung von Paragraphen insbesondere in Teil 3 "Regulierung des Netzbetriebs", Teil 7 "Behörden" und Teil 8 "Verfahren und Rechtsschutz bei überlangen Gerichtsverfahren".

**13.05.2019:** Änderung im Zuge des "Gesetzes zur Beschleunigung des Energieleitungsausbau" für eine Vereinfachung und Beschleunigung von Genehmigungsverfahren für Neubau, Verstärkung und Optimierung von Stromleitungen. Die Öffentlichkeit wird dabei frühzeitig eingebunden. Weitere Änderungen betreffen u. a. die Entschädigungen für vom Netzausbau betroffene Grundeigentümer und das Netzengpassmanagement.

**20.11.2019:** Die Änderungen erfolgten durch das Zweite Gesetz zur Anpassung des Datenschutzrechts an die Verordnung (EU) 2016/679 und zur Umsetzung der Richtlinie (EU) 2016/680 (s. Artikel 89, S. 1679).

Die Änderung bezieht die Erzeugung von Wasserstoff durch Wasserelektrolyse und von Gas oder Biogas auf Basis von wasserelektrolytisch erzeugten Wasserstoff in § 118 (Übergangsregelungen) mit ein.

**30.11.2019:** Die Änderungen sind redaktioneller Art.

**05.12.2019:** Die Änderung setzt die Richtlinie (EU) 2019/692 des Europäischen Parlamentes und des Rates über gemeinsame Vorschriften für den Erdgasbinnenmarkt um.

Quelle: siehe Umweltpakt Bayern ([https://www.umweltpakt.bayern.de/energie\\_klima/recht/bund/404/enwg-energiewirtschaftsgesetz](https://www.umweltpakt.bayern.de/energie_klima/recht/bund/404/enwg-energiewirtschaftsgesetz))

## Klimaschutzgesetz

Das Bundes-Klimaschutzgesetz (KSG) wurde am 17. Dezember 2019 und die zugehörigen steuerlichen Entlastungen am 30. Dezember 2019 verkündet. Obwohl die wesentliche klimapolitische Gesetzgebungskompetenz im föderalen Deutschland auf der Bundesebene liegt, sind auch die Bundesländer innerhalb ihres Gestaltungsspielraums aktiv geworden, um bis 2050 Treibhausgasneutralität zu erreichen.

Quelle: siehe Wikipedia (<https://de.wikipedia.org/wiki/Klimaschutzgesetz>)

## Erneuerbare-Energien-Gesetz

Das deutsche "Erneuerbare-Energien-Gesetz" (EEG) regelt seit dem Jahr 2000 die bevorzugte Einspeisung von Strom aus erneuerbaren Quellen ins Stromnetz und garantiert deren Erzeugern feste Einspeisevergütungen.

## Entwicklung

Vorläufer des EEG war das seit **1991** geltende „Gesetz über die Einspeisung von Strom aus erneuerbaren Energien in das öffentliche Netz“ (**Stromeinspeisungsgesetz**). Die Einspeisung in das öffentliche Netz wurde hiermit verbindlich geregelt. Das Gesetz verpflichtete die Netzbetreiber zur Abnahme des Stroms und sicherte den Erzeugern Mindestvergütungen zu. Das Stromeinspeisungsgesetz wurde durch das **EEG 2000** ersetzt. Zentrale Neuerungen waren die Einführung des Vorrangprinzips und eines bundesweiten Wälzungsmechanismus sowie die Anhebung der Grenze für Wasserkraft, Deponie- und Klärgas von 5 MW auf 20 MW. Die Vergütungssätze wurden entsprechend dem Grundsatz der kostendeckenden Vergütung stärker differenziert, die Vergütungssätze für Photovoltaik (PV) stark angehoben und Technologien wie geothermisch erzeugte Energie einbezogen, um eine Anschubförderung zu geben.

Eine weitere novellierte Fassung ist das **EEG 2004**. Vorausgegangen war eine Einigung im Vermittlungsausschuss über eine Reduzierung der Förderung von Windkraftanlagen. Die wesentlichen Änderungen bestanden in der Höhe der Fördersätze sowie der besseren juristischen Stellung der Betreiber von Anlagen zur Erzeugung erneuerbarer Energien gegenüber den örtlichen Netzbetreibern (etwa keine Pflicht zum Abschluss von gesonderten Einspeiseverträgen).

Das **EEG 2008** hatte das Ziel, den Anteil erneuerbarer Energien an der Stromversorgung bis 2020 auf einen Anteil von mindestens 30 % zu erhöhen (§ 1 Abs. 2 EEG). In Ergänzung zum EEG, das sich nur auf die Stromerzeugung bezieht, wurde erstmals bundesweit in einem weiteren „Gesetz zur Förderung Erneuerbarer Energien im Wärmebereich“ (EEWärmeG 2008) die Verwendung von erneuerbaren Energien im Bereich der Wärme- und Kälteerzeugung geregelt, mit dem die Erhöhung des Anteils erneuerbarer Energien für die Wärmeerzeugung auf 14 % bis 2020 bezweckt wird. Die Neufassung des **EEG 2009** enthält eine Vielzahl von Detailregelungen.

- Erweiterung der Meldepflichten zur Verbesserung der Transparenz
- Neue und eindeutige Definition des Anlagenbegriffs zum Unterbinden der Aufteilung in mehrere Kleinanlagen und dadurch möglicher höherer Vergütungssätze
- Neuartige Ausgleichsregelung für Engpässe bei der Stromeinleitung in die übergeordneten Stromnetze
- Einführung einer gleitenden Degression für die PV-Vergütung

Am 30. Juni 2011 beschloss der Deutsche Bundestag eine umfassende Novelle des EEG (Gesetz zur Neuregelung des Rechtsrahmens für die Förderung der Stromerzeugung aus erneuerbaren Energien), darunter eine Neuregelung der Boni-Systeme für die Bioenergie sowie Veränderungen bei den Einspeisetarifen. Eine außerordentlich starke Kürzung wurde für die PV beschlossen. Die Änderungen traten zum 1. Januar 2012 in Kraft (**EEG 2012**).

- Förderung der Direktvermarktung durch das Marktprämien-Modell: Differenz zwischen der anlagen-spezifischen EEG-Vergütung und dem monatlich nachlaufend ermittelten durchschnittlichen Börsenpreis für Strom wird als Marktprämie erstattet und zusätzlich die Aufwendungen für die Direktvermarktung durch eine Managementprämie ausgeglichen (neuer Teil der EEG-Umlage).
- „Flexibilitätsprämie“ zur Förderung des Baus von Gasspeichern an Biogasanlagen
- Befreiung der Speicher von Netzentgelten, um Doppelveranlagung zu vermeiden
- Das „Grünstromprivileg“ (Befreiung der EVU von der EEG-Umlage) wird auf 2 ct/kWh begrenzt (vorher Höhe der EEG-Umlage) und zusätzlich ein Mindestanteil fluktuierender erneuerbarer Energien von 20 % eingeführt (Wind, Sonne).

- Anpassungen bei den Vergütungsregelungen durch unterschiedliche Vorgaben – für die wesentlichen Energiequellen: Wind an Land, Wind auf See, PV und Biomasse

Mit dem „Gesetz zur Änderung des Rechtsrahmens für Strom aus solarer Strahlungsenergie und weiteren Änderungen im Recht der erneuerbaren Energien“ (sog. **PV-Novelle**) sind **2012** umfangreiche Änderungen bei der Vergütung von PV-Strom beschlossen worden. Es beinhaltet im Wesentlichen:

- Neugestaltung der Vergütungsklassen (bis 10 kW, bis 40 kW, bis 1000 kW und bis 10.000 kW) und Größenbegrenzung auf 10.000 kW
- Einmalabsenkung der Vergütungssätze um 15 %, anschließend „Basisdegression“ um monatlich 1 % (entspricht 11,4 % jährlich)
- Vergütungssätze ab 1. April 2012 zwischen 19,5 und 13,5 ct/kWh
- Begrenzung des Gesamtausbauziels für die geförderte PV in Deutschland auf 52 GW (Bestand 27 GW (Mitte 2012)), ein jährlicher „Ausbaukorridor“ wird mit 2,5 bis 3,5 GW festgesetzt
- Zubauabhängige Steuerung der Degression („atmender Deckel“), abhängig vom Zubau wird bei Überschreitung des Ausbaukorridors die Degression in Stufen von 1,0 % bis 2,8 % angehoben, bei Unterschreitung entsprechend abgestuft oder ausgesetzt
- Mit den Instrumenten „Marktintegrationsmodell“ (MIM) und „Eigenverbrauchsbonus“ wird für Anlagen zwischen 10 kW und 1.000 kW ab 2014 nur noch 90 % der gesamten im Kalenderjahr erzeugten Strommenge nach EEG vergütet.

Im **Koalitionsvertrag** der 18. Wahlperiode des Bundestages vom **27. November 2013** fanden sich eine Reihe von Reformansätzen für das EEG. Prämisse des künftigen Ausbaus erneuerbarer Energien war es, „der Kosteneffizienz und Wirtschaftlichkeit des Gesamtsystems einschließlich des Netzausbau und der notwendigen Reservekapazitäten eine höhere Bedeutung zuzumessen“. Der weitere Ausbau der erneuerbaren Energien sollte künftig innerhalb eines gesetzlich festgelegten Ausbaukorridors erfolgen, um 40 bis 45 Prozent erneuerbare Energien an der Stromerzeugung im Jahr 2025 und 55 % bis 60 % im Jahr 2035 zu erreichen. Im Januar 2014 wurden die geplanten Maßnahmen in einem Eckpunktepapier des Bundeswirtschaftsministeriums konkretisiert. Die wesentlichen Ziele waren nunmehr, den Zubau von Erneuerbare-Energie-Anlagen besser zu steuern, die EEG-Umlage stabil zu halten und damit die Bezahlbarkeit von Strom sowie die Versorgungssicherheit sicherzustellen. Am 27. Juni 2014 beschloss der Bundestag das **EEG 2014**, basierend auf der Bundeskabinettsvorlage und den Vereinbarungen im Koalitionsvertrag. Mit den Maßnahmen sollen die Einspeisevergütungen von neuen Anlagen auf durchschnittlich 12 ct/kWh sinken.

Im Einzelnen:

- Festlegung von Ausbaupfaden für die einzelnen Energieträger, Einführung der Länderöffnungsklausel für Abstandsregelungen zwischen Windkraftanlagen und Wohnbebauung
- Starke Begrenzung von Biogasanlagen auf 100 MW/a (wobei vor allem Reststoffe verwertet werden sollen), Kürzung der Einspeisevergütungen
- Einführung einer Abgabe für eigenproduzierten und verwendeten PV-Strom ab 10 kW („Sonnensteuer“)
- Verordnung zur Einführung von Ausschreibungen für die finanzielle Förderung von PV-Freiflächenanlagen
- Reform der besonderen Ausgleichs-/Ausnahmeregelung, d. h. Ausnahmeregelungen für energieintensive Industrien
- Börsenhandel von Strom aus Direktvermarktung nur noch als „Graustrom“, Verordnungsermächtigung für gesonderte Regelung zur Grünstromvermarktung

Das **EEG 2016/2017** bezweckt einen grundsätzlichen Systemwechsel vom Modell der Einspeisevergütungen hin zum Ausschreibungsverfahren. Zudem werde erstmals der Ausbau der erneuerbaren Energien nach oben gedeckelt. Weitere Änderungen des EEG zum 1. Januar 2017 sowie unter anderem Änderungen des "Kraft-Wärme-Kopplungsgesetzes" (KWKG), des EnWG und des "Windenergie-auf-See-Gesetzes" (WindSeeG) enthält das "Gesetz zur Änderung der Bestimmungen zur Stromerzeugung aus Kraft-Wärme-Kopplung und zur Eigenversorgung".

## Ausschreibungsergebnisse

Mit dem EEG 2017 wurden das Fördersystem von Einspeisevergütungen auf ein Ausschreibungssystem umgestellt, bei der die Regierung eine feste Menge an Leistung ausschreibt und anschließend die günstigsten Gebote den Zuschlag bekommen. Mit Stand Mai 2017 sind die Ergebnisse sowohl einer Offshore-Windenergie als auch einer Onshore-Windenergie-Ausschreibung bekannt:

Bei der ersten Ausschreibung für Offshore-Windkraft in Höhe von knapp 1,5 Gigawatt sind drei Zuschläge für 0 ct/kWh und ein Zuschlag für 6 ct/kWh bekanntgegeben worden. Die drei Windparks erhalten lediglich eine Förderung über der Bereitstellung des Netzanschlusses. Errichtet werden diese Windparks ab dem Jahr 2021. Bei der ersten Onshore-Ausschreibung konkurrierten 256 Bieter mit einer Gesamtleistung von 2,1 GW um eine ausgeschriebene Leistung von 800 MW. Letztendlich erhielten 70 Projekte Fördergelder zwischen 5,25 und 5,78 ct/kWh, der Großteil davon Bürgergesellschaften. Geographisch wurden vor allem Projekte in Norddeutschland ausgewählt, während in Süddeutschland nur 7 Projekte einen Zuschlag erhielten.

Quelle: vgl. Wikipedia (<https://de.wikipedia.org/wiki/Erneuerbare-Energien-Gesetz>)

### 1. EU-Energiepaket:

Mit der Festlegung gemeinsamer Regeln für den internationalen Gas- und Strommarkt beginnt die Liberalisierung des europäischen Energiemarktes.

19  
91

19  
96

20  
01

### 3. EU-Energiepaket:

Für mehr Wettbewerb und die Vollendung des europäischen Energiebinnenmarkts sind die Entflechtung der Übertragungsnetzbetreiber, die Einrichtung von ACER, die Entwicklung von Netzkodizes und die Einführung intelligenter Netze die Säulen des Gesetzgebungspakets.

20  
04

20  
05

### 2. EU-Energiepaket:

Neue Vorschriften für den Gas- und Elektrizitätsbinnenmarkt werden verabschiedet - die Gesetzgebung schreibt eine Entflechtung der Verteilung durch die Übertragungsnetzbetreiber vor.

20  
09

20  
10

20  
17

20  
21

Clean Energy  
for all Europeans (Winterpackage)

Green Deal

Abbildung 10: EU Energiepakete

Die EU hat immer wieder sehr weitreichende Normen im Energiebereich erlassen und damit das europäische Energiesystem grundlegend verändert. In der Abbildung 10 sind nur die großen Normenpakete dargestellt, beginnend mit dem ersten von 1996. Dieses hatte im Kern die Verpflichtung, die Energiemonopole in den Mitgliedsstaaten abzuschaffen und Märkte für die Energie zu ermöglichen. Dies entspricht dem Grundgedanken der EU, den freien Austausch von Personen, Waren, Dienstleistungen und Geld innerhalb der EU zu ermöglichen.

Auch die anknüpfenden Energiepakete sind diesem Leitbild verpflichtet und verfolgen unter anderem das Ziel, dass Energie innerhalb der EU frei ausgetauscht werden kann. Dies betrifft den Handel über Ländergrenzen hinweg genauso wie die physischen Energie-

flüsse von Strom und Gas durch die Netze und ihre Grenzkuppelstellen in standardisierter und damit austauschbarer Qualität. Es umfasst aber auch die angestrebte Wahlfreiheit der Bürger und Endkunden, ihre Energie innerhalb der EU frei zu erwerben.

Neben den marktwirtschaftlichen Aspekten sind vor allem die regulatorische Harmonisierung sowie die Themen des Umwelt- und Klimaschutzes in den Mittelpunkt gerückt (siehe auch CO<sub>2</sub>-Handelssystem).

Obwohl viele wichtige gesetzliche Regelungen durch die Länderparlamente verabschiedet wurden (z. B. das EEG in Deutschland), hat die EU, von der Öffentlichkeit wenig beachtet, die Entwicklungen im Energiebereich sehr stark, dauerhaft und nachhaltig vorangetrieben.



# Funktioniert All Electric World?

„Wind- und Sonne“ liegen im öffentlichen Fokus, weil sich aus beidem in großem Umfang Strom weitgehend CO<sub>2</sub>-frei erzeugen lässt. So bestand die Hoffnung, dass mit Hilfe von Wind- und Solarstrom der gesamte vielfache Energiebedarf an erneuerbaren Energien gedeckt werden kann. Auch der Verkehr soll elektrisch abgewickelt und der hierfür benötigte Strom über diese Stromerzeugung bereitgestellt werden.

Der höchste Energiebedarf besteht jedoch in der Wärmeversorgung. Hier geht die Vorstellung ebenfalls dahin, dass man mit Strom aus erneuerbaren Energien ganz Deutschland beheizen kann. Der Wärmebedarf ist jedoch so groß, dass die Wärmeversorgung über Strom schnell an ihre Grenzen stößt. Das bedeutet, die Hoffnung, den Wärmebedarf künftig vollständig aus Erneuerbaren-Energie-Strom zu decken, ist – zumindest aus heutiger Sicht – unrealistisch, auch wenn viel Wärme speziell mit Windstrom erzeugt werden kann.

Andererseits gibt es viele Möglichkeiten, die Wärmeversorgung über Brennstoffe sicherzustellen, die wie

im Falle von Erdgas eine deutliche CO<sub>2</sub>-Minderung gegenüber dem Status quo ergeben. Darüber hinaus kann der Bedarf der Gasversorgung durch Bereitstellung von CO<sub>2</sub>-freien Gasen ergänzt oder später auch abgelöst werden.

Dieses findet schon seit etlichen Jahren in Form von Biomethan und Biogas statt. Zudem bietet sich der Einsatz von Wasserstoff an. Grundsätzlich bestehen verschiedene Optionen, um flüssige und gasförmige Brennstoffe biologisch oder synthetisch herzustellen, so dass sie durch ihre Nutzung kein zusätzliches CO<sub>2</sub> freisetzen (beispielsweise Methanol). Von besonderer Bedeutung in der Wärmeversorgung sind Wetterlagen, die alle paar Jahre auftreten, bei denen es in weiten Gebieten Europas über eine Dauer von ein bis zwei Wochen sehr kalt ist.

## Die "All Electric World" funktioniert nicht.

Die weitgehende Umstellung des Energiesystems auf strombasierte Techniken bei Erzeugung und Verbrauch kann absehbar nicht gewährleistet werden, weil es sowohl an der Stromerzeugung als auch an der Transport- und Verteilungskapazität fehlt. Deshalb bleibt der Einsatz von Gas in den bestehenden Gasnetzen auf lange Zeit nicht nur sinnvoll, sondern auch notwendig.

Die Beheizung in dieser Zeit sicherzustellen, ist eine außerordentlich anspruchsvolle Aufgabe, weil in solchen Zeiten sehr hohe Leistungen für die Wärmeerzeugung gebraucht werden und das in großen Teilen von Europa gleichzeitig.

# Wie hat sich unser Umfeld verändert?



"Nichts ist so beständig wie der Wandel" - Heraklit -

Mehr als 14.000 Rechtsnormen regeln unser Energieversorgungssystem.

Diese Vorschriften nehmen laufend Einfluss auf die Entscheidungen in Rosenheim, jedoch werden Gesetze und Verordnungen in immer kürzeren Abständen novelliert oder neue kommen hinzu. Hervorzuheben ist an dieser Stelle vor allem, dass die einzelnen Gesetze immer mehr aufeinander Bezug nehmen. Dies hat zur Folge, dass, wenn ein Gesetz geändert wird, zwangsläufig eine Vielzahl an Gesetzen und Verordnungen ebenfalls einer Änderung unterliegen.

Konkret für Rosenheim bedeutet das, dass unsere Mitarbeiter viel (und viel mehr als früher) Zeit damit verbringen, alle Regelungen zu kennen, zu verstehen und die Arbeitsprozesse und Werkzeuge (viel EDV) immer wieder zu ändern und sie an die neuen Vorschriften anzupassen. Zahlreiche Regelungen sind dabei vernünftig und standardisieren Prozesse soweit, dass sie speziell durch IT-Unterstützung automatisiert werden können

(z. B. wenn sie wie bei der sogenannten „Marktkommunikation“ den Informationsaustausch zwischen verschiedenen Marktakteuren regeln).

Ein besonders unübersichtlicher weiterer Teil des Rechts sind die Förderinstrumente im Energiebereich, die es sowohl auf EU- als auch auf nationaler und Landesebene gibt. Sie sind Teil sehr unterschiedlicher Förderprogrammen mit sehr individuellen Bestimmungen und Zuständigkeiten. Auch die verwendeten Definitionen der gleichen Begriffe unterscheiden sich zum Teil wesentlich.

## Energierrecht

Das Bundesministerium für Wirtschaft und Energie hat eine Gesetzeskarte für das Energieversorgungssystem veröffentlicht. Sie ist hier teilweise wiedergegeben.



## Nationale Ebene ENERGIEKONZEPT DER BUNDESREGIERUNG

Grundlage für die Energiepolitik der Bundesregierung sind die im Energiekonzept vom 28.09.2010 formulierten Leitlinien für eine umweltschonende, zuverlässige und bezahlbare Energieversorgung, die den Weg in das Zeitalter der erneuerbaren Energien beschreiben, sowie die Beschlüsse des Bundestages zum Ausstieg aus der Kernenergie.



Abbildung 11: Auszug aus der Gesetzeskarte vom Bundesministerium für Wirtschaft und Energie



CO<sub>2</sub>-Emissionen zu vermeiden, ist der zentrale Punkt für die Energiewende und den Klimaschutz. Einige Theorien gehen davon aus, dass es nicht mehr reicht, CO<sub>2</sub> zu vermeiden, sondern dass es auch verstärkter Bemühungen bedarf, CO<sub>2</sub> aus der Atmosphäre zurückzuholen (z. B. Waldwirtschaft).

Die Vermeidung von CO<sub>2</sub>-Emissionen zahlt sich aus und die Verursachung kostet Geld (siehe Abbildung 12). Das macht CO<sub>2</sub> zu einer Art neuer Währung. Für Energieerzeuger wie die Stadtwerke Rosenheim kommt es darauf an, Ökologie und Ökonomie in einen verträglichen Gleichklang zu bringen.

Auf jeden Fall ist die Vermeidung von CO<sub>2</sub>-Emissionen mit erheblichem Aufwand verbunden. Die hohen Investitionen in innovative Technik werden mit Fördermitteln (EU, Bund) unterstützt. Sowohl die Energieerzeuger als auch die Endverbraucher müssen ihren Anteil leisten.



Abbildung 12: CO<sub>2</sub>-Spotpreise

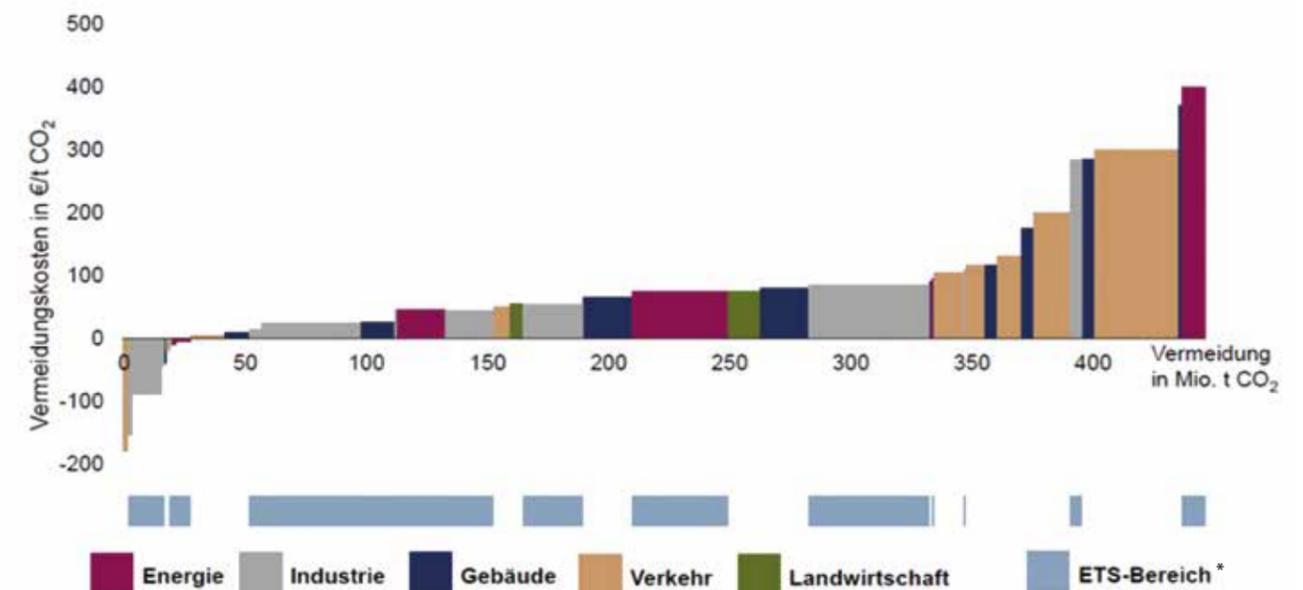
Der Mechanismus, wie Treibhausgase die Atmosphäre erwärmen, ist physikalisch klar. Je mehr CO<sub>2</sub> in der Atmosphäre enthalten ist, desto weniger Wärmestrahlung kann ins All abgestrahlt werden, da sie von CO<sub>2</sub>-Molekülen in der Atmosphäre absorbiert werden. Die kurzwellige Strahlung der Sonne wird nicht vom CO<sub>2</sub>, sondern erst von der Erdoberfläche absorbiert.

Die Temperaturveränderungen der Erde werden nur durch die Veränderung ihrer Strahlungsbilanz hervorgerufen, da die inneren Wärmequellen praktisch gleich bleiben. Allerdings gibt es viele weitere wichtige Faktoren (z. B. die Bewölkung und ihre komplexen Veränderungen), die vermutlich noch größeren Einfluss auf die Strahlungsbilanz haben. Aber alle Faktoren hängen in ihrer Wirkung zusammen, beeinflussen sich gegenseitig und machen Vorhersagen schwierig.

Wir verfolgen ungeachtet aller anderen Auseinandersetzungen das Ziel, alle CO<sub>2</sub>-Emissionen, die wir vermeiden können, auch zu vermeiden.

CO<sub>2</sub>-Emissionen zu vermeiden, ist also das Gebot der Stunde. Als Lenkungsinstrument zur CO<sub>2</sub>-Vermeidung ist die CO<sub>2</sub>-Steuer ein wichtiger Faktor. Die Umweltsteuer auf die Emissionen von CO<sub>2</sub> soll den Unternehmen und Verbrauchern die Kosten für die Klimafolgen zumindest teilweise anlasten und die Wettbewerbsbedingungen für regenerative und umweltfreundliche Energien verbessern.

Das 2019 in Kraft getretene Klimaschutzgesetz schreibt vor, dass Deutschland seinen Treibhausgasausstoß in mehreren Stufen verringert. Das Gesetz zeigt auf, wie viel CO<sub>2</sub> jeder Sektor (Energiewirtschaft, Industrie, Verkehr, Gebäudebereich, Abfallwirtschaft, Land- und Forstwirtschaft etc.) ausstoßen darf.



\*: Emission Trading System (Emissions Handelssystem der EU)

Abbildung 13: Merit Order der CO<sub>2</sub>-Emissionsvermeidungsmaßnahmen in Deutschland

Das Klimaschutzprogramm der Bundesregierung sieht eine Bepreisung von CO<sub>2</sub> in den Sektoren Wärme und Verkehr vor, die ihren Beitrag zur Erreichung der deutschen Minderungsziele leisten. Dieses Preissignal setzt einen Anreiz für den Umstieg auf klimaschonendere Technologien sowie für mehr Energieeffizienz, vor allem ist es technikneutral. Jeder kann selbst entscheiden, was für ihn sinnvoll und welche Technik für ihn passend ist. Dies ist ein wesentlicher Vorteil gegenüber anderen Gesetzen (z. B. dem EEG), die sehr technikspezifische Regelungen aufweisen und damit sehr speziell, unübersichtlich und schwer zu handhaben sind und die auch den großen Nachteil haben, dass andere Instrumente, um CO<sub>2</sub> zu vermeiden, vernachlässigt oder gar bestraft werden.

Die Abbildung 13 zeigt eine Merit-Order der CO<sub>2</sub>-Einsparungsmöglichkeiten in Deutschland. Dargestellt sind die CO<sub>2</sub>-Vermeidungskosten über der möglichen Vermeidungsmenge. Die Farben beschreiben den Sektor der Einsparung. Die unten graublau gekennzeichneten Bereiche sind Teil des europäischen Emissionshandelsystems, also schon mit einem CO<sub>2</sub>-Preis belegt.

Es gibt speziell in der Industrie Möglichkeiten, CO<sub>2</sub> zu sparen, die wirtschaftlich sind (links dargestellt mit negativen CO<sub>2</sub>-Vermeidungskosten). Vermutlich erfüllen sie aber nicht die Renditeanforderungen der Gesellschaften. Etwa ein Viertel der Einsparungen sind bei dem heutigen CO<sub>2</sub>-Preis von ca. 25 €/t wirtschaftlich und ungefähr ¾ wären es mit einem Preis von ca. 100 €/t. Der Rest ist nach heutigem Stand der Technik nur zu sehr viel höheren Kosten vermeidbar.

# Wind- und Solarenergie



Erneuerbare Energie aus Wind- und Sonnenkraft sind neben Biomasse und Wasserkraft die wesentlichen Bausteine für eine CO<sub>2</sub>-arme Energieversorgung. Wie in den Abbildungen 14 und 15 dargestellt, verteilen sich beide Stromquellen aufgrund der unterschiedlichen Wetterverhältnisse sehr ungleich in Deutschland.

Während generell im Süden mehr die Sonne scheint, weht im Norden mehr Wind. Dementsprechend differenziert erfolgt der Ausbau der Stromerzeugung: in Süddeutschland mehr Photovoltaik- und in Norddeutschland mehr Windenergieanlagen. Dadurch entstehen unterschiedliche und stark schwankende Lastflüsse im deutschen Transportnetz. In windstarken Zeiten gilt es, hohe Leistungen an Windstrom von Norden nach Süden zu transportieren, bei sonnigen Hochdruckwetterlagen wird im Süden viel PV-Strom erzeugt, der dann auch im Norden verbraucht wird.

Können die Höchstspannungsleitungen diese Lastflüsse nicht aufnehmen, müssen Maßnahmen ergriffen werden, um eine physische Überlastung und damit einen Ausfall der Leistungen zu verhindern. Da die Leistung einer Leitung im vermaschten Drehstromnetz nicht geregelt werden kann (es sei denn, es sind teure Zusatzeinrichtungen installiert), ist das Problem etwas komplizierter.

Man kann Anlagen abschalten oder/und im Redispatch in den Kraftwerksbetrieb eingreifen. Dabei werden Kraftwerke in Lastflussrichtung vor dem Engpass heruntergeregt und andere Kraftwerke nach dem Engpass hochgefahren (die sonst zu teuer wären und daher nicht eingesetzt werden sollten).

Beide Maßnahmen sind sowohl teuer als auch CO<sub>2</sub>-steigernd. Allein für die Redispatchmaßnahmen wird Jahr für Jahr ein Milliardenbetrag ausgegeben. Darin sind die Entschädigungen für die Abschaltungen von Windkraftanlagen noch nicht enthalten.

## Der Netzausbau

ist ein integraler Bestandteil der Umstellung auf erneuerbare Energie und dringend notwendig, um den CO<sub>2</sub>-freien Strom nicht abreageln zu müssen.

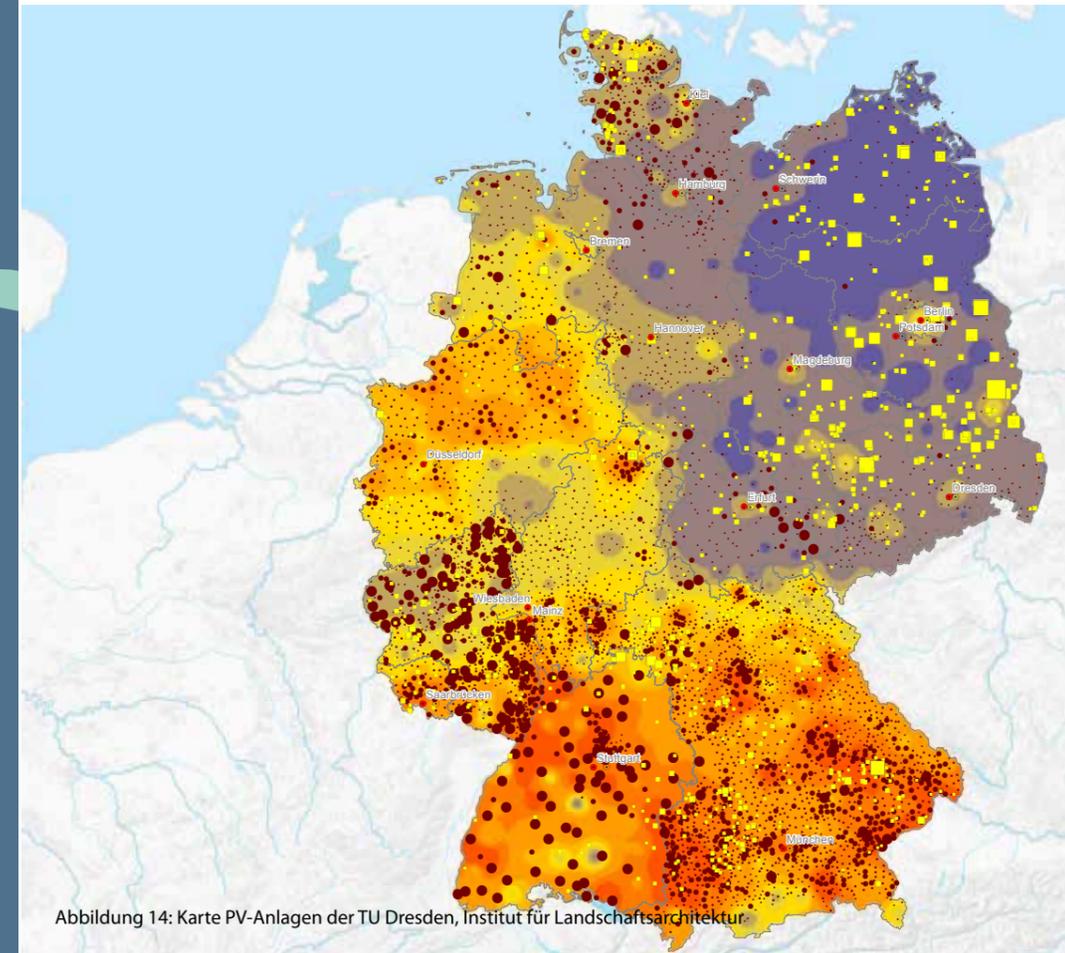


Abbildung 14: Karte PV-Anlagen der TU Dresden, Institut für Landschaftsarchitektur

### EEG-Anlagenstammdaten PV-Anlagen

#### Legende

Hohe Dichte zentraler und dezentraler PV-Anlagen pro km<sup>2</sup> (Bezugsebene: Gemeinde)

- 1 - 5 Anlagen / km<sup>2</sup>
- 5 - 10 Anlagen / km<sup>2</sup>
- 11 - 25 Anlagen / km<sup>2</sup>
- 25 - 170 Anlagen / km<sup>2</sup>

Zentrale PV-Anlagen mit grosser Flächenanspruchnahme

- > 0,05 km<sup>2</sup> (50.000 m<sup>2</sup>)
- > 3 km<sup>2</sup>
- bis 6 km<sup>2</sup>

Anzahl PV-Anlagen pro 10 km<sup>2</sup> (Bezugsebene: Kreis, interpoliert)

- bis 1
- > 1 - 5
- > 5 - 10
- > 10 - 15
- > 15 - 20
- > 20 - 25
- > 25 - 30
- > 30 - 40
- > 40 - 50
- > 50 - max. 60

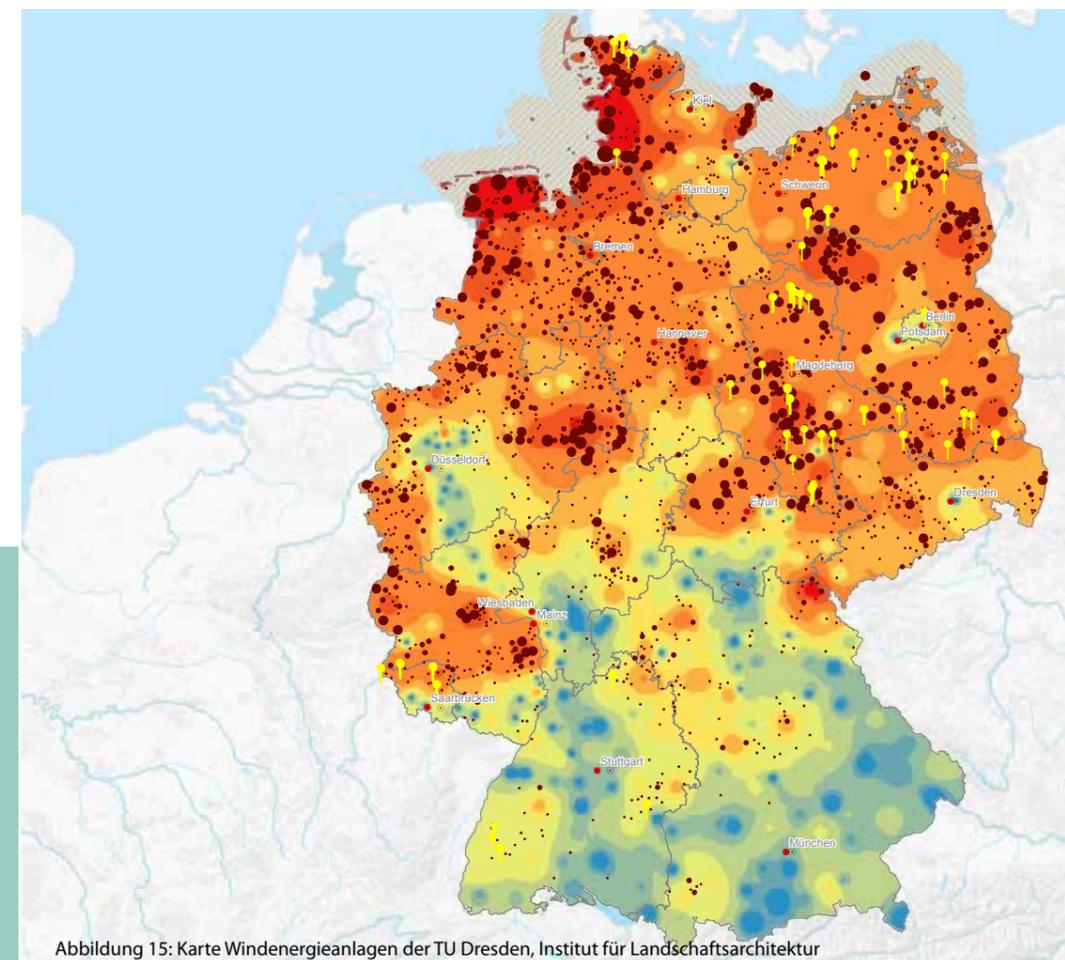


Abbildung 15: Karte Windenergieanlagen der TU Dresden, Institut für Landschaftsarchitektur

### EEG-Anlagenstammdaten Windenergie

#### Legende

Windenergieanlagen und Windparks, Größe und Lage

- Windpark mit 3 - 10 Anlagen
- Windpark mit 11 - 20 Anlagen
- Windpark mit 21 - 50 Anlagen
- Windpark mit 51 - 200 Anlagen
- Windpark mit 201 - 400 Anlagen

Einzelne markante Windanlagen

- Nabenhöhe > 180 m

Anzahl Windenergieanlagen pro 1000 km<sup>2</sup> (Bezugsebene: Kreis)

- bis 1
- > 1 - 15
- > 15 - 25
- > 25 - 50
- > 50 - 100
- > 100 - 150
- > 150 - 250
- > 250 - 500
- > 500 - 1000
- > 1000 - 1500

Offshore

- ▨ 12-Seemeilenzone Ostsee
- ▨ 12-Seemeilenzone Nordsee

# Netzentwicklung in Europa

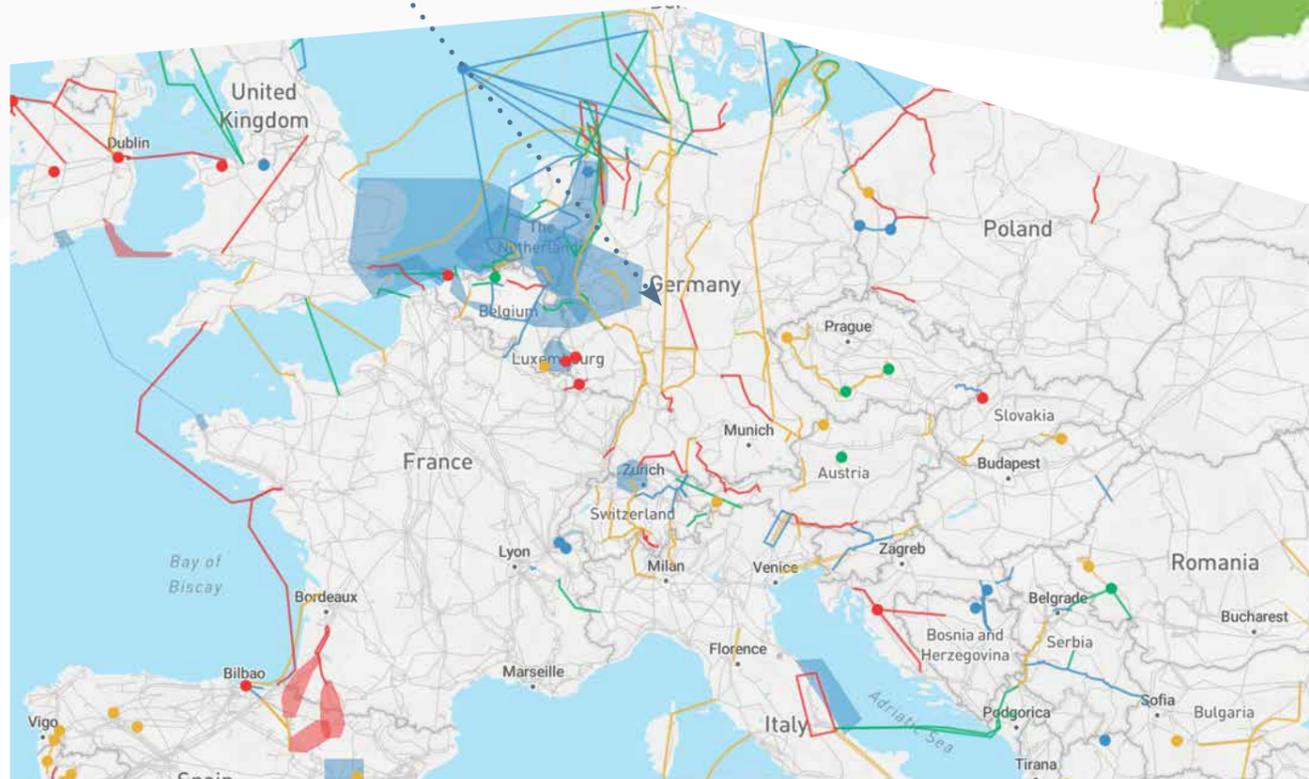


Abbildung 16: TYNDP 10 Jahre Netzentwicklungsplan von ENTSO-E (European Network of Transmission System Operators for Electricity)

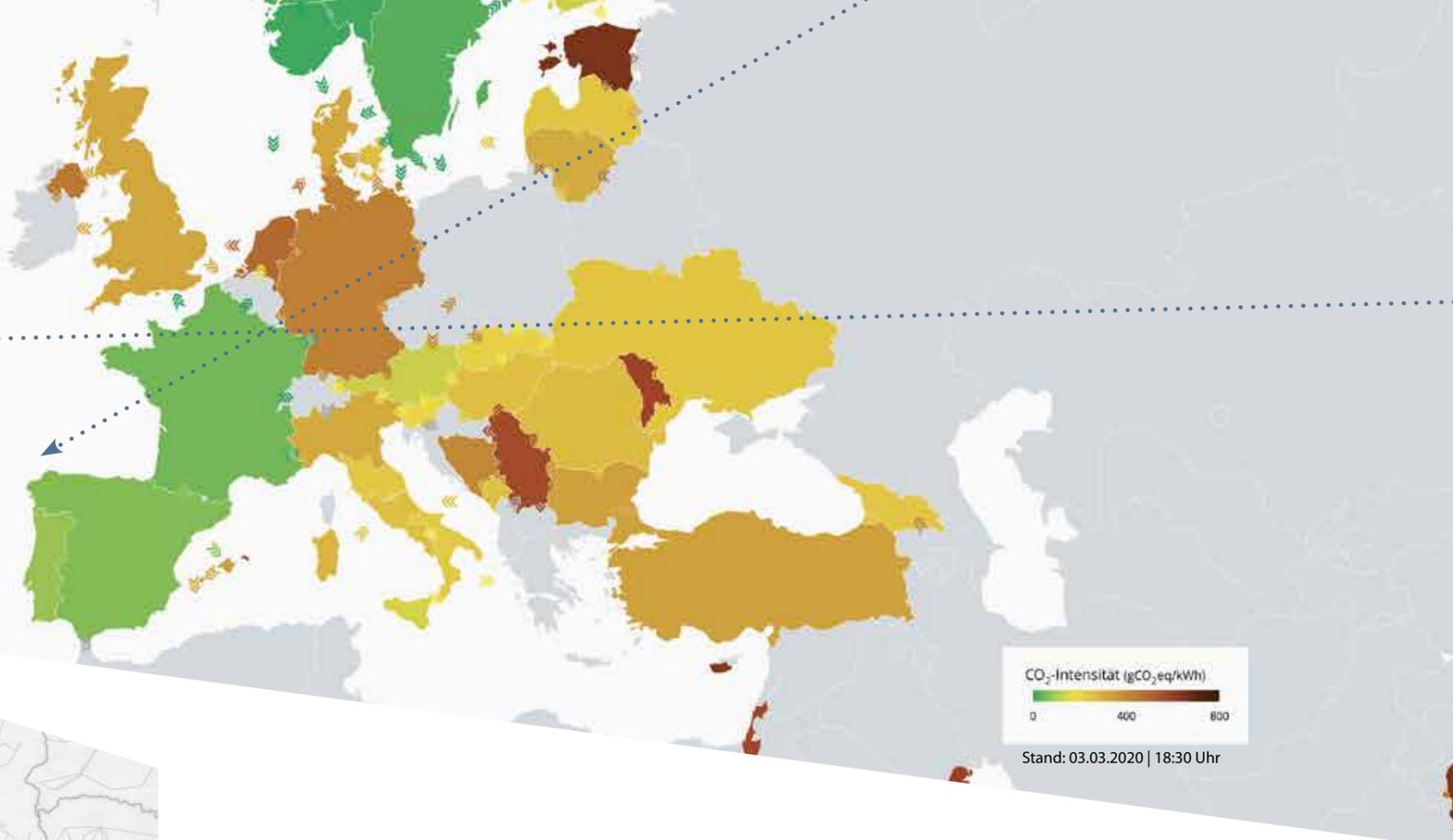
Das deutsche Stromnetz entstand in der ersten Hälfte des 20. Jahrhunderts, basierend auf einer Stromerzeugung aus großen, fossil befeuerten Kraftwerksblöcken, ab Ende der 1950er Jahre dann auch aus Kernenergie. Technisch bedingt befinden sich diese Erzeuger meist in direkter Nähe zu den großen Verbrauchszentren aus Städten und Industrie.

Aufgrund der Energiewende unterliegt auch die Stromerzeugung dem Wandel. Mit der Zunahme von erneuerbarem Strom, vorrangig aus Photovoltaik und Windkraft,

seit den 2000er Jahren steigt auch die Anzahl der vielen kleinen dezentralen Anlagen.

Die Stromerzeugung aus erneuerbaren Energien findet demnach dort statt, wo die betriebswirtschaftlich besten Bedingungen vorherrschen.

Gleichzeitig fand im Rahmen der europäischen Zusammenarbeit eine verstärkte Verbindung der vielen nationalen Stromnetze statt, um einen gemeinsamen Strombinnenmarkt für den grenzüberschreitenden Handel zu schaffen.



CO<sub>2</sub>-Intensität (gCO<sub>2</sub>eq/kWh)  
0 400 800  
Stand: 03.03.2020 | 18:30 Uhr

Daraus entstand in den letzten Jahren ein Spannungsfeld. Mit dem Ausbau der erneuerbaren Energien fand praktisch eine Verlagerung der Stromerzeugung vom Verbrauchsort statt. Aufgrund der meteorologischen Bedingungen fand vorrangig ein großer Ausbau der Windkraft in den nördlichen Bundesländern und sogar auf der Ost- und Nordsee statt. Mit den ersten Abschaltungen von Atomkraftwerken im Süden entsteht vor allem dort an den großen Industriestandorten eine erhöhte Nachfrage.

Mit der Zunahme der erneuerbaren Energien ist die deutsche Stromerzeugung aber auch schwankender geworden, was eine weitere Belastungsprobe für das deutsche Stromnetz und seine Frequenzstabilität darstellt. Photovoltaik- und Windkraftanlagen produzieren naturgemäß nur Strom, wenn die Sonne tagsüber scheint und der Wind weht. Dagegen gibt es auch Zeitpunkte, bei denen die Photovoltaik- und Windkraftanlagen mehr Strom produzieren, als aktuell nachgefragt wird und je nach Wolkenbildung und Windaufkommen passiert dies nicht flächendeckend, sondern regional. Die Leitungen und vor allem Knotenpunkte unterliegen so ständigen Lastschwankungen.

Für die Netzbetreiber bedeutet das, dass die Stromleitungen und deren Verknüpfungspunkte dahingehend erweitert, modernisiert oder auch neu gebaut werden müssen, um den Strom dorthin zu leiten, wo er gebraucht wird.

All diese Maßnahmen sind im Netzentwicklungsplan der Bundesnetzagentur berücksichtigt. Ziel des Netzentwicklungsplans ist es, unter Berücksichtigung des weiteren Zubaus von Erzeugungskapazitäten, insbesondere aus erneuerbaren Energien, einen sicheren Betrieb des Stromnetzes zu gewährleisten. Hier wird der Ausbaubedarf des deutschen Stromnetzes für die nächsten 10 bis 15 Jahre dargestellt.

Im Zusammenhang mit der Netzentwicklung wird oft über die Sektorkopplung und deren wichtige Bedeutung gesprochen. Darunter versteht man, dass künftig der Strom in den verschiedensten Einsatzgebieten (= Sektoren) der Energiewirtschaft und auch Industrie verwendet werden soll. Im Sinne einer ganzheitlichen Betrachtung geht es darum, nicht nur sinnvolle Lösungen für den einzelnen Sektor zu finden, sondern über den Tellerrand hinauszublicken, um ein besseres Gesamtsystem zu schaffen.



# Erneuerbare Energien in Rosenheim

## Wasserkraft

Mit der Inbetriebnahme 1896 ist das Wasserkraftwerk in Oberwöhr die älteste Stromerzeugungsanlagen in Rosenheim. Zwei Wasserkraftturbinen erzeugen in dem denkmalgeschützten Gebäude über dem Mangfallkanal durchgehend klimafreundlichen Strom, der für die Versorgung von ca. 2.500 Rosenheimer Haushalten reicht.

Neben den Erzeugungsanlagen selbst sind die Stadtwerke auch für den Unterhalt des historischen Gebäudes und von ca. 2,5 km des Mangfallkanals oberhalb und unterhalb des Wasserkraftwerkes verantwortlich. Dies reicht vom Rasen mähen und Baumschnitt bis hin zur Sicherung der Dämme. Durch die regelmäßige Wartung wird das Wasserkraftwerk Oberwöhr auf dem Stand der Technik gehalten und so auch noch viele Jahre CO<sub>2</sub>-frei erzeugten Strom liefern.

## Biomasseheizwerk Bauhof

Mit der Verbrennung von regionalen Waldhackschnitzeln versorgen die Stadtwerke Rosenheim seit 2006 das Betriebsgelände des Städtischen Bauhofs und 15 umliegende Wohnhäuser mit erneuerbarer Wärme. Das Biomasseheizwerk wird in Zukunft z. B. mit dem Anschluss der Grund- und Mittelschule Westerndorf St. Peter weiter ausgebaut.

## Biomethan

Unter Biomethan wird das auf Erdgasqualität aufbereitete und in das Erdgasnetz eingespeiste Biogas verstanden.

In den klassischen Biogasanlagen werden landwirtschaftliche Biomassen wie Gülle, Gras und Mais vergoren und zu Biogas umgewandelt. Das Biogas wird meist vor Ort in Blockheizkraftwerken zur Erzeugung von Strom und Wärme aus erneuerbarer Energie genutzt.

Während der Strom in das Netz eingespeist wird, ist vielerorts keine ausreichende Wärmenutzung möglich. Aus diesem Grund wird in vielen Anlagen das Biogas nicht am Anlagenstandort genutzt, sondern auf Erdgasqualität aufbereitet, so dass es in das Erdgasnetz eingespeist werden kann. Ab diesem Zeitpunkt spricht man von Biomethan. Der Vorteil liegt darin, dass es bilanziell, der gleichen Energiemenge entsprechend, überall in Deutschland an den Orten mit einer entsprechenden Wärmelast wieder entnommen werden kann.

Die Stadtwerke Rosenheim betreiben mehrere Gasmotoren mit Biomethan und verbinden auf diese Weise eine CO<sub>2</sub>-freie Energieerzeugung mit den Vorteilen der Kraft-Wärme-Kopplung.

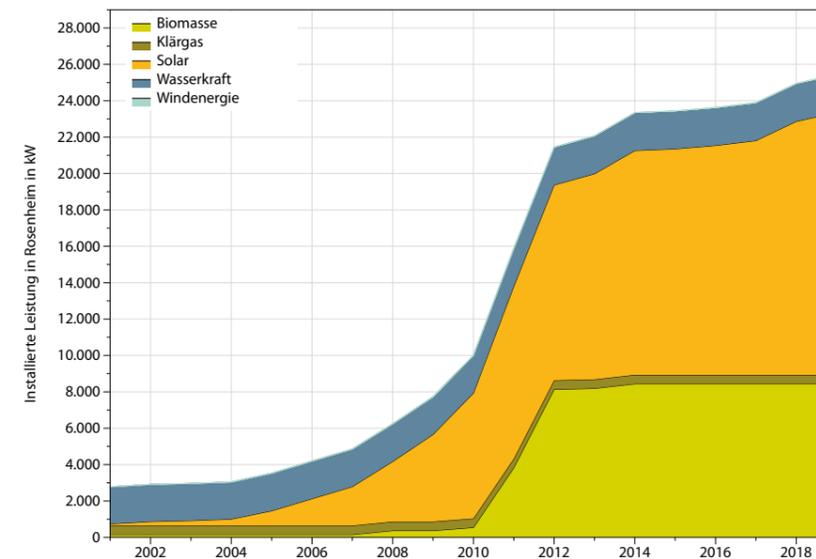


Abbildung 17: Leistung der EE-Anlagen in Rosenheim

Der Anstieg von elektrischer Leistung aus den verschiedensten erneuerbaren Energien ist in der Abbildung 17 dargestellt. Das Wasserkraftwerk liefert seit 1896 gleichmäßig und zuverlässig Strom in Rosenheim. Seit 2004 ist ein deutlicher Zubau an Photovoltaik-Anlagen zu verzeichnen, so dass bis 2018 auf den Rosenheimer Dächern

eine elektrische Leistung von ca. 13.000 kW installiert wurde. Zudem stehen seit 2012 zusätzlich 8.000 kW aus den Biomethan-Gasmotoren für die Erzeugung von erneuerbarem Strom zur Verfügung.

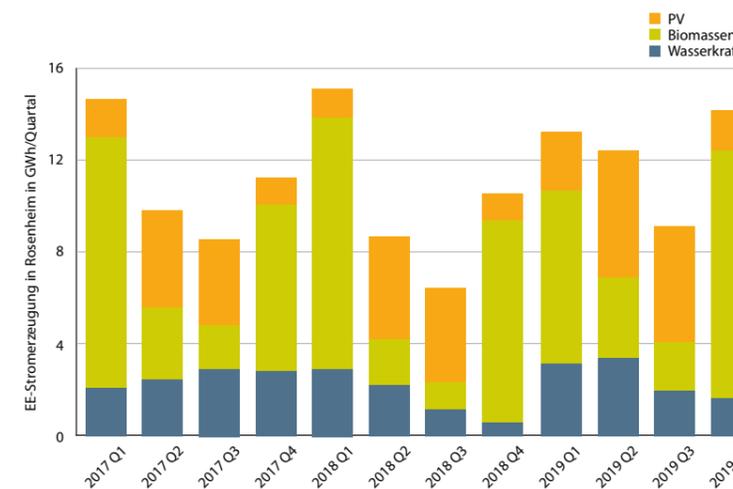


Abbildung 18: EE-Stromerzeugung in Rosenheim in den letzten Quartalen

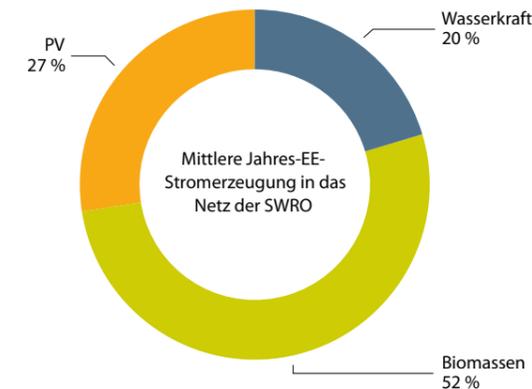


Abbildung 19: Verteilung der EE-Stromerzeugung in Rosenheim nach ihrer Herkunft

In Abbildung 18 ist die erneuerbare Stromerzeugung der Rosenheimer Anlagen über die Quartale dargestellt. Sie ist zwischen den Quartalen sehr unterschiedlich und ändert sich insbesondere saisonal. In der zweiten Jahreshälfte 2018 gab es Revisionsarbeiten am Wasserkraftwerk, so dass dessen Stromerzeugung in Q3 und

Q4 2018 untypisch niedrig war. Die PV-Stromerzeugung hat ihren Schwerpunkt natürlich im Sommer und die Biomethannutzung liegt hauptsächlich im Winter, da sie in den KWK-Anlagen erfolgt.

In der Abbildung 19 wird deutlich, dass die Stadtwerke Rosenheim mit dem Wasserkraftwerk (20 %) und den Biomethan-Gasmotoren (52 %) ca. drei Viertel der erneuerbaren Stromerzeugung in Rosenheim liefern und somit den überwiegenden Teil der CO<sub>2</sub>-Vermeidung durch EE-Strom leisten.

# 3/4 der erneuerbaren Energien in Rosenheim

werden von den Stadtwerken Rosenheim mit Wasserkraft, Biomethan-Gasmotoren und dem Klärwerk erzeugt.

# Müllheizkraftwerk ist CO<sub>2</sub>-neutral



Die Müllverbrennungsanlage der Stadtwerke Rosenheim hat in den 60 Jahren ihres Bestehens immer eine Doppelfunktion erfüllt. Sie war zum einen war sie ein zentrales Element der Rosenheimer Abfallentsorgung. Gleichzeitig war sie aber auch immer wichtiger Energieerzeuger, der zunächst Kohle und später Heizöl sowie Erdgas ersetzt hat.

In den Anfängen der Müllverbrennungsanlage stand die Volumenreduzierung im Vordergrund. Damals war der fehlende Deponieraum in Rosenheim ein drängendes Problem. Mit der Inbetriebnahme wurde die bei der Müllverbrennung entstehende Wärme zur Prozessdampferzeugung für die großen fleischverarbeitenden Betriebe Marox und Hilger, die Firma Gervais später Danone und dann auch für das Klinikum genutzt. Sie alle liegen in unmittelbarer Nähe des Müllheizkraftwerks und werden über Dampfleitungen versorgt.

Durch die getrennte Sammlung von Papier, Glas und Metallen, sowie später auch von Kunststoffen, hat sich die Müllzusammensetzung im Laufe der Zeit geändert. Dabei stehen Stofftrennung zur stofflichen Verwertung und Verbrennung nicht im Gegensatz zueinander, sondern ergänzen sich. Wiederverwertbare Stoffe gehören nicht in die Verbrennung. Deshalb werden im Wertstoffhof der Stadtwerke die Stoffe nicht nur möglichst getrennt erfasst, sondern auch nachsortiert.

Für den Rest ist die Verbrennung als energetische Verwertung der beste Weg, denn das zu deponieren Volumen wird auf rund 10% reduziert und die Asche ist chemisch stabil und kann teilweise im Tiefbau eingesetzt werden.

Die steigende Wertstoffsammlung führte auch nicht dazu, dass dem Müll Brennstoff wie Öl zugesetzt werden musste, damit er brennt. Dies ist ein weit verbreiteter Irrtum. Richtig ist, dass Öl bei der Verbrennung von Müll nur eingesetzt wird, um beim An- und Abfahrtrieb zu jedem Zeitpunkt die vom Gesetzgeber vorgeschriebenen hohen Verbrennungstemperaturen sicher einhalten zu können. Dies erfolgt normalerweise zweimal pro Jahr.

Bei der thermischen Verwertung der Abfälle bleiben von 3 m<sup>3</sup> Abfällen, das entspricht etwa 1 t Müll, nur etwa 250 kg Aschen und Schlacke mit einem Volumen von etwa ¼ m<sup>3</sup> übrig. Diese Rostasche wird nach verschiedenen Aufbereitungsschritten, in denen unter anderem die noch enthaltenen Metalle aussortiert werden, bei Baumaßnahmen verwendet. Aus dem in Rosenheim verbrannten Restmüll werden jedes Jahr etwa 1.500 t an Metallschrott zurückgewonnen.

Eine hocheffiziente Rauchgasreinigungstechnik mit einem Staubabscheidegrad von > 99,99 % stellt sicher, dass die im Abfall enthaltenen Schadstoffe praktisch vollständig zurückgehalten und in einer Staubmenge von nur noch etwa 45 bis 50 kg/t Abfall auf etwa 4 bis 5 % konzentriert werden. Dieser Filterstaub wird normalerweise in ehemaligen Salzstöcken im Bergversatz verwertet und so dem Umweltkreislauf sicher entzogen.

Möglich wird dieser hohe Abscheidegrad, indem die knapp 1.000 Filterschläuche der Anlage alle mit einer Goretex-Membran ausgestattet sind. Zur Abscheidung gasförmiger Schadstoffe wird dem Rauchgas unter anderem Aktivkohle zugegeben, an die sich die organischen Schadstoffe wie Dioxine und Furane oder gasförmige Metalle wie Quecksilber anlagern. Der beladene Kohlenstaub wird dann wieder an den Gewebefiltern gemeinsam mit den feinen Aschepartikeln abgeschieden.

Die Anlage der Stadt Rosenheim im Stadtzentrum hat vor allem den Vorteil, dass durch den zentralen Einspeisepunkt die Wege der Wärme zu den Kunden kurz und damit die Verluste gering sind. Auch die Fahrwege der Müllsammelfahrzeuge sind durch die zentrale Lage kurz und erfordern keinen zusätzlichen Verkehr im Stadtgebiet.

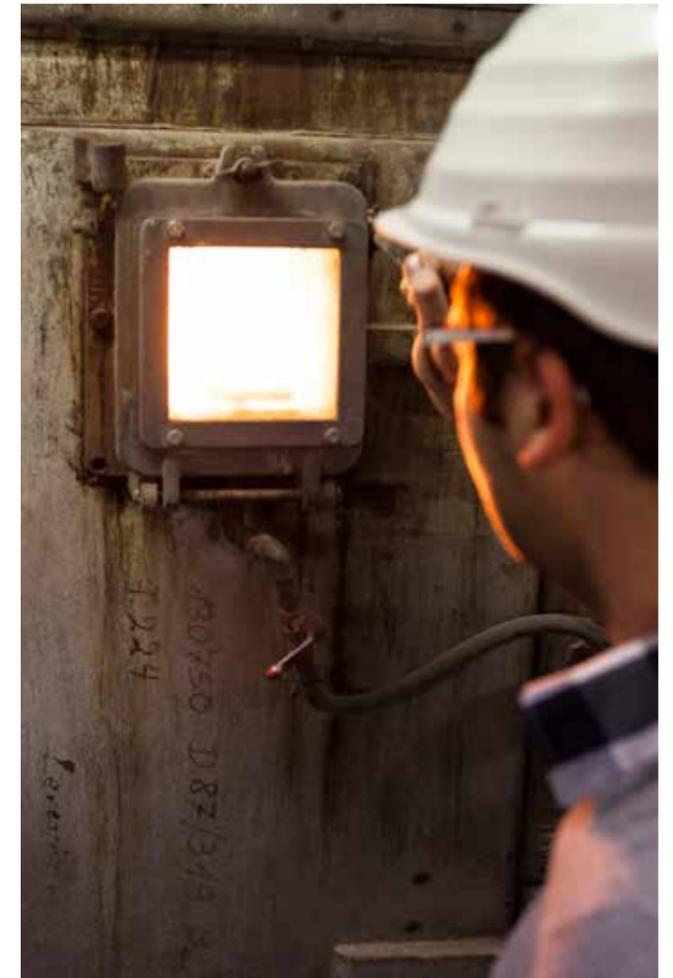


Abbildung 20: Blick in den Müllkessel

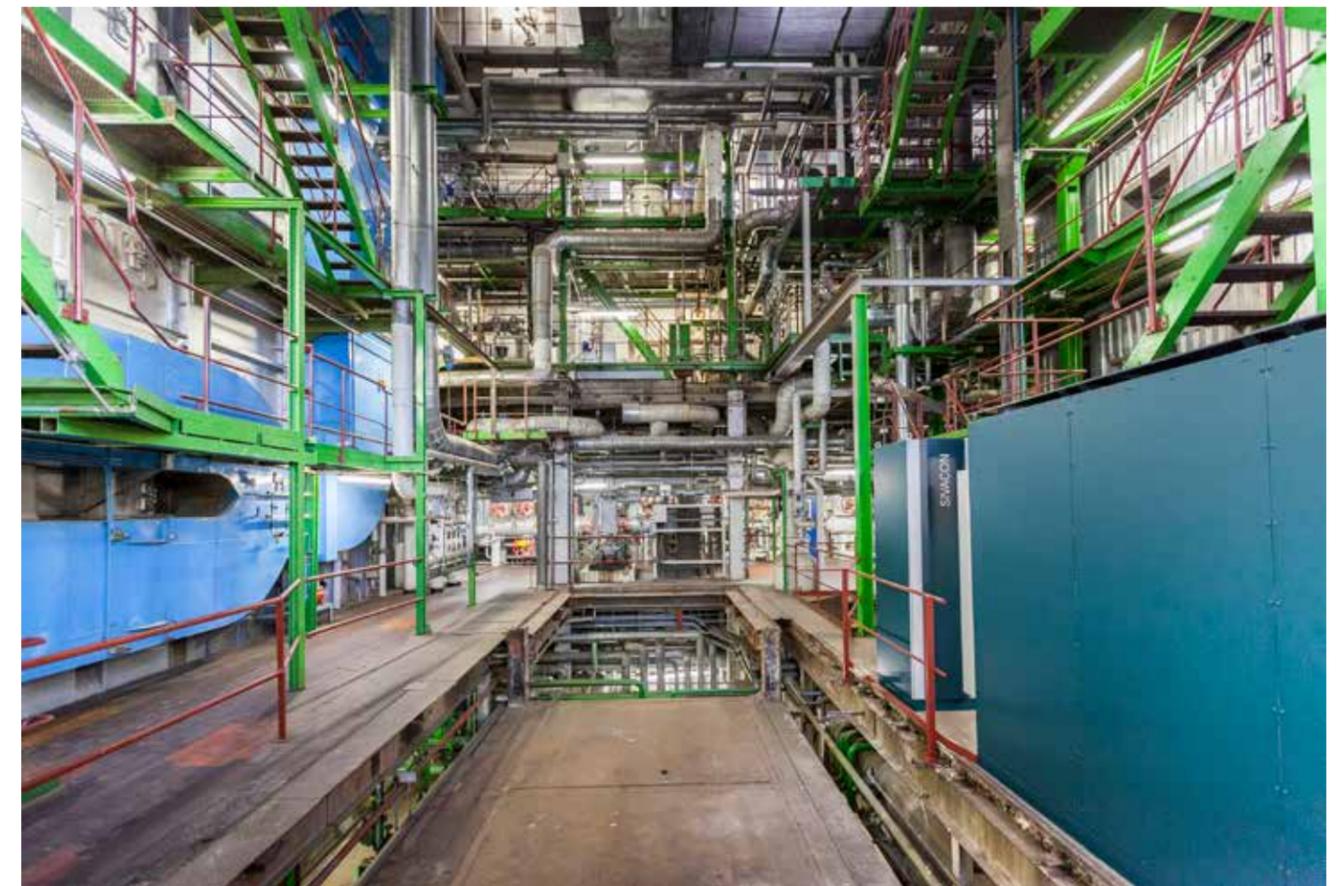


Abbildung 21: Dampfkesselanlage



Energiewende  
ist nicht Stromwende  
Wärme ist  
wichtig

Strom, Wärme und Mobilität – das sind die Sektoren, auf die sich die Energiewende bezieht.

Im Focus der breiten Öffentlichkeit steht dabei der Strom. Dabei werden rund zwei Drittel der Energie für die Hauswärme und die Warmwasserbereitung benötigt. Hier liegt auch das größte Potenzial zur Vermeidung von CO<sub>2</sub>-Emissionen. Wirkungsvolle Gebäudedämmung, effiziente Einzelheizungen oder der Einsatz von zentral erzeugter Fernwärme sind Maßnahmen, die der Energiewende zum gewünschten Erfolg verhelfen werden.

Die Dämmung von Altbaugebäuden ist nicht immer einfach. Der Gesetzgeber kann hierzu finanzielle Anreize schaffen, aber die Maßnahmen sind so aufwändig, dass sie sich nicht über die Energieeinsparung amortisieren. Bei historischen Gebäuden geht es teilweise gar nicht.

Eine ebenso wichtige Technologie, die in Rosenheim zum Einsatz kommt, sind die Wärmespeicher. Dies hat einen einfachen Grund: Wärmespeicher sind günstiger und effektiver anzuwenden als z. B. Stromspeicher in Form von Batterien, besonders umso größer die Leistung und gespeicherte Energiemenge.

## Der Anschluss

an das Fernwärmenetz, das sich aus Kraft-Wärme-Kopplung speist, senkt die CO<sub>2</sub>-Emissionen nachhaltig. Vor allem verdichtete Wohn- und Gewerbegebiete kommen dafür infrage. Das Fernwärmenetz in Rosenheim ist daher ein zentraler Baustein des Energiekonzeptes und wird weiter ausgebaut.

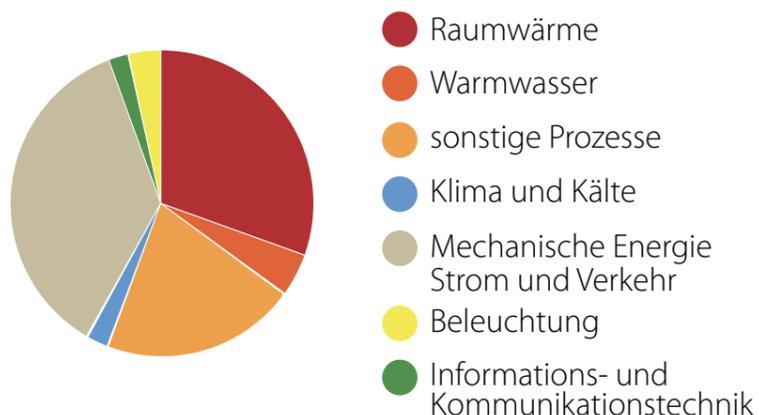


Abbildung 22: Energiebedarf in Deutschland 2018

Wichtig ist zu wissen, dass die schwankende Stromerzeugung aus Photovoltaik und Windenergie auch durch Wärmespeicher ausgeglichen werden kann. Hierbei spielen KWK-Anlagen und Elektrokessel als sogenannte Power-to-Heat-Anlagen eine Schlüsselrolle.

Bei einem Stromüberschuss im Netz können die Rosenheimer Gasmotoren beispielsweise in ihrer Leistung nach unten geregelt bzw. komplett ausgeschaltet werden. Elektrokessel ziehen dagegen bei Stromüberschuss elektrische Leistung aus dem Netz. Beide Technologien können daher schnell auf Lastschwankungen seitens des Netzes reagieren und tragen so zur Netzstabilität bei. Ausgleichendes Element ist dabei immer der Einsatz eines Wärmespeichers, der auf diese Weise im übertragenen Sinn günstig und effektiv Strom speichert.

Zudem kann durch Wärmespeicher die Effizienz des Gesamtsystems gesteigert werden, da bislang ungenutzte Abwärme nutzbar gemacht wird. Das sind Potenziale, die ein Stromspeicher nicht entfalten kann.

## Stromeinsparung

leistet ebenso einen wichtigen Beitrag zur Energiewende. Schon der Einsatz energieeffizienter Geräte vom Kühlschrank bis zur Waschmaschine und Hausbeleuchtung mit LED-Technik birgt erhebliche Potenziale.

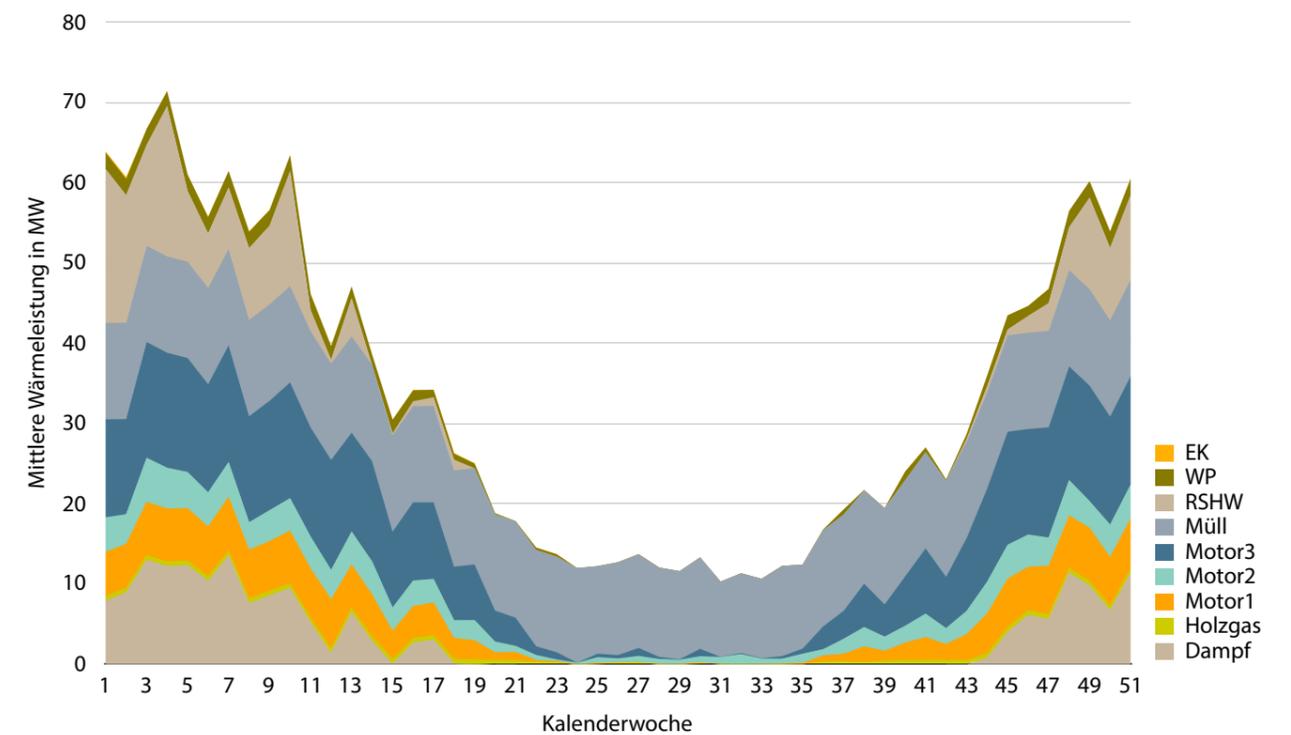


Abbildung 23: Jahreszeitlicher Betrieb der Anlagen in Rosenheim 2025 (mittlere Leistung in den Kalenderwochen der beiden Referenzjahre, Referenz mit 1\*1KWK)

Die Abbildung 23 zeigt den Verlauf des Rosenheimer Wärmebedarfs über den Zeitraum eines Jahres mit seinem naturgemäßen geringen Bedarf in den Sommermonaten und den steigenden Leistungen ab Herbst bis Frühling. Farblich dargestellt sind die einzelnen Erzeugungsanlagen, die aktuell verfügbar bzw. in der Projektierung sind und bis 2025 erstellt werden. Als großes graues Band ist die Wärme aus dem Müllkessel zu erkennen, die als Grundlast das ganze Jahr zur Verfügung steht. Das bedeutet, dass selbst an den wärmsten Tagen im Jahr und nachts, wenn (fast) alle Bürgerinnen und Bürger Rosenheims schlafen, die benötigte Grundlast von ca. 10 MW Wärme ausschließlich aus der Müllverbrennung gewonnen werden kann und es keiner weiteren Erzeugungsanlagen bedarf.

Ab den Übergangszeiten Frühling oder Herbst, wenn die Temperaturen wieder abnehmen, wird zusätzliche Wärme aus den Gasmotoren benötigt. Diese erzeugen in Kraft-Wärme-Kopplung Strom und Wärme mit höchster Energieeffizienz.

In den Wintermonaten – und in Rosenheim meist im Februar – werden die höchsten Wärmeleistungen von bis zu über 70 MW benötigt. Zur Deckung des Bedarfs stehen erdgasbefeuerte Dampfkessel und mehrere fossil befeuerte Reserve- und Spitzenheizwerke (RSHW) zur Verfügung und sichern auch in diesen Zeiten die Wärmeversorgung der Rosenheimer Fernwärmekunden.



# Energie- dienstleistung

## Energieberatung ist ein wichtiger Teil des Energiekonzepts

Neben der Strom-, Wärme- und Kälteerzeugung sowie dem Netzbetrieb sind die Energieberatung und die Energiedienstleistungen für uns wichtig und essenzieller Bestandteil des Energiekonzepts.

Hierzu gehört im Privatkundenbereich unter anderem die Hausanschlussberatung. Sie umfasst unter anderem folgende Fragestellungen:

- Wann lohnt sich eine Umstellung bzw. Modernisierung der Heizungsanlage?
- Welche Zuschüsse sind möglich?
- Beratung zum Thema Fernwärme
- Welche Maßnahmen zum Thema Gebäudedämmung kommen infrage?
- Eigene E-Tankstelle?
- ... und viele weitere Themen rund um die Energieversorgung

Bei Gewerbe und Industrie, bei Biogaserzeuger oder Betreibern von Photovoltaik-Anlagen sind häufig weitere Fragestellungen von Interesse:

### Analyse

- Energieberatung
- Energieeffizienzanalyse
- Energiemonitoring/-controlling

### Energiekonzept

- Versorgungslösungen für Strom, Wärme, Kälte und erneuerbare Energien
- Machbarkeitsstudien
- Wirtschaftlichkeitsbetrachtung mit Fördermittelberatung

### Realisierung und Betrieb

- Umsetzung der Energiekonzepte
- Technisches Anlagenmanagement und -optimierung
- Contracting-Lösungen

### Serviceleistungen

- Virtuelles Kraftwerk
- Mobile Heizzentralen
- Rund-um-die-Uhr-Notdienst
- Mobilität mit Tank- und Ladeinfrastruktur

Die Aufgaben sind vielfältig und individuell. Daher können sie hier nicht in der gegebenen Kürze beschrieben werden. Der Grundgedanke ist aber immer, das Know how, das wir im Hause erarbeitet haben, auch unseren Kunden direkt zur Verfügung zu stellen. Dies sind auch Gemeinden oder Wohnungsbaugesellschaften sowie andere Versorgungsunternehmen wie Stadt- oder Gemeindewerke.



**Kältezentrale Bahnhof Nord**

Seit 2017 versorgen die Stadtwerke erstmals über ein Kältenetz Endkunden mit Kälte. Der Start erfolgte mit einer mobile Erzeugungsanlage an der Münchener Straße, die zur Kühltisaison 2020 durch eine effizientere zentrale Kälteanlage im neuen Parkhaus 12 (P12) ersetzt wird. Sie ist modular aufgebaut und erweiterbar, um der zukünftigen Bedarfsentwicklung Rechnung zu tragen. Wie auch bei der Anlage im KuKo wird die Kälte durch Absorbtiionskälteanlagen für die Grundlast und Kompressionskälteanlagen für die Spitzenlast bereitgestellt. Diese Aufteilung ist sehr umweltfreundlich und schafft viel Optimierungspotential, ist aber recht aufwändig und wird daher nur bei zentralen Kälteversorgungsanlagen eingesetzt.



# Rückblick 2009



## Zielsetzung & Realisierung

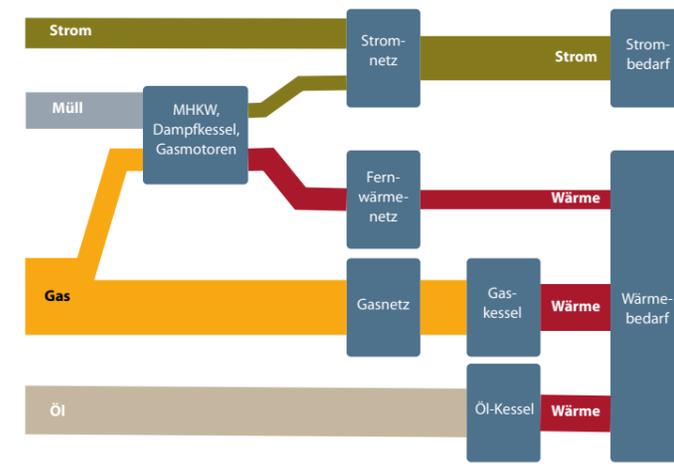
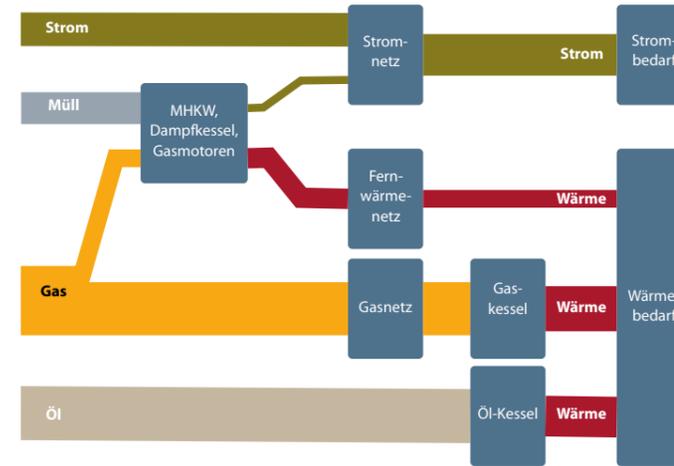
Bereits 2011 stellten wir unser Energiekonzept vor, das bis heute in seinen Grundaussagen gültig ist. Wir technische Anlagen optimiert, unser Fernwärmenetz stark ausgebaut, in Gasmotoren modernster Bauart investiert, die Holzvergasung weiter entwickelt, viele F&E-Projekte durchgeführt und unsere Anlageneinsatzplanung verbessert.

Wir arbeiten an vielen Entwicklungsvorhaben, im Bereich der Fernwärme, der innovativen KWK, der Holzvergasung, der Biogasoptimierung und Direktvermarktung, um nur einige zu nennen. Der Ausstieg aus der Kernenergie, die Markt- und Technikentwicklung, der kommende Kohleausstieg sowie eine Vielzahl an Gesetzen und Verordnungen veranlasst uns zu einer Überprüfung und Weiterentwicklung unserer zukünftigen Aktivitäten.

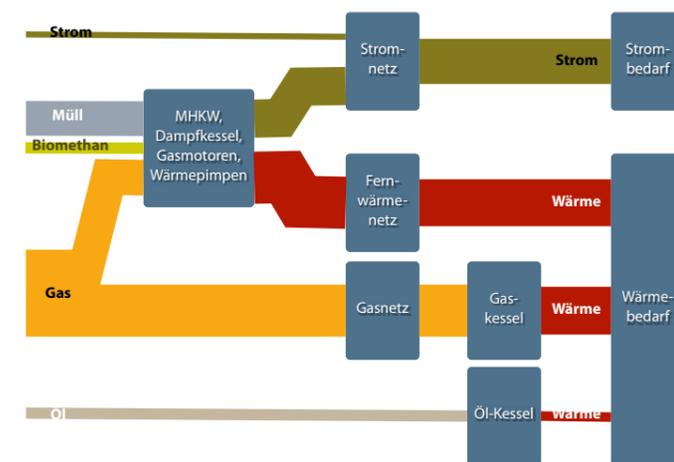
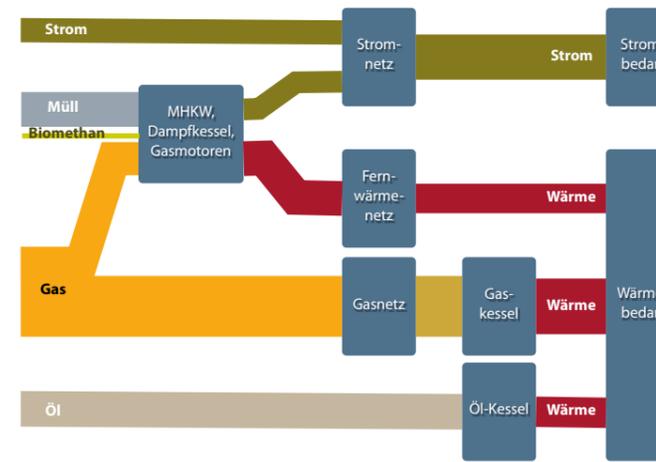
### Sankey-Diagramme der Energieversorgung von Rosenheim

Die Art dieser Diagramme gehen auf den irischen Ingenieur Captain Matthew Henry Phineas Riall Sankey zurück. Eine zentrale Frage in der Arbeit Sankeys war stets die Suche nach Effizienzsteigerung und somit wirtschaftlicher Verbesserung von Dampfmaschinen.

Unsere Aufgabe ist analog, die Effizienzsteigerung der Energieversorgung der Stadt. Die Abbildungen 24 - 27 sind Sankey-Diagramme für die Energieflüsse in Rosenheim für die Jahre 2000, 2009, 2018 (Istwerte) und 2025 (Planwerte). Sie vermitteln die Energieflüsse, hier auf Jahresbasis von Rosenheim, durch die Breite der Linien, typischerweise von links nach rechts.



Abbildungen 24 und 25: Sankey-Diagramme für die Energieflüsse in Rosenheim, links: 2000, rechts: 2009



Abbildungen 26 und 27: Sankey-Diagramme für die Energieflüsse in Rosenheim, links: 2018, rechts: 2025

Auf den Abbildungen 24-27 kann man die Entwicklungsschritte der vergangenen Jahre verfolgen und mit den Planwerten für 2025 vergleichen.

Die zugeführte Energie (auf der linken Seite der Diagramme) zeigt den elektrischen Strom aus dem deutschen Netz, die im Müll enthaltene Energie, die durch Verbrennung freigesetzt wird, das Biomethan und das Erdgas, das wir aus den vorgelagerten Gasnetzen beziehen sowie das Heizöl, das durch die Ölhändler in die Stadt gelangt. Auf der rechten Seite der Diagramme sind die Verbraucher (Endanwender) dargestellt, die ihren Strom- bzw. Wärmebedarf decken. Dazwischen liegen die Verteilnetze für Strom, Fernwärme und Gas sowie die Anlagen zur Energiewandlung (unsere Heizkraftwerke und die Kesselanlagen der Endverbraucher).

In der Abfolge der Grafiken ist zu sehen, wie sich die Energieflüsse mit dem schrittweisen Ausbau von Kraft-Wärme-Kopplung und Fernwärme verschieben. Der Anteil der Fernwärme steigt, Öl dagegen sinkt deutlich und Gas ein wenig. Beim Gas halten sich die Zunahme durch den Umstieg von Öl auf Gas und die mit Gas beheizten Neubauten sowie die Abnahme durch Wärmedämmung fast die Waage. Der Netto-Strombezug aus dem deutschen Netz sinkt dagegen durch die Zunahme der Stromerzeugung in Rosenheim systematisch, während der Stromverbrauch fast gleich bleibt.



Cpt. Matthew H. P. R. Sankey (1853-1926) Quelle: Wikipedia

# Fernwärme Netzentwicklung

Das gut isolierte Fernwärmenetz transportiert heißes Wasser zu den Verbrauchsstellen und leitet das nach dem Heizvorgang abgekühlte Wasser zurück zur Fernwärmezentrale. Hier wird das Wasser wieder auf Betriebstemperatur gebracht und der Kreislauf beginnt von vorne. Das Fernwärmenetz wird ständig gewartet, modernisiert und erweitert. In den letzten 20 Jahren wurde das Leitungsnetz auf über 180km Länge ausgebaut.

Modernisierung, Verdichtung und Erweiterung des Netzes sind immer auch mit Straßenbauarbeiten verbunden. Bei solchen Arbeiten entstehen nicht nur neue Straßenbeläge, es werden auch Versorgungsleitungen erneuert und das schnelle Internet wird durch moderne Glasfaserkabel in Rosenheim zum Standard. Die Abbildungen 28 - 30 zeigen den Bestand des Fernwärmenetzes für die Jahre 2000, 2010 und 2019.

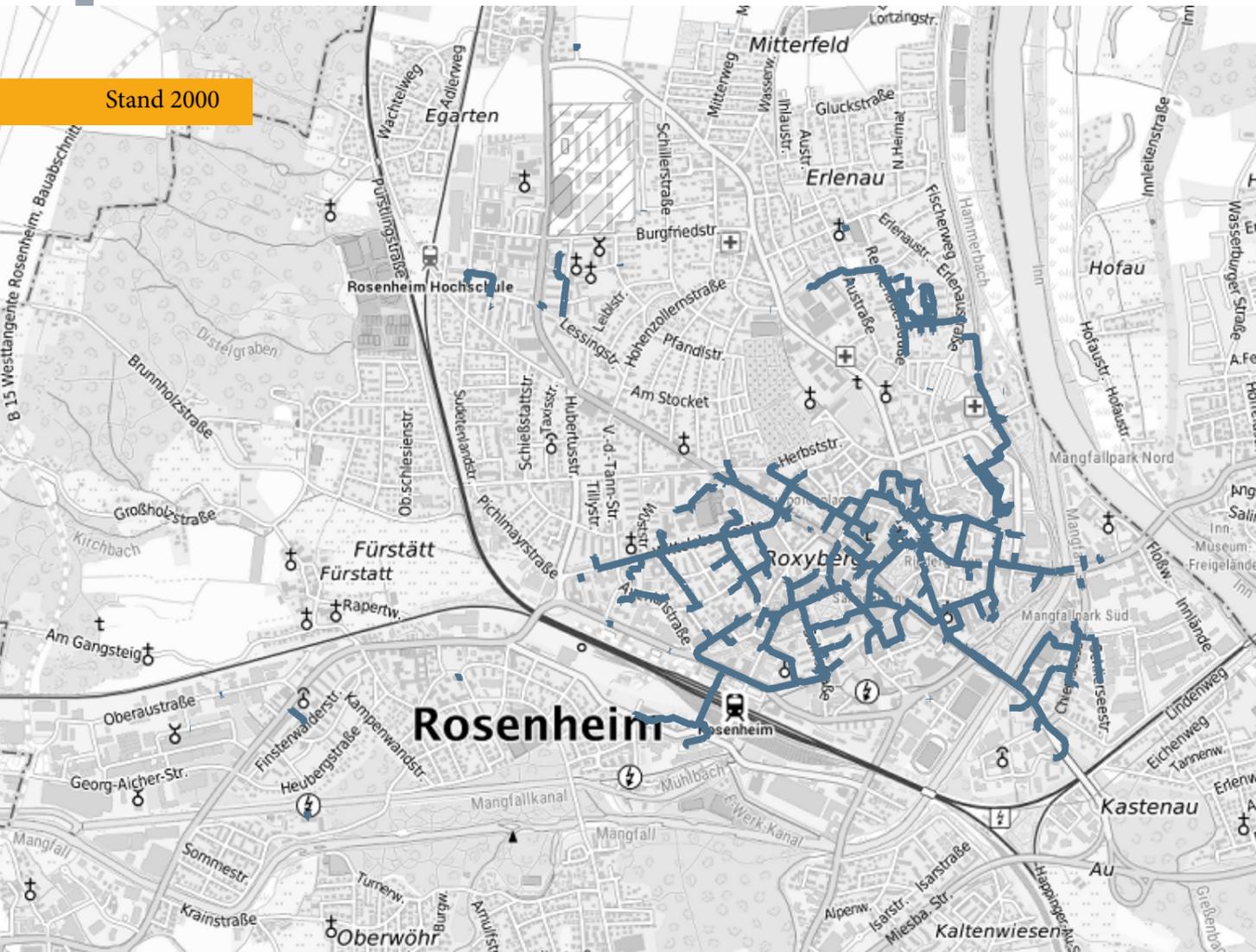


Abbildung 28

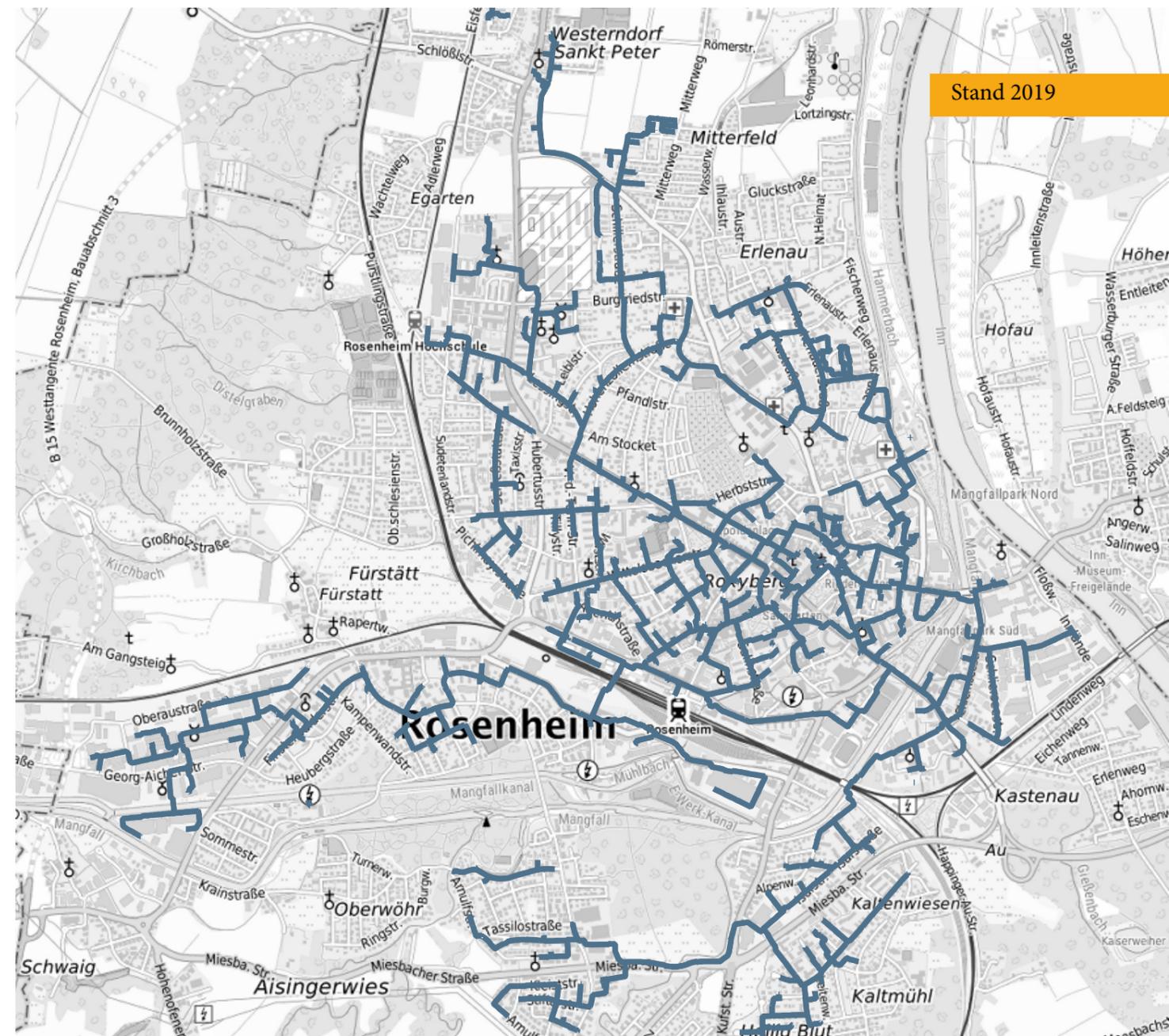
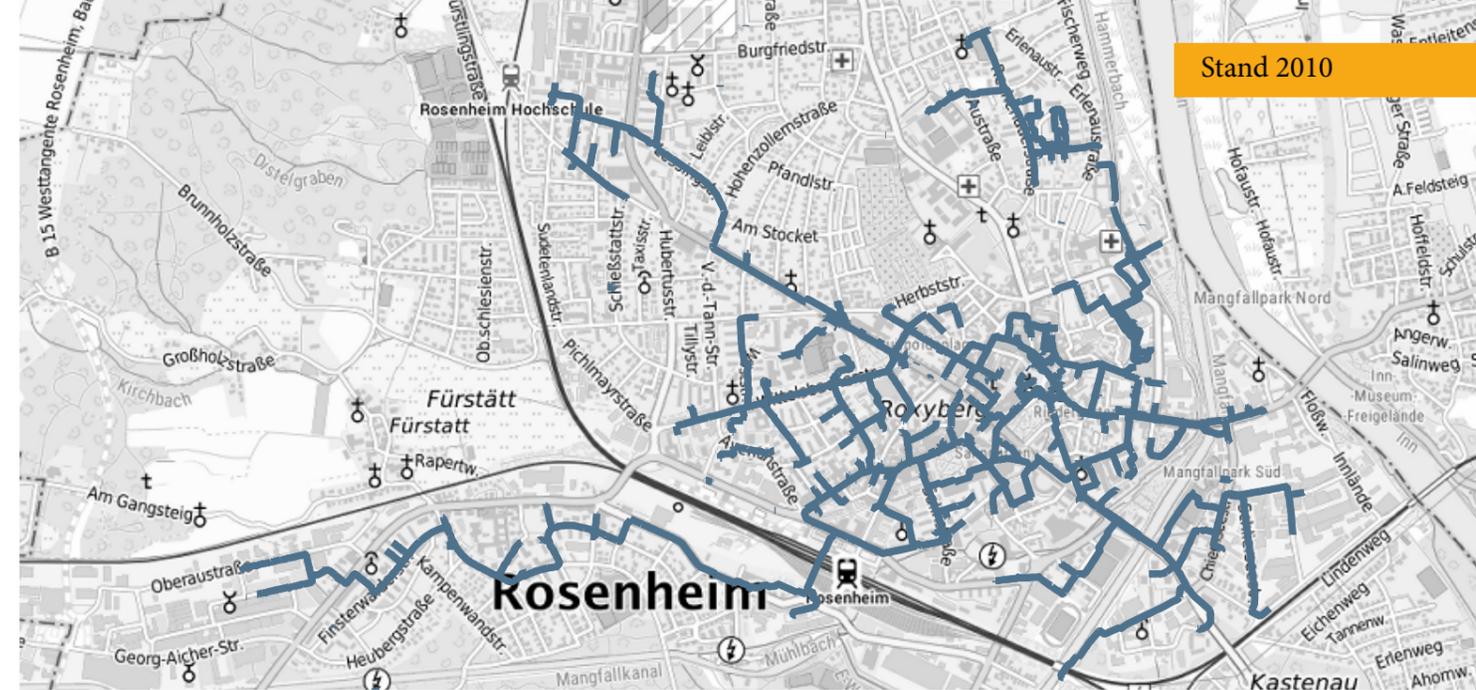


Abbildung 29 und 30



# Ziel erreicht?

Die Bundesregierung hat für Deutschland gemäß Klimaschutzplan 2050 für 2050 ein Ziel von 80-95 % CO<sub>2</sub>-Vermeidung gesetzt. Mit dem Kohleausstieg, der Besicherung durch Gaskraftwerke und dem Ausbau von Wind- und Solarstromerzeugungsanlagen ist das 80 %-Ziel nach heutigem Kenntnisstand gut erreichbar. Ein deutlich höheres Ziel (90 - 95 % CO<sub>2</sub>-Verminderung) kann aus heutiger Sicht aber nur mit einem nennenswerten Import von synthetischen Brennstoffen erreicht werden. Unser Ziel die Stadt Rosenheim bis 2025 nahezu CO<sub>2</sub>-neutral mit Strom und Fernwärme zu versorgen, gestaltet sich anspruchsvoll. Unsere Planungen zeigen aber, dass eine Verminderung um gut 90 % mit dem Einsatz vieler Maßnahmen möglich ist. Dies wird auf den folgenden 14 Seiten näher beschrieben.

- Eckpunkte unserer Strategie:**
- Der weitere Ausbau des Fernwärmenetzes durch Anschlussverdichtung lässt Optionen für die Zukunft offen und senkt den hohen CO<sub>2</sub>-Ausstoß sehr effektiv.
  - Mit einem zweiten iKWK-Projekt (innovative Kraft-Wärme-Kopplung mit einer erneuerbaren Wärmequelle) können wir sehr wirtschaftlich die Kapazitäten für den weiteren Fernwärmeausbau schaffen.
  - Der Aufbau größerer Holzvergaser kann den CO<sub>2</sub>-Ausstoß der Stadt weiter senken.
  - Ergänzend sind viele Einzelmaßnahmen wichtig, die in der Summe ein gutes weiteres Potenzial für die Verminderung von CO<sub>2</sub>-Emissionen bringen.

## Das wurde bisher umgesetzt



Abbildungen 31

## Was haben wir zusätzlich gemacht?

Die Zielsetzungen im Energiekonzept aus dem Jahr 2012 waren ambitioniert und herausfordernd. Vieles wurde erreicht, manche Maßnahmen haben sich aus verschiedensten Gründen verzögert, aber vor allem: viele neue Themen kamen im Laufe der Jahre hinzu. Die Stadtwerke haben nicht nur intensiv an ihrer Zielsetzung für ein CO<sub>2</sub>-neutrales Rosenheim gearbeitet, sondern zusätzlich eine Vielzahl an innovativen Projekten umgesetzt, die im Jahr 2012 noch nicht im Fokus standen.

Als Ausgangspunkt ist hierbei die deutsche Energiewende zu nennen, die durch ihre schnelle Entwicklung auf vielfältigste Weise Einfluss auf die Energieerzeugung in Rosenheim nimmt. Eine der wichtigsten Aufgaben ist es, das Müllheizkraftwerk so umzurüsten, dass es den gestiegenen Anforderungen der modernen Energiewirtschaft entspricht. Um beispielsweise an den verschiedenen Formen der Stromvermarktung teilzunehmen, müssen die Anlagen in ihren Leistungsbereichen schneller regelbar sein bzw. auch ein schnelles Start-Stopp-Verhalten besitzen. Dazu wurden technische Anpassungen vorgenommen.

Aufgrund der Schwankungen in der Stromerzeugung aus Photovoltaik und Windkraft müssen die Übertragungsnetzbetreiber zur Sicherung der Netzstabilität ständig Erzeugungsleistung regeln. Dazu etablierte sich ein eigenständiger Strommarkt für die sogenannte Regelleistung. Die Stadtwerke Rosenheim konnten hier als einer der ersten Energieversorger Erzeugungsleistung aus ihren Gasmotoren vermarkten. Zusätzlich entstand bei den Stadtwerken die Plattform eines virtuellen Kraftwerkes, in der die elektrische Leistung vieler kleinerer Biogas-Gasmotoren aus der Region Rosenheim vereint wurde, um am Regelleistungsmarkt als ein großer Erzeuger aufzutreten.

Mit dem Ausbau der erneuerbaren Energien und dem Risiko der zeitweisen Überlastung der deutschen Stromnetze stieg in den letzten Jahren die Gefahr großflächiger Stromausfälle. Auch die Stadtwerke bereiten sich auf solche Szenarien vor und unternehmen große Anstrengungen, solche Ausfälle zu vermeiden oder abzuschwächen. Eine wichtige Aufgabe ist es dabei, die Erzeugungsanlagen im Müllheizkraftwerk so abzusichern, dass sie sich im Ernstfall vom Netz trennen und in einen gesicherten Inselbetrieb schalten. Aus dieser sicheren Position heraus kann anschließend die Stromversorgung von Rosenheim wieder aufgebaut werden. In Tests werden hier verschiedene Szenarien durchgespielt, die Erzeugungsanlagen dementsprechend umgerüstet und die Abläufe erprobt. Zusätzlich zu den neuen Anforderungen aus der Energiewende bringen vor allem Effizienzmaßnahmen im Kraftwerk eine deutliche CO<sub>2</sub>-Einsparung. Dazu modernisieren die Stadt-

werke laufend ihre Kesselanlagen (z. B. mit neuen Brennern). Bei den Gasmotoren wurden elektrische wie thermische Optimierungen durchgeführt. Alle Motoren besitzen mittlerweile einen Gesamtwirkungsgrad von über 90 % und sind damit eine tragende Säule der Rosenheimer Energieerzeugung.

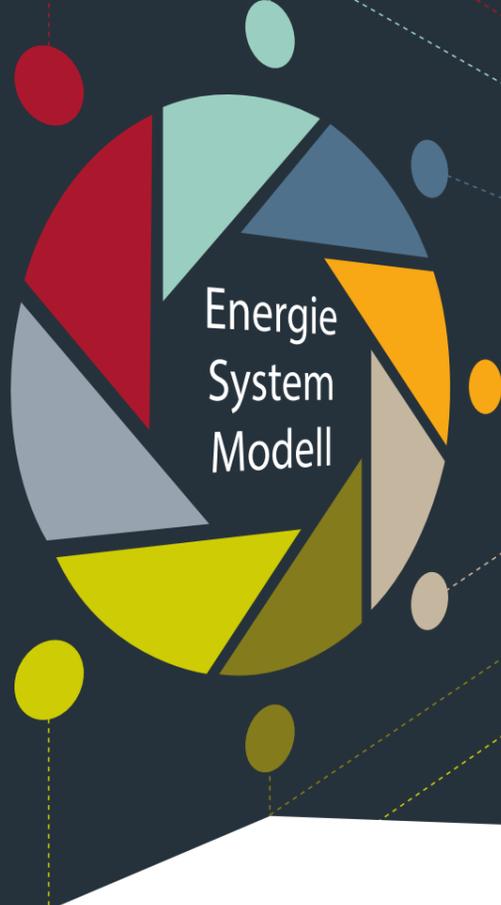
Weiterhin betreiben die Stadtwerke seit 2014 zwei ihrer Gasmotoren mit dem Brennstoff Biomethan aus landwirtschaftlichen Biogasanlagen. Damit basiert ein Drittel der Erzeugungsleistung aus den Gasmotoren aus erneuerbaren Energien und bringt eine deutliche CO<sub>2</sub>-Einsparung.

Ein weiterer innovativer Schritt war die Installation einer Kälteanlage im Kultur- und Kongresszentrum, mit deren Hilfe aus Fernwärme Kälte für die Klimatisierung der großen Säle und Veranstaltungsräume gewonnen wird. Diese Technologie kommt mittlerweile auch in den neu errichteten Gebäuden am Bahnhofsgelände Nord zum Einsatz. Mit steigender Nachfrage an Kälte ist hier ebenfalls ein weiterer Ausbau möglich.

Im Hans-Klepper-Hallenbad wurde ein Blockheizkraftwerk mit einer elektrischen Leistung von 50 Kilowatt installiert. In Kraft-Wärme-Kopplung liefert der Gasmotor ca. die Hälfte der benötigten Wärme für das Bad.

Durch ihr vielfältiges Aufgabengebiet haben sich die Stadtwerke Rosenheim in den letzten Jahren ein breites Know-how aneignen können, das auch von anderen Städten und Kommunen genutzt wird. Als Dienstleister bauen und betreiben die Stadtwerke Erzeugungsanlagen in deren Versorgungsgebiet und erschließen dort Wohn- und Gewerbegebiete mit Fernwärme. Infolge der Vielzahl von weiteren Dienstleistungen, wie z. B. dem Einsatz des Geo-Informationssystems oder den kaufmännischen Abrechnungen für Energie, haben sich die Stadtwerke Rosenheim den Ruf als zuverlässiger Partner erarbeitet.

Eine weitere große Aufgabe seit 2014 war die Zertifizierung des Gesamtunternehmens nach EMAS (kurz für Eco-Management and Audit Scheme, auch bekannt als EU-Öko-Audit). Während sich das Rosenheimer Müllheizkraftwerk bereits 1997 als erste Müllverbrennungsanlage erfolgreich einem EMAS-Audit, dem anspruchsvollsten System für nachhaltigen Umweltschutz, unterzog, ließen die Stadtwerke in den Folgejahren auch ihren Entsorgungsbetrieb und die Rosenheimer Bäder zertifizieren. Aus diesem Umweltmanagementsystem heraus entwickeln die Stadtwerke immer wieder neue Impulse für nachhaltiges Wirtschaften. Die die vielen einzelnen Umweltmaßnahmen ergeben vor allem in ihrer Summe eine nennenswerte Einsparung von CO<sub>2</sub>.



## ENERGIESYSTEMMODELL AUFBAU & FUNKTION

Berechnungsschemen

Stromerzeuger | Stromverbraucher

Bilanzierung

Preisentwicklung

Anlageneinsatzoptimierung

Untersuchung & Szenarien Netzentwicklung

### Aufbau & Funktion

Es gibt immer wieder komplexe Systeme, die sich einer Beurteilung durch einfache Anschauung entziehen und für deren Entwicklung der Vergleich mit historischen Situationen nicht gelingt. Solche Systeme lassen sich teilweise durch numerische Modellbildung analysieren und näherungsweise vorausberechnen. Ein im Alltag viel genutztes Beispiel sind Wetterprognosen, die mittlerweile fast ausschließlich auf Rechenmodellen beruhen.

Bei diesen Modellbildungen versucht man, alle relevanten Abhängigkeiten und Zusammenhänge durch mathematische Gleichungen zu beschreiben. Deren Lösung beschreibt dann das berechnete System. Dabei müssen viele Größen vorgegeben werden, die bekannt sein können, aber in vielen Fällen auch nur geschätzt oder angenommen werden. Selbst wenn alle Abhängigkeiten bekannt und formelmäßig im Modell verarbeitet sind, ergeben sich durch diese Annahmen Grenzen für die Genauigkeit der Ergebnisse. In der Regel können außerdem viele Abhängigkeiten nur näherungsweise in den Modellen verarbeitet werden, so dass deren Genauigkeit zusätzlich leidet. Ein Ausweg besteht darin, viele Berechnungen mit unterschiedlichen Annahmen (Parametern) durchzuführen und durch den Vergleich der Ergebnisse die Sensitivität zu ermitteln.

Auch wir haben ein numerisches Modell zur Abschätzung wesentlicher Fragen für unsere Zukunft entwickelt. Ausgangspunkt war vor einigen Jahren die Frage, wie groß ein zusätzlicher Wärmespeicher sein sollte, welche Auswirkungen er für den Betrieb unserer Anlagen mit Kraft-Wärme-Kopplung (KWK-Anlagen) hätte und ob sich dessen Investition rentieren würde. Der wesentliche Nutzen eines Wärmespeichers besteht darin, den Betrieb der KWK-Anlagen nach dem Strompreis zu optimieren, also nicht proportional zum Wärmebedarf betreiben zu müssen, weil die erzeugte Wärme gespeichert und später (in Zeiten mit niedrigem Strompreis) an die Nutzer abgegeben werden kann. Die finanziellen Vorteile entstehen durch die höherwertige Stromerzeugung. Zur Berechnung dieser Differenz ist es insbesondere notwendig, die stündlichen Strompreise der zukünftigen Jahre zu ermitteln. Dies scheint auf den ersten Blick ein unmögliches Vorhaben, da diese von sehr vielen Faktoren abhängen, unter anderem auch vom Wetter.

Glücklicherweise ist es aber zur Beantwortung der Frage nach der optimalen Speichergröße unnötig, die exakten Preise jeder einzelnen Stunde zu kennen. Es genügt, die Preise auf Basis historischer Referenzjahre unter Berücksichtigung bekannter Veränderungen zu berechnen. Das Ergebnis sind Preise und deren Entwicklung, wie sie sich näherungsweise einstellen würden, wenn sich das Wetter analog zum Referenzjahr wiederholt hätte und manches andere ebenfalls genauso abläuft.

Das Problem vereinfacht sich dadurch ganz erheblich, dass es grundsätzlich bei der Jahresbetrachtung unwichtig ist, ob beispielsweise ein Kälteeinbruch Anfang Januar oder Mitte Februar stattfindet. Es genügt, dass insgesamt die jahreszeitlichen Einflüsse statistisch hinreichend genau berücksichtigt werden.

Die für die Strompreisentwicklung wichtigsten Größen, die sich in den kommenden Jahren ändern werden, sind nicht die Temperaturen (die Klimaveränderung wirkt in längeren Zeiträumen), sondern die Brennstoffpreise für Gas und Kohle, die CO<sub>2</sub>-Zertifikatspreise sowie die Veränderungen der Stromerzeugungsanlagen und -netze. Speziell der weitere Ausbau von Wind- und Solarstromerzeugungsanlagen, die Stilllegung der Braun- und Steinkohlekraftwerke und der Zubau an Gaskraftwerken bestimmen den Strompreis in einem hohen Maß. Die Art dieser Preisbildung ist bekannt (siehe Merit-Order) und kann gut berechnet werden. Für den Umbau der Stromerzeugungsanlagen gibt es umfangreiche Arbeiten der Bundesnetzagentur unter Mitwirkung vieler Akteure im Rahmen der Erarbeitung der Netzentwicklungspläne.

Unser Modell ist schematisch in Abbildung 28 dargestellt. Aus vielen Vorgaben und den Werten der Referenzjahre (bei uns zwei aufeinanderfolgende, um seltener Wetterlagen besser zu berücksichtigen) werden die jeweiligen Zieljahre abgeleitet und deren stündlichen Strompreise berechnet, die dann wiederum

die Grundlage für die Betriebsoptimierung unserer Anlagen bilden.

Der verbesserte Anlageneinsatz basiert auf der wirtschaftlichen Optimierung anhand einer angenommenen perfekten Prognose (der jeweils nächsten Tage). Mit dieser Betriebsweise können dann Kosten und Erträge sowie CO<sub>2</sub>-Mengen aller Komponenten berechnet werden.

Im Laufe der Zeit wurde dieses Modell weiterentwickelt, stark verfeinert und an neue Fragestellungen angepasst, so dass wir damit für die hier zugrunde liegenden Berechnungen und Planungen ein sehr mächtiges Werkzeug zur Verfügung hatten und eine große Zahl an Varianten berechnen, vergleichen und optimieren konnten.

Andere Einrichtungen sind ähnliche Wege gegangen, um unterschiedliche Fragestellungen zu beantworten. Wir haben hier speziell mit der Forschungsstelle für Energiewirtschaft in München eng zusammengearbeitet. Deren Modelle sind deutlich umfangreicher und beinhalten unter anderem die Übertragungskapazitäten des Transportnetzes in Deutschland sowie die Wechselwirkungen der Stromerzeugung und -netze in Europa - beantworten aber nicht unsere speziellen Fragen für Rosenheim. Wir konnten jedoch auf viele ihrer Ergebnisse zurückgreifen und diese in unserem Modell verarbeiten, was uns sehr geholfen hat.

## Berechnungsschema

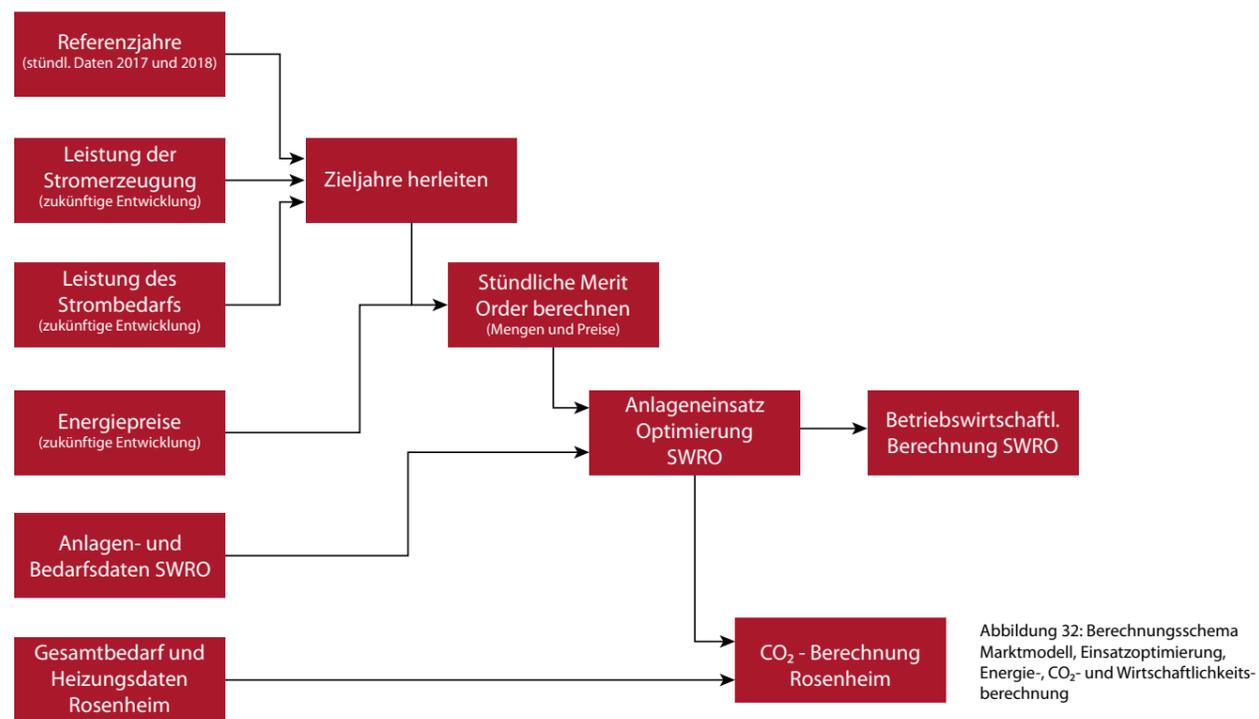


Abbildung 32: Berechnungsschema Marktmodell, Einsatzoptimierung, Energie-, CO<sub>2</sub>- und Wirtschaftlichkeitsberechnung

Abbildung 32 zeigt das stark vereinfachte Berechnungsschema des Energiemodells. Auf der linken Seite sind die Eingangsdaten und Vorgaben dargestellt. Die Referenzjahre 2017 und 18 liefern die Wetterdaten und ihre Auswirkungen auf den Strom- und Wärmebedarf sowie die Erzeugung von Wasserkraft, Solar- und Windstrom. Mit dem erwarteten Ausbau Erneuerbarer Energie Anlagen werden auf dieser Basis die EE-Stromerzeugung berechnet und damit die Zieljahre hergeleitet.

Zusammen mit den erwarteten Preisen für Gas, Kohle und CO<sub>2</sub>-Zertifikate werden im nächsten Schritt die stündlichen Mengen der übrigen Kraftwerke, der Im- und Exportmengen sowie die stündlichen Strompreise auf Basis der Merit Order berechnet. Diese Preise bilden zusammen mit dem Wärmebedarf unserer Fernwärmekunden und unseren Erzeugungsanlagen und Speicher für Strom und Wärme wird dann deren Einsatz Optimum ebenfalls auf Stundenbasis berechnet. Hieraus ergeben sich dann CO<sub>2</sub>-Ausstoß und Wirtschaftlichkeit.

## Stromerzeuger | Stromverbraucher

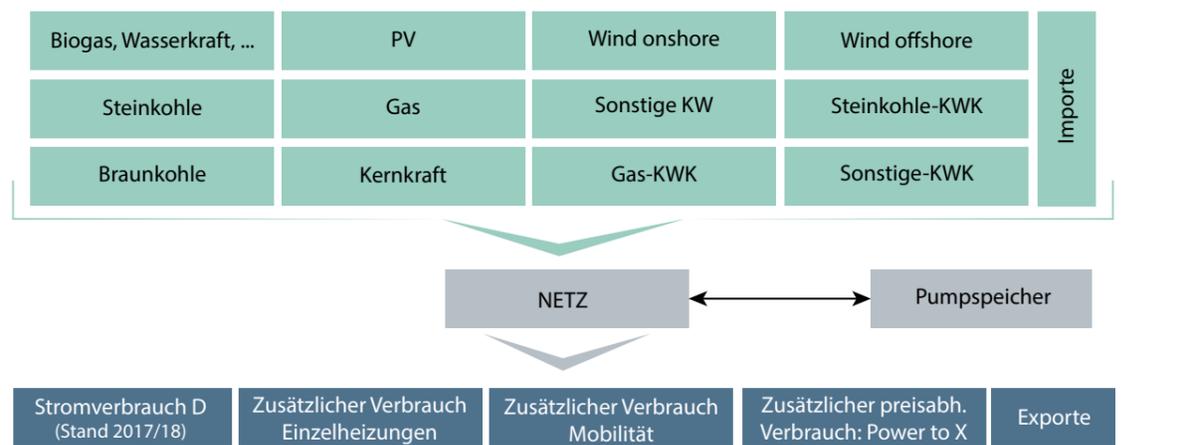


Abbildung 33: Gruppen der Stromerzeuger und -verbraucher

Eine Übersicht über die einzeln berechneten Komponenten im des Marktmodells zur Preisberechnung ist in der Abbildungen 33 dargestellt. Das Stromnetz selbst wird dabei als ausreichend dimensioniert angenommen.

Netzrestriktionen gibt es in unserem Verteilnetz nicht. Engpässe im Übertragungsnetz sollen von der Bundesnetzagentur und den Übertragungsnetzbetreibern durch Ausbau beseitigt werden (siehe Netzentwicklungsplan).

## Anlageneinsatzoptimierung

Oberstes Ziel der Stadtwerke Rosenheim ist es, den Rosenheimer Bürgerinnen und Bürgern eine sichere Energieversorgung mit Strom und Wärme bereitzustellen. Grundvoraussetzung ist dabei die Erzeugung mit höchsten Wirkungsgraden und der besten Wirtschaftlichkeit. Das bedeutet, dass möglichst viel Energie vom eingesetzten Brennstoff genutzt wird. Nur so kann umweltfreundlich Energie zu günstigen Preisen erzeugt werden. Die Herausforderung in der täglichen Abwicklung liegt darin, mit den Schwankungen des Energiebedarfs und der Energiemarktpreise dieses Optimum zu erreichen.

Die verschiedenen Anlagen des Müllheizkraftwerks in Rosenheim sind sehr flexibel einsetzbar. Dabei muss die Wärme entsprechend der Kundennachfrage jederzeit durch den Einsatz der Erzeugungsanlagen bereitgestellt werden, schließlich soll jeder Kunde zu jeder Zeit warmes Wasser zum Heizen, Duschen etc. zur Verfügung haben.

Anhand von Wettervorhersagen prognostizieren die Rosenheimer Energieexperten den Energiebedarf der Kunden in Rosenheim (Fernwärme, Dampf, Strom und Gas). Dieses Ergebnis fließt anschließend zusammen mit vielen weiteren Angaben in eine komplexe Software ein. Stehen beispielsweise durch Störungen oder Wartungsarbeiten einzelne Anlagen nicht für die Energieerzeugung zur Verfügung, muss das Computerprogramm dies berücksichtigen. Weitere technische Angaben; wie der Füllgrad der Wärmespeicher oder auch die Lieferverpflichtungen und Lastbedingungen des Strom- und Gasnetzes; müssen zeitgenau in die Software eingetragen werden.

Als wirtschaftliche Größen fließen schließlich die für den nächsten Tag prognostizierten Strom-, Gas- und CO<sub>2</sub>-Preise sowie die entsprechenden Wartungskosten der Anlagen mit ein. In mehreren Rechenläufen und teilweisen Anpassungen liefert die Software dann die für den nächsten Tag wirtschaftlichste Fernwärmeerzeugung. Das Ergebnis ist ein Tageseinsatzfahrplan mit der in der Energiewirtschaft geforderten Genauigkeit einer Viertelstunden-Taktung. Um die Ergebnisse der Optimierung noch weiter zu verbessern, wird nicht nur der nächste Tag zu simuliert, sondern auch die Fahrweise der darauffolgenden fünf Tage abgebildet. So können beispielsweise die Be- und Entladung der Wärmespeicher sinnvoller errechnet und dadurch die Betriebszeiten der Gasmotoren optimiert werden.

Anschließend beginnt die Tätigkeit der Abteilung Energiehandel. Die aus dem Erzeugungsfahrplan resultierenden Energiemengen werden am Energiemarkt platziert. Der bei der Wärmerzeugung anfallende Strom wird verkauft und das dafür nötige Erdgas und die CO<sub>2</sub>-Zertifikate werden gekauft. Für die Stadtwerke bedeutet das, dass alle Geschäfte in sich geschlossen sind und damit die wirtschaftlichen Risiken minimiert werden.

Obwohl am Vortag mit größter Sorgfalt die Prognose erstellt wurde, ist es selten der Fall, dass diese auf ganzer Linie zutrifft. Die dadurch entstehenden Differenzen am Liefertag werden teilweise von einem zur Verfügung stehenden automatischen Handelssystem ausgeglichen oder auch direkt von den Mitarbeitern. Alle sich daraus ergebenden Anpassungen gehen dann wieder in die aktualisierte Fahrweise des Kraftwerks ein.

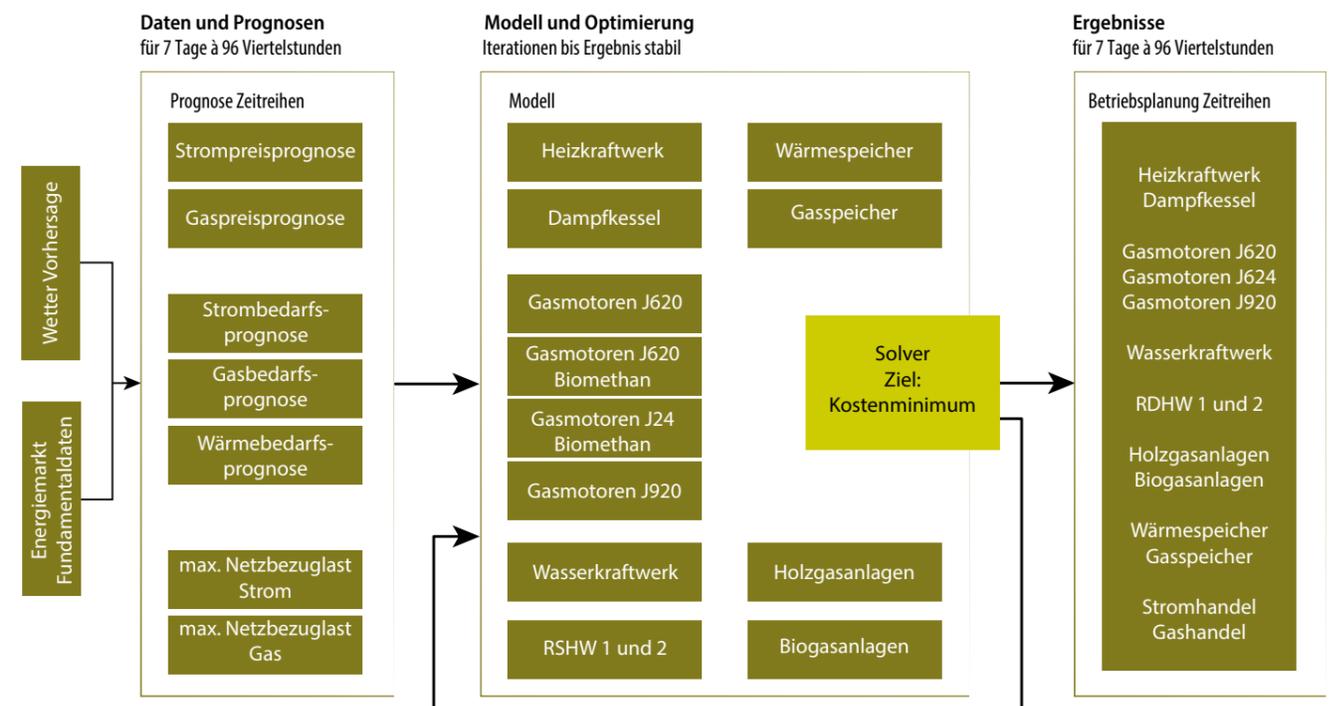
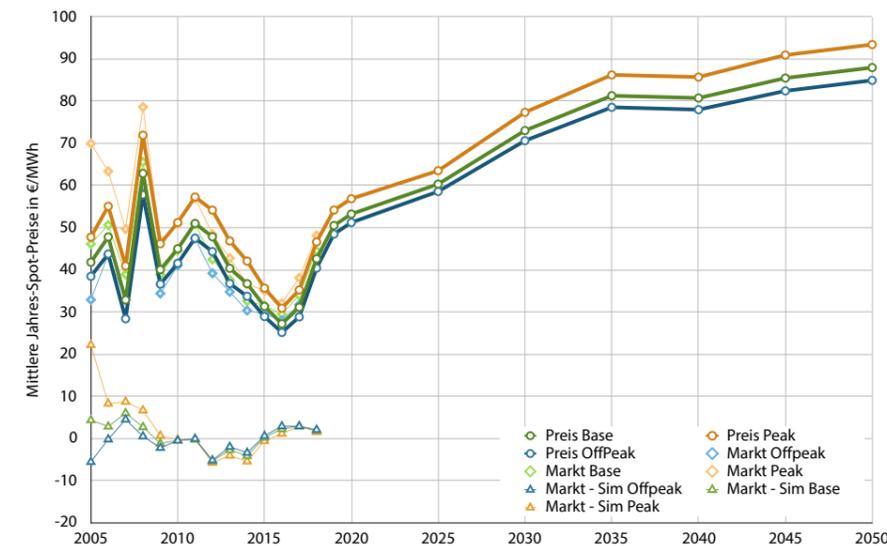


Abbildung 34: Optimierung des Anlagebetriebs

## Preisentwicklung

Eine zentrale Größe des Stromversorgungssystems sind die Strompreise. Fundamental leiten sich die Preise der verschiedenen Handelsprodukte von den stündlichen Preisen im Spot-Markt ab. Rechnerisch wird seit mehreren Jahren rund die Hälfte des gesamten Stromverbrauchs in Deutschland über diesen Spot-Markt gehandelt. Er ist sehr fundamental getrieben und unterliegt vergleichsweise sehr wenig spekulativen Elementen. Er kann gut berechnet werden, denn die Prinzipien der Preisbildung sind bekannt und seit Jahren stabil.

Die Abbildung 35 zeigt die erwartete Preisentwicklung in einem Basisszenario als mittlere Jahrespreise, bei dem die einzelnen Preise aller Stunden des Jahres gemittelt wurden. Dieses wird im Großhandel mit dem Produktnamen „Base“ geführt (grüne Kurve).



Die hier dargestellten Preisanstiege werden auch auf der Ebene der Haushaltsstrompreise wirksam, allerdings fallen sie hier nicht sehr ins Gewicht, da sie an dem Preis nur etwa 10 - 15 % ausmachen (ca. 3 ct/kWh).

Neben der Preisentwicklung ist für uns auch die Entwicklung der mit dem Strom verbundenen CO<sub>2</sub>-Mengen wichtig. Sie sind in Abbildung 36 in Form der durchschnittlichen CO<sub>2</sub>-Belastung des verwendeten Stroms (CO<sub>2</sub>-Faktor) in Deutschland (blaue Kurve) und des mittleren CO<sub>2</sub>-Faktor der preissetzenden Kraftwerke (orangefarbene Kurve) dargestellt. Zum Vergleich zu den Modellergebnissen sind auch hier die historischen Werte dargestellt, wie sie vom Umweltbundesamt (UBA) veröffentlicht wurden (grüne Kurve). Der Abwärtstrend (CO<sub>2</sub>-Vermeidung) durch den Ausbau der erneuerbaren Energien und den Rückgang der Kohlestromerzeugung ist gut zu erkennen. Sichtbar wird aber auch, dass eine CO<sub>2</sub>-Verminderung über ca. 80 % hinaus sehr anspruchsvoll wird.

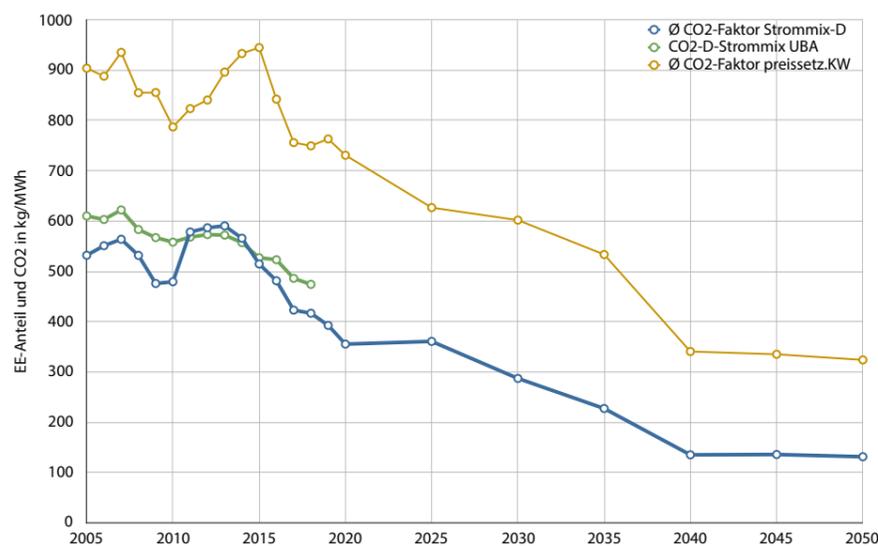


Abbildung 36: Spezifische CO<sub>2</sub>-Emission von Strom in Deutschland

Daneben wird das Produkt „Peak“ aus dem Mittel der Stunden zwischen 8 und 20 Uhr an Werktagen gebildet (orangefarbene Kurve). Die blaue Kurve zeigt den mittleren Preis der „Off-Peak“-Zeiten. Die Strompreise in der Nacht und an Wochenenden liegen typischerweise niedriger, da weniger Strom gebraucht wird.

Im linken Teil der Grafik sind zur Überprüfung des Modells neben den berechneten Preisen auch die historischen Preise und die Differenz beider dargestellt. Bis auf das Jahr 2005 liegen die Abweichungen im Bereich weniger Euro pro Megawattstunde (€/MWh). Für die kommenden Jahre erwarten wir Preisanstiege, die im Wesentlichen durch Stilllegungen von Kern- und Kohlekraftwerken sowie steigende Preise für Gas und CO<sub>2</sub> ausgelöst werden.

## Bilanzierung

Um unsere Wirkung in Rosenheim und in Deutschland zu ermitteln, müssen wir zunächst überlegen, welche Sachverhalte wir berechnen wollen. Das klingt zunächst recht banal, wo uns doch offensichtlich Dinge wie Primärenergie und die damit verbundenen CO<sub>2</sub>-Mengen sowie die Kosten interessieren. Die Abbildung 33 soll das Problem veranschaulichen.

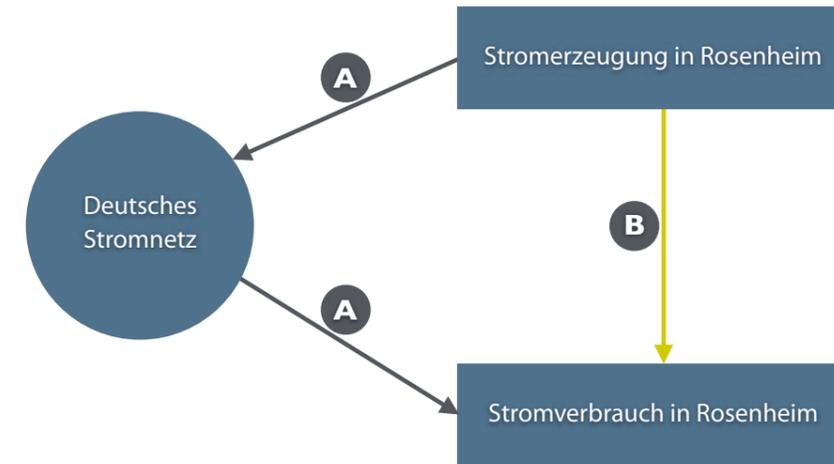


Abbildung 37: Bilanzierung von EE-Strom aus Rosenheim

Die Abbildung 37 soll veranschaulichen, dass es grundsätzlich zwei sehr unterschiedliche Methoden gibt, wie der bei uns erzeugte Strom bilanziert wird, d. h. in die CO<sub>2</sub>-Berechnung einget.

Methode „A“ bedeutet hierbei, dass der Strom in das deutsche Netz bzw. den deutschen Markt eingespeist wird und im Gegenzug alle benötigten Mengen auch von dort beschafft werden. Methode „B“ unterstellt, dass der hier erzeugte Strom auch unmittelbar hier verbraucht wird und sich damit der Bezug aus dem deutschen Stromnetz vermindert. Die Unterschiede ergeben sich nun, weil der hier erzeugte Strom auf andere Art hergestellt wird und damit andere CO<sub>2</sub>-Emissionen mit sich bringt, als der durchschnittliche Strom im deutschen Netz. Beide Methoden sind grundsätzlich zulässig, Methode „B“ erfordert aber z. B. bei viel Stromerzeugung in der Stadt Festlegungen, welcher Strom in Rosenheim verwendet wird und welcher nicht. Daher verwenden wir immer nur die Methode „A“.

Die Abbildung 38 beschreibt unsere CO<sub>2</sub>-Berechnungsmethode etwas genauer. Alle Anlagen, die fossile Brennstoffe verwenden, werden mit den jeweiligen CO<sub>2</sub>-Faktoren der Brennstoffe bewertet. Der Strombezug der allgemeinen Stromverbraucher wird mit dem CO<sub>2</sub>-Faktor des deutschen Strommixes berechnet.

Zusätzliche Einflüsse, die wir durch unser Handeln verändern, werden mit den CO<sub>2</sub>-Werten der preissetzenden Kraftwerke stundengenau berechnet. Dies ist wichtig, weil das preissetzende Kraftwerk darüber entscheidet, wie viel CO<sub>2</sub> mehr oder weniger in die Atmosphäre gelangt, wenn wir zusätzlich Strom verbrauchen oder selbst Strom erzeugen. Welches Kraftwerk preissetzend ist, verändert sich z. B. je nach Strombedarf sowie Wind- und Solarstromerzeugung ständig.

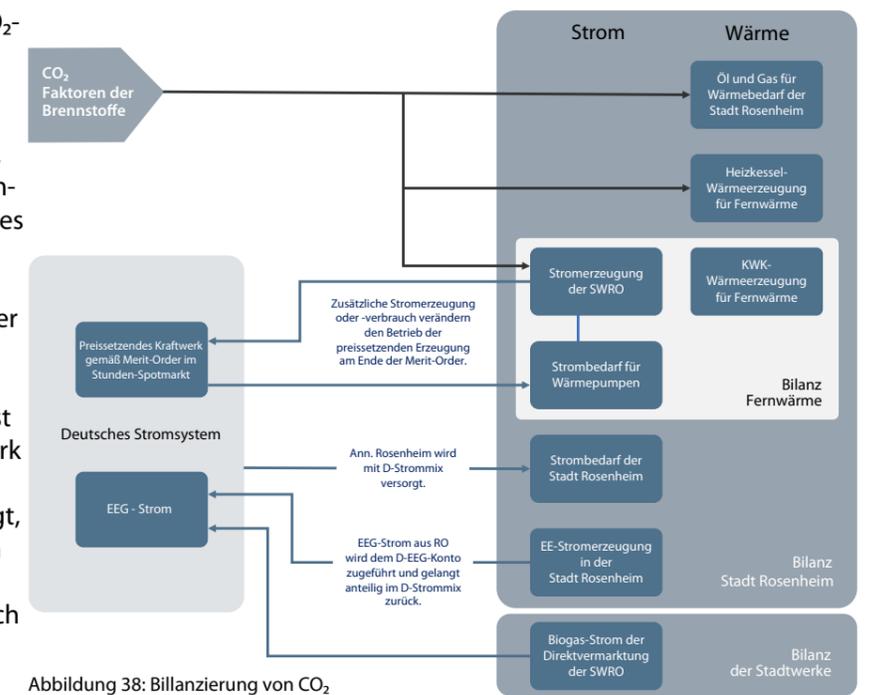


Abbildung 38: Bilanzierung von CO<sub>2</sub>

Im unteren Bereich der Abbildung 34 ist dargestellt, dass wir den in Rosenheim erzeugten erneuerbaren Strom gemäß EEG (EEG-Strom) analog zu der anderen Stromerzeugung nicht durch Verwendung in Rosenheim bilanzieren, sondern dem bundesweiten EEG-Konto zuordnen, denn von dort erhalten wir die Mengen anteilig wieder zurück und hätten sie sonst doppelt bilanziert.

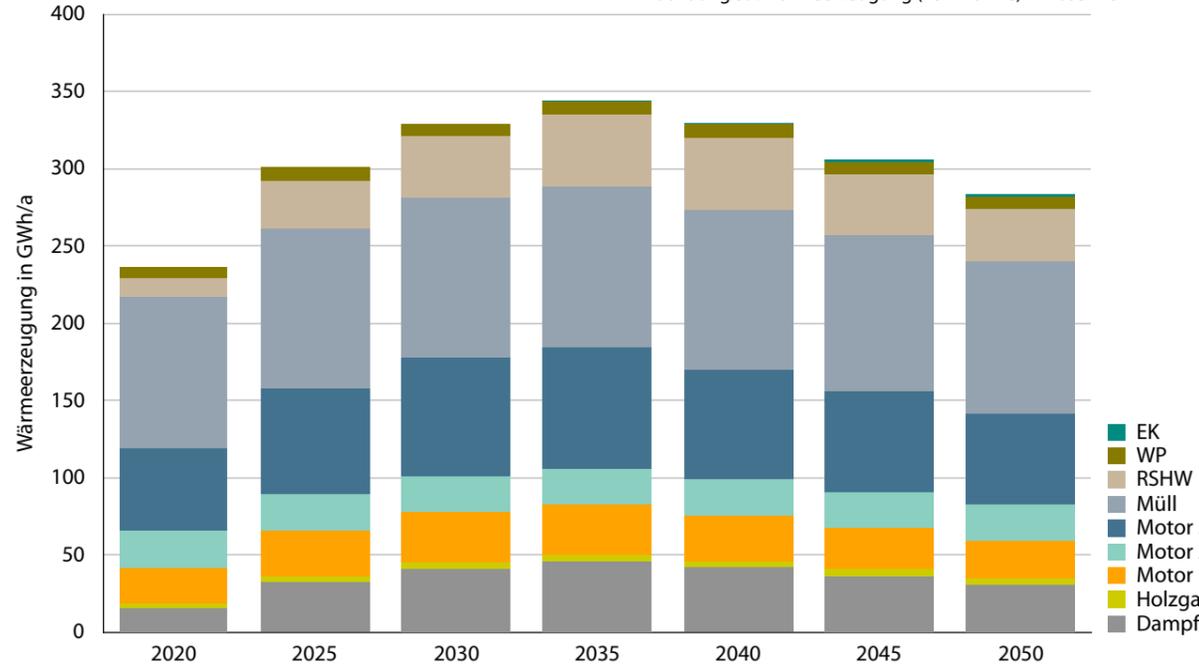
Auch die erneuerbaren Strommengen aus unserer Direktvermarktung - meist Strom von landwirtschaftlichen Biogasanlagen - rechnen wir nicht uns zu, denn die Leistung gebührt den Landwirten, für die wir Dienstleistungen erbringen. Anderenfalls hätten wir schon jetzt all unsere Ziele erreicht.

## Untersuchung von Ausbauvarianten

Eine wesentliche Grundlage aller Überlegungen für die Weiterentwicklung von Anlagen zur Wärmeerzeugung ist der Bedarf an Fernwärme. Gleichzeitig ist der Ausbau des Fernwärmenetzes insgesamt das wirkungsvollste Mittel zur CO<sub>2</sub>-Reduzierung in Rosenheim. Der große Anteil der Heizwärme am Gesamtenergiebedarf der

Stadt verbunden mit dem großen Unterschied der spezifischen CO<sub>2</sub>-Emissionen zwischen unserer Fernwärme und den Einzelheizungen zeigt, dass der Fernwärmearausbau an erster Stelle der Maßnahmen steht. Die bisherige Erweiterung unseres Fernwärmenetzes erfolgte weitgehend in dem Umfang, wie wir uns dies früher zum Ziel gesetzt hatten.

Abbildung 39: Wärmeerzeugung (Fernwärme) in Rosenheim

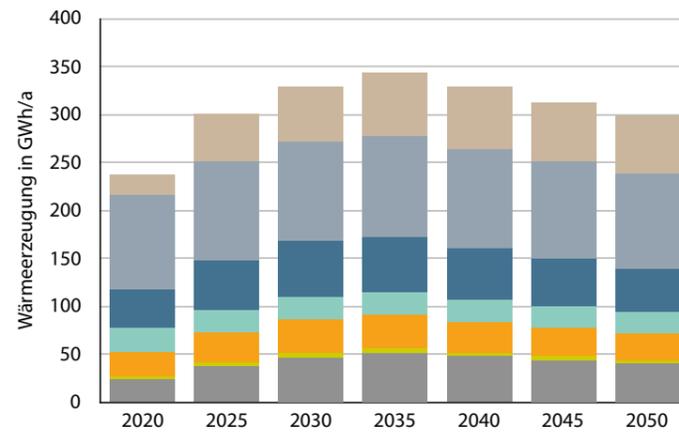


Der Ausbau ist damit weit vorangeschritten, aber noch nicht fertig (z. B. die Verbindung Aicherpark - Mangfallstraße). Der noch mögliche Ausbau und die zukünftige Anschlussverdichtung werden den Wärmebedarf weiter ansteigen und gleichzeitig den Öl- und Gasbedarf sinken lassen.

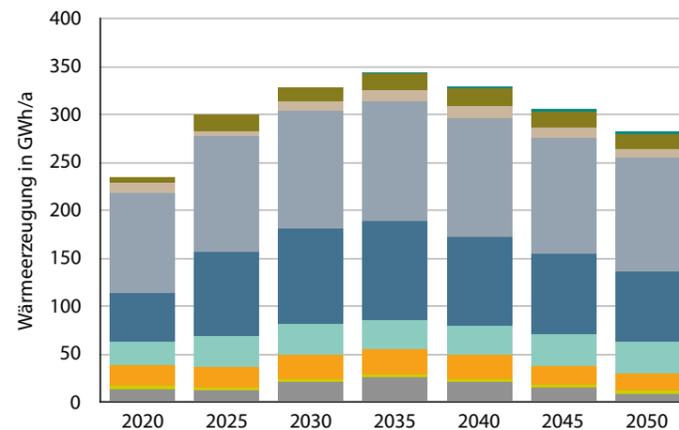
Die Abbildung 39 zeigt diese erwartete Entwicklung in Verbindung mit der fortschreitenden Senkung des Wärmebedarfs durch die Wärmedämmung der beheizten Gebäude sowie die Anlagen, die diese Wärme bereitstellen. Dabei wurde unterstellt, dass wir den Anlagenbestand von 2019 unverändert lassen und nicht weiter ausbauen oder verbessern. Die hellblauen Bereiche unten (Dampfkessel) und oben (Heißwasserkessel) in den Säulen kennzeichnen Anlagen mit vergleichsweise schlechter Brennstoffausnutzung und hohem CO<sub>2</sub>-Ausstoß.

Die Abbildungen 40 A, B, C und D zeigen dasselbe Bild, ergänzt von drei unterschiedlichen Ausbauvarianten unserer Strom- und Wärmeerzeugung. In der Grafik rechts unten sind die hellblauen Bereiche praktisch verschwunden und die Wärmeerzeugung findet deutlich umweltfreundlicher statt. Will man nun die Veränderungen des CO<sub>2</sub>-Ausstoßes im deutschen Energiesystem (einschließlich Rosenheim) durch unsere Fernwärme und die damit einhergehende Strom- und Wärmeerzeugung vergleichen, scheint dies eine sehr umfangreiche und kaum lösbare Aufgabe zu sein.

Referenz ohne eigene Maßnahmen (Stand 2019)



mit 2\*iKWK u. mehr Müll-Wärme



Da wir jedoch nur unsere Auswirkungen ermitteln wollen, müssen wir gar nicht alle Energieströme in Deutschland untersuchen, sondern nur die Stellen, die durch uns verändert werden. Das sind außerhalb der Stadt nur die bereits erwähnten preissetzenden Kraftwerke, das bedeutet für jede Stunde des Jahres das teuerste Kraftwerk, das zur Versorgung noch eingesetzt werden muss. Damit reduziert sich das Problem erheblich, denn wir müssen nur noch von dem CO<sub>2</sub>-Ausstoß unserer Anlagen die Vermeidung der CO<sub>2</sub>-Erzeugung in dem preissetzenden

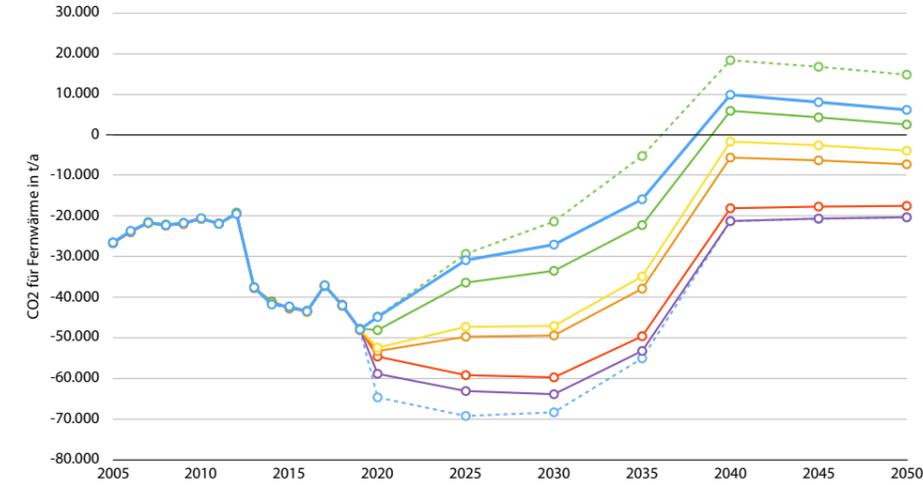
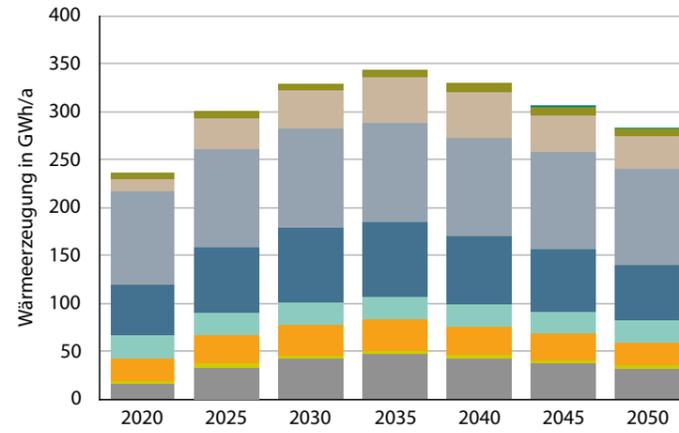


Abbildung 41: CO<sub>2</sub> Fernwärme Rosenheim

Kraftwerk abziehen, da der hier zusätzlich erzeugte Strom dort dann nicht mehr produziert wird. Dies alles muss jedoch für jede Stunde separat berechnet werden. Das Ergebnis ist für eine Anzahl von Ausbauvarianten in der Abbildung 41 dargestellt. Die negativen Werte bedeuten, dass wir im Mittel aller Stunden des Jahres mit unserer Strom- und Wärmeerzeugung weniger CO<sub>2</sub> ausstoßen, als das preissetzende Kraftwerk für die Stromerzeugung alleine. Der Grund liegt in dem hohen Anteil unserer CO<sub>2</sub>-freien Brennstoffe (Biomethan und Müll),

dem hohen Wirkungsgrad der Gasmotoren, dem hohen Anteil an Kohlestrom in Deutschland, den wir verdrängen, und dem Einsatz des besseren Brennstoffs Erdgas, der viel Wasserstoff enthält und weniger CO<sub>2</sub> freisetzt. In der Entwicklung zeigt die Grafik zwei wesentliche Aspekte: zum Ersten vermindert sich unsere CO<sub>2</sub>-Einsparung ab 2040 stark, wenn die Kohlekraftwerke voraussichtlich alle

abgeschaltet sind und zum Zweiten können wir durch unser Handeln viel Einfluss auf die Emissionen nehmen. Die obere Kurve kennzeichnet die Zustände, wenn wir wenig verändern und die untere zeigt die Zustände bei viel höherer CO<sub>2</sub>-Einsparung, also wenn wir unsere Anlagen sehr gezielt ausbauen. Jede Kurve entstand durch Berechnung eines Ausbaustands, der bei jeder darunterliegenden Kurve um wesentliche zusätzliche Komponenten ergänzt wurde. Entsprechend verändern sich damit auch die jährlichen CO<sub>2</sub>-Emissionen für Strom und Fernwärme in Rosenheim, die in der Abbildung 38 (nächste Seite) dargestellt sind. Hier fließen auch die CO<sub>2</sub>-Emissionen ein, die dem Strombezug aus dem deutschen Netz zugerechnet werden müssen.



mit 2\*iKWK + Holzgas + mehr Müll-Wärme

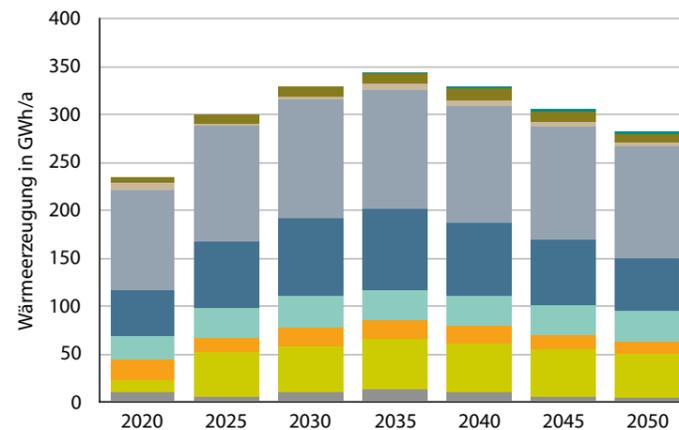


Abbildung 40 A - D: Wärmeerzeugung 4 Varianten im Vergleich

Die EU hat immer wieder sehr weitreichende Normen im Energiebereich erlassen und damit das europäische Energiesystem grundlegend verändert. In der Abbildung oben sind nur die großen Normenpakete dargestellt, beginnend mit dem ersten von 1996. Dieses hatte im Kern die Verpflichtung, die Energiemonopole in den Mitgliedsstaaten abzuschaffen und Märkte für Energie zu ermöglichen. Dies entspricht dem Grundgedanken der EU, den freien Austausch von Personen, Waren, Dienstleistungen und Geld innerhalb der EU zu ermöglichen.



Das Ergebnis inclusive vielfältiger Maßnahmen durch uns (rote Kurve, Abbildung 42) zeigt, dass wir die Strom- und Fernwärmeversorgung von Rosenheim weitgehend CO<sub>2</sub>-neutral gestalten können.

Unsere Ziel-Ausbauvariante besteht zusätzlich zum Bestand aus folgenden Komponenten:

- 3 Gasmotoren mit einer Leistung von jeweils 4,5 MW<sub>el</sub>
- Wärmepumpen mit einer Heizleistung von zusammen 6 MW<sub>th</sub> und dem Mühlbach als Wärmequelle
- Elektrokessel mit einer Wärmeleistung von zusammen 4,5 MW<sub>th</sub> zur Netzstabilisierung und bei negativen Strompreisen
- Erweiterung unserer Nutzung von Biomethan in den Gasmotoren
- Verbesserungen mit Leistungs- und Wirkungsgradsteigerungen des Müllheizkraftwerks
- Entwicklung und Bau großer Holzvergaser auf Basis von Altholz mit zunächst 1 MW<sub>el</sub>, 2 MW<sub>th</sub> und später 4 MW<sub>el</sub>, 8 MW<sub>th</sub>
- Leistungssteigerung des J920 Gasmotors auf 11,5 MW<sub>el</sub> einschließlich nochmals verbesserter Abgasreinigung
- Diversen weiteren Einzelmaßnahmen zur Wirkungsgradsteigerung
- Zunächst aber keinen Neubau eines großen Wärmespeichers

All diese Maßnahmen summieren sich in ihrer Wirkung zu CO<sub>2</sub>-Verminderungen in den Bereichen Strom- und Fernwärmeversorgung von Rosenheim auf 90% oder etwas mehr ab 2030.

Diese CO<sub>2</sub>-Emissionen für Strom und Fernwärme sind allerdings nicht die einzigen in der Stadt. Einzelheizungen und Verkehr kommen hinzu. Nachdem der Verkehr zwar wichtig ist, aber nicht zum Aufgabenspektrum der Stadtwerke gehört, sei er hier nur am Rande erwähnt. Die CO<sub>2</sub>-Minderung bei Einzelheizungen findet durch Heizungstausch und Wärmedämmung auch statt, aber langsamer und nicht im gleichen Ausmaß wie dies bei Strom und Fernwärme erreicht werden kann. Insbesondere Häuser mit einer historischen Fassade sind schwer zu dämmen, ohne dass das Stadtbild leidet. Deswegen bleibt ein wesentlicher Bestandteil des Energiekonzepts den Ausbau der Fernwärme weiter voran zu treiben. Das Ziel besteht in einem Anteil von ca. 55% des Wärmebedarfs der Stadt, was in den Jahren nach 2030 erzielt werden kann.

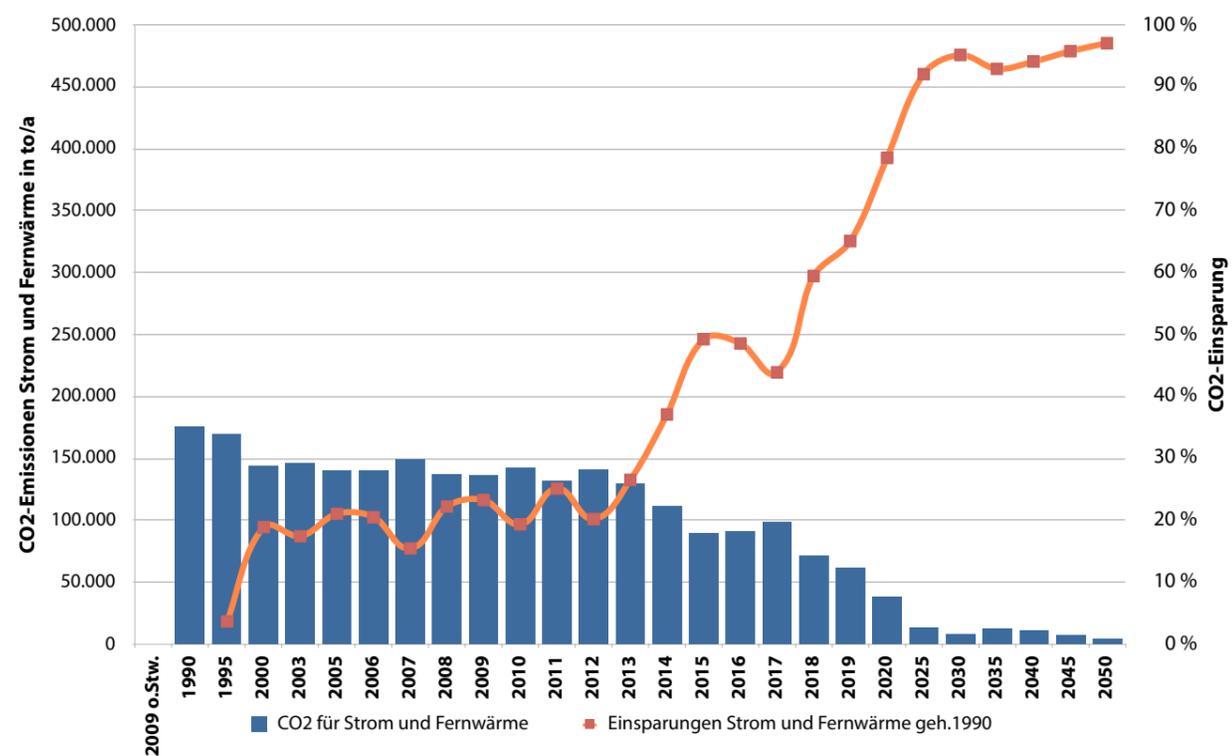


Abbildung 42: CO<sub>2</sub> Emissionen für Strom und Fernwärme in Rosenheim

Die Abbildung 43: zeigt die energiebedingten CO<sub>2</sub>-Emissionen für die Strom- und Wärmeversorgung der gesamten Stadt (ohne Verkehr).

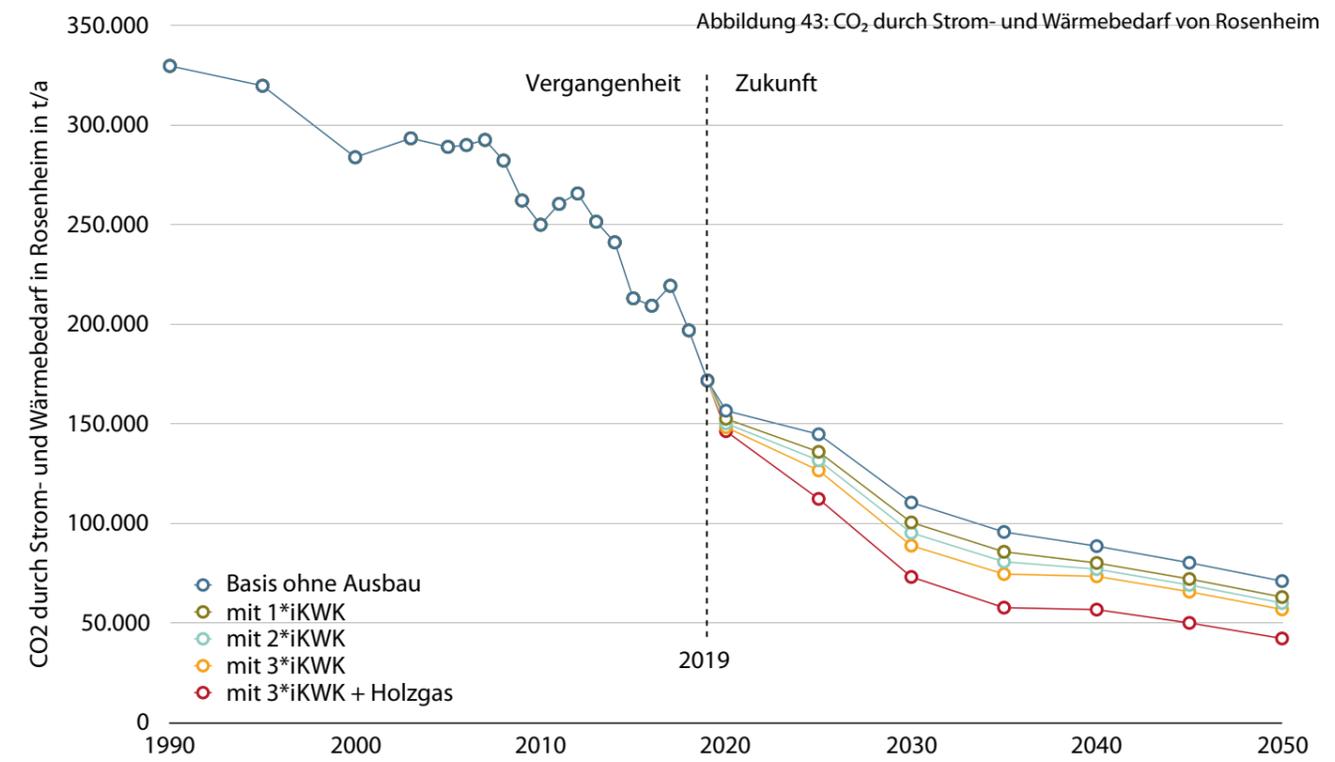


Abbildung 43: CO<sub>2</sub> durch Strom- und Wärmebedarf von Rosenheim

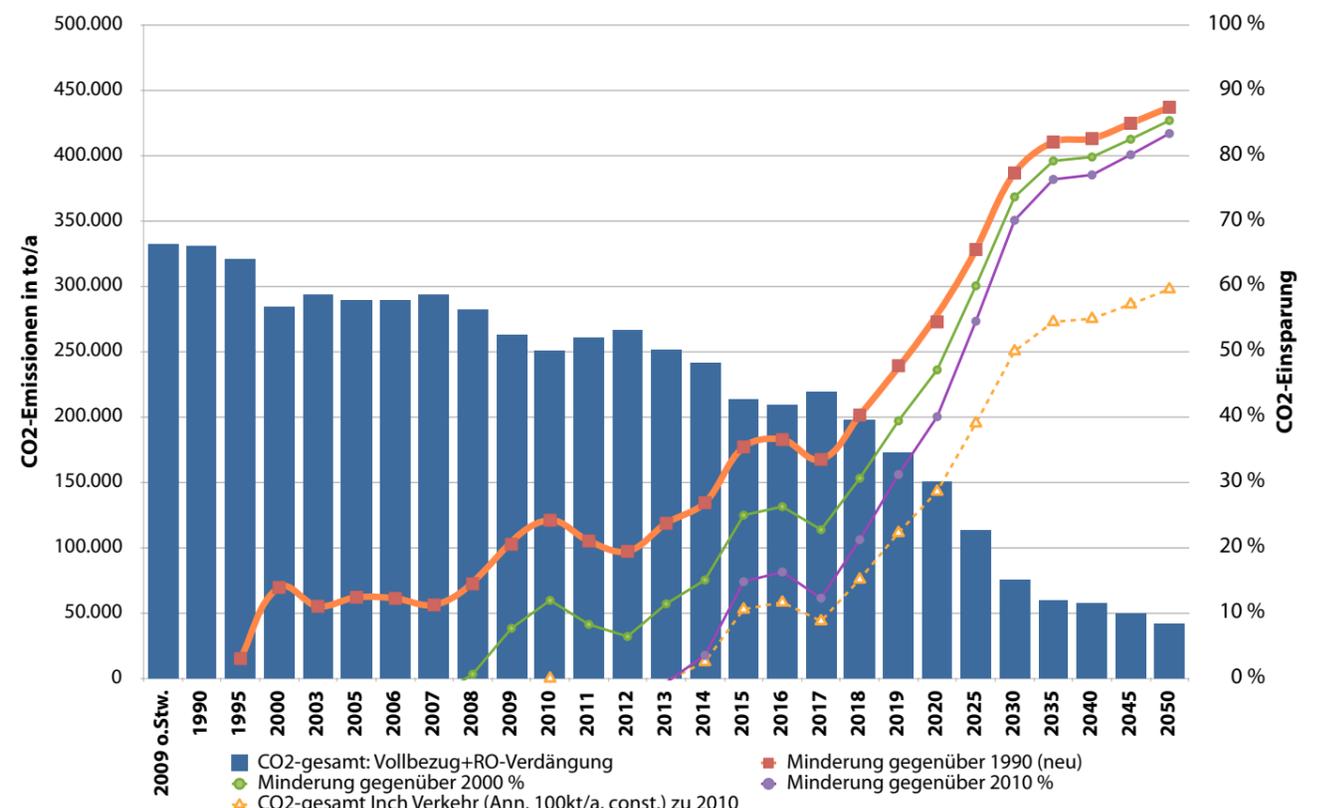


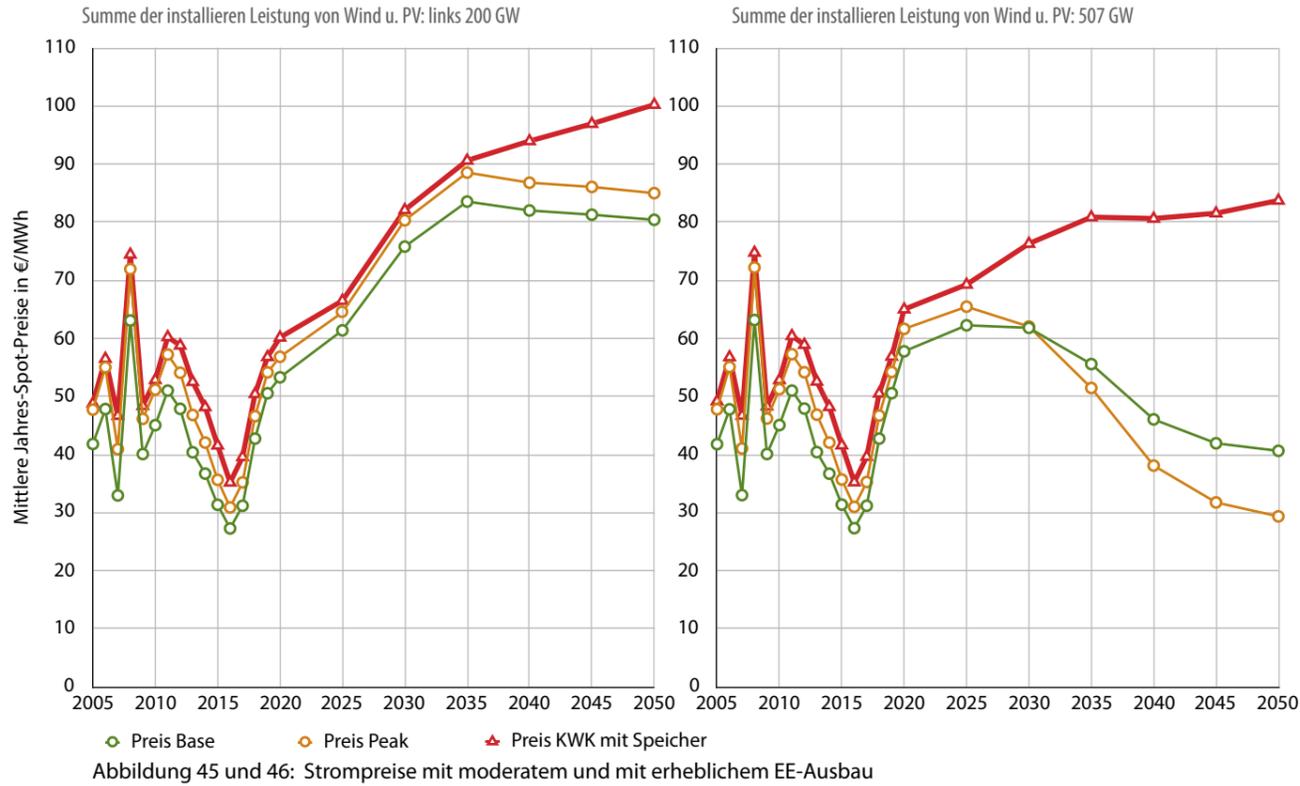
Abbildung 44: Energiebedingte CO<sub>2</sub> Emissionen von Rosenheim

Die Abbildung 44 zeigt den gleichen Sachverhalt, ausgedrückt im Anteil der CO<sub>2</sub>-Minderung verglichen mit dem Jahr 1990 (Kyoto-Referenz-Jahr; rote Kurve), sowie bezogen auf andere Referenzjahre (grün: 2000; lila: 2010). Die orangefarbene, gestrichelte Kurve zeigt die rechnerisch durch uns erzielten CO<sub>2</sub>-Minderungen für Rosenheim insgesamt einschließlich Verkehr unter der fiktiven Annahme, dass die verkehrsbedingten CO<sub>2</sub>-Emissionen mit 100.000 t CO<sub>2</sub> pro Jahr konstant bleiben.

## Szenarienvergleich Netzentwicklungsplan mit viel stärkerem EE-Ausbau

Die bisher vorgestellten Berechnungen basieren alle auf den Entwicklungen, wie sie im Netzentwicklungsplan (NEP) der Bundesnetzagentur (Stand 2019) ermittelt und veröffentlicht wurden. Dabei wird ein Ausbau der installierten Wind- und Solarstromleistungen von ca. 200 GW bis 2050 angenommen. Dies ist bereits ein Mehrfaches des maximalen bisherigen Strombedarfs von Deutschland von ca. 80 GW. Es gibt aber auch Studien, die von weit stärkerem Ausbau von Wind- und Solarstromanlagen in Deutschland ausgehen.

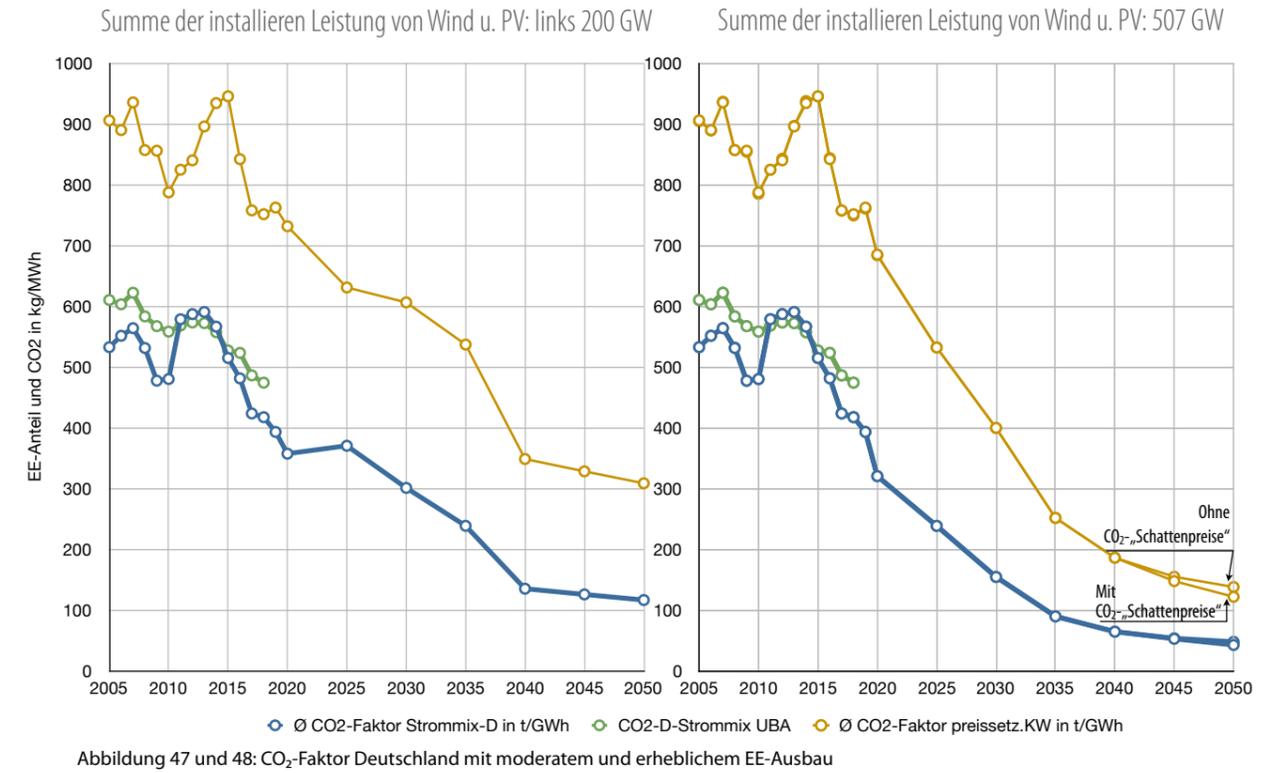
Für unsere Überlegungen und Investitionsentscheidungen ist es aber wichtig, dass wir zukünftig auch bei solchen, - aus heutiger Sicht - extremen Szenarien technisch, ökologisch und finanziell gut handeln können. Daher haben wir im folgenden Ergebnisse der Berechnungen auf Basis des NEP mit einem Szenario verglichen, das die Kollegen vom FfE unter dem Titel „Fuel-Szenario“ untersucht haben und das wir als Grundlage unserer Vergleichsrechnungen verwenden konnten.



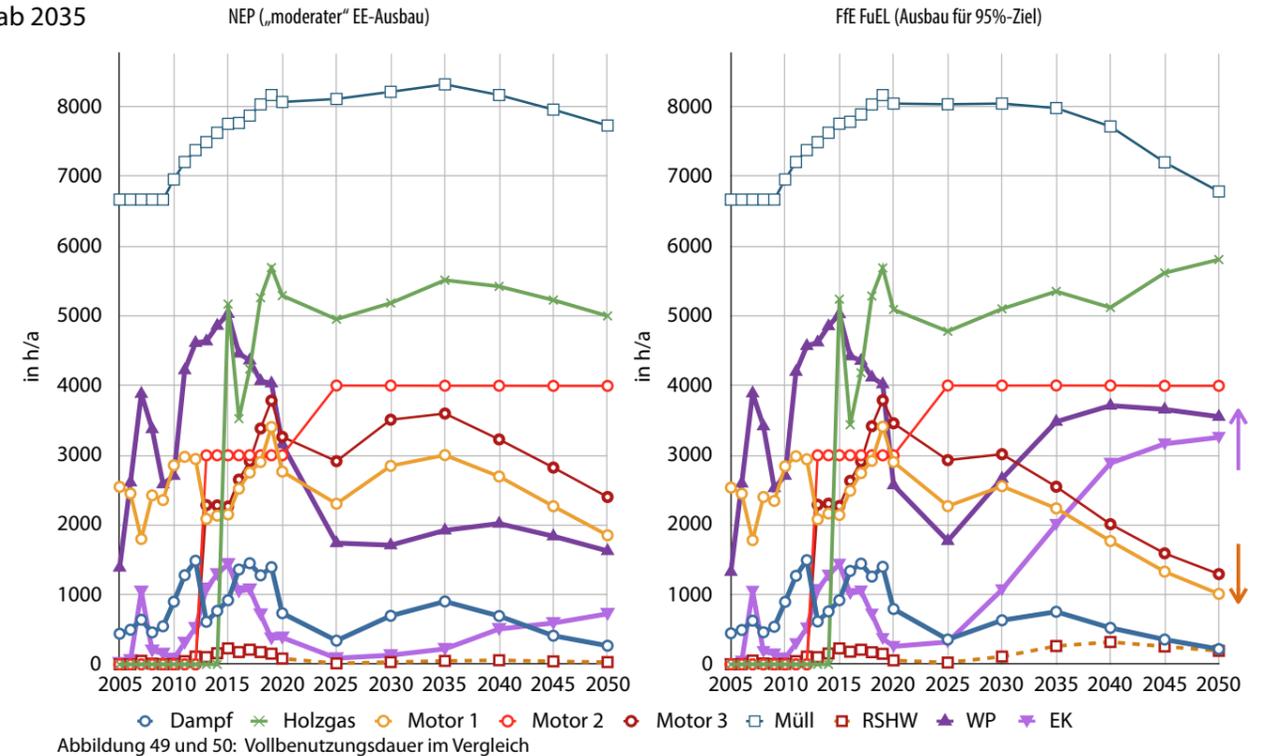
Die Abbildung 45-46 zeigen einen Blick auf die Strompreise beider Szenarien (links NEP, rechts Fuel). Ergänzend zu den Preisen der Standard-Handelsprodukte sind hier Handelswerte verschiedener Stromerzeuger dargestellt. Besonders auffällig sind die Unterschiede beim Handelswert der PV-Stromerzeugung (untere rote Kurve). Der Begriff PV-Handelswert beschreibt dabei den mengengewichteten Mittelwert des Strompreises, wie ihn eine typische Solarstromanlage erzählen würde. Da Wind- und Solaranlagen witterungsbedingt jeweils alle zur gleichen Zeit produzieren, beeinflussen sie die Strompreise zu ihrem Nachteil. Wenn sie viel Strom erzeugen, wächst das Angebot (bei gleicher Nachfrage) und der Preis sinkt. Dies könnte auch durch staatliche Förderungen nicht nachhaltig ausgeglichen werden, da die Fördersummen weit über alle bisherigen Grenzen steigen würden.

Auch die Preise der Handelsprodukte lägen deutlich unter dem NEP Szenario. Bei den Handelswerten der KWK-Anlagen wären die Unterschiede nur im Bereich von ca. 10%. Das bedeutet für uns, dass unsere Ertragskraft nach 2030 etwas, aber nicht viel geringer ausfiele. Unser Anlagenpark wäre so flexibel, dass er diese starken Veränderungen des Energiesystems relativ unbeeindruckt ausgleichen könnte.

Die folgende Abbildung 47-48 zeigen die Entwicklung der CO<sub>2</sub>-Faktoren für den Strom in Deutschland im Vergleich. Speziell die Werte für den deutschen Strommix unterscheiden sich trotz des massiven zusätzlichen EE-Ausbaus absolut nicht sehr stark. Die notwendigen Anstrengungen für CO<sub>2</sub>-Vermeidungen für Deutschland über rund 85% hinaus wachsen sehr stark an. Das ist ein Erkenntnis, die alle uns bekannten Energiesystemmodelle in sehr ähnlicher Form zeigen.



Betrachten wir den Anlageneinsatz bei gleichem Anlagenbestand bei uns, ergeben sich wesentliche Unterschiede bei den Komponenten Elektrokessel und Wärmepumpen, die deutlich mehr zu Einsatz kämen und Gasmotoren, deren Einsatz zurück ginge. Dies ist in Abbildung 49-50 mit den Vollbenutzungstunden pro Jahr dargestellt. Mit Ausnahme der Elektrokessel bleiben die Änderungen aber unter 50%. In dem Fuel-Szenario wäre ein weiterer Ausbau der Wärmepumpen ab 2035 wirtschaftlich, um noch besser von den Zeiten mit niedrigem Strompreis profitieren zu können. Insgesamt zeigt sich aber, dass bei dem Fuel Szenario statt großer Stromspeicher zusätzliche industrielle Stromverbraucher auftreten, die nur in Zeiten niedriger Strompreise in Erscheinung treten und hierdurch finanziell von niedrigen Preisen durch hohes Angebot profitieren.



Hinsichtlich der CO<sub>2</sub>-Einsparung in Rosenheim unterscheiden sich beide Szenarien erstaunlich wenig.

Fernwärme | CO<sub>2</sub>-freie oder -arme Energie | Kraft-Wärme-Kopplung  
 Holzvergasung | Wärmepumpen | CO<sub>2</sub> Preise | Elektrokessel  
 Ausbau | iKWK | Biogasanlagen | Gasnetz | E-Mobilität | PV



## lokale Wertschöpfung für Rosenheim

### Regionale Wertschöpfung aus Fernwärme und KWK für Rosenheim

Dipl.-Ing., Dipl.-Wirt.-Ing. Harald Rapp, AGFW Frankfurt am Main

Eine Region oder eine Stadt profitiert von der Nutzung ihrer eigenen Ressourcen und lokal erbrachten Leistungen - dass ist der Grundgedanke der regionalen Wertschöpfung. Eine wichtige Ressource ist die Energieversorgung und -infrastruktur einer Stadt. Unter regionaler Wertschöpfung versteht man nicht nur monetäre, sondern alle zusätzlichen Werte, welche in einer Region in einem bestimmten Zeitraum entstehen und Mehrwert erwirtschaften. Die regionale Wertschöpfung, die durch ansässige Unternehmen und deren Mitarbeiter erbracht wird sowie die kommunale Wertschöpfung der Stadt in diesem Zeitraum, drückt sich vor allem über Unternehmensgewinne, das Nettoeinkommen der Mitarbeiter sowie Einnahmen der Stadt in Form von Steuereinnahmen, Abgaben und Gebühren aus (s. Abbildung 51). Die „Regionale Wertschöpfung“ stellt daher nicht den Vorteil des Einzelnen oder Einzelner in den Mittelpunkt, sondern betrachtet den gesamtwirtschaftlichen Nutzen für das Gemeinwesen einer Region, einer Stadt oder eines Quartiers. Zusätzlich werden durch die betrachteten Maßnahmen Arbeitsplatzsichernde und -schaffende Effekte vor Ort generiert.

Die Wertschöpfungs- und Arbeitplatzeffekte können daher ein wesentliches kommunales Entscheidungskriterium für die Gestaltung der zukünftigen Energieversorgung im Rahmen der lokalen Energiewende einer Kommune sein. Im Jahr 2017 wurden diese Effekte im Rahmen eines bundesweiten Modellprojektes auch für Rosenheim errechnet.

Die durchgeführte Studie „Regionale Wertschöpfung aus Fernwärme für Rosenheim“\* zeigte für den Betrachtungszeitraum bis 2025 und einer angenommenen Investitionssumme von ca. 59 Millionen Euro in den Fernwärmeausbau auf, dass mit dem Ausbau des Fernwärmenetzes eine regionale Wertschöpfung in Höhe von circa 74 Millionen Euro zu erwarten sei. Bis zum Jahr 2045 steigt nach der Hochrechnung die regionale Wertschöpfung im Fernwärmebereich auf 113 Millionen Euro. Über den gesamten Zeitraum (bis 2045) bewirkt 1 Euro Investition in den Fernwärmeausbau im Mittel einen regionalen Umsatz von rund 16 Euro. Davon verbleibt circa 1,9 Euro als regionale Wertschöpfung in Rosenheim. Arbeitplatzeffekte machen sich in der Fernwärmeausbauphase vor allem in den Branchen Tiefbau und dem bauausführenden Handwerk bemerkbar. Nach dem Fernwärmeausbau verbleiben die Arbeitplatzeffekte mit circa 40 % (Preissteigerungsbereinigt bei 17 %) über dem Ausgangswert 2010. (s. Abbildung 52).

Auch im Vergleich mit einer Erdgasversorgung (mit Brennwerteffekt) liegt die Fernwärme vorne. Die spezifische regionale Wertschöpfung der Fernwärme liegt bis 2025 bei 39 Euro pro Megawattstunde, sinkt danach auf 21 Euro pro Megawattstunde ab. Die spezifische regionale Wertschöpfung bei der Erdgasversorgung steigt bis 2025 auf 8 Euro pro Megawattstunde an und liegt bis 2045 bei 11 Euro pro Megawattstunde (s. Abbildung 53).

\*Die Studie wurde im Rahmen des Phase 2 Wertschöpfungsprojektes mit 9 weiteren Modellprojekten im Auftrag des AGFW | Der Energieeffizienzverband für Wärme, Kälte und KWK e.V. von Fraunhofer IMW, Abteilung „Nachhaltigkeitsmanagement und Infrastrukturökonomie“, Universität Leipzig und Jung Stadtplaner und Ingenieure Partnergesellschaft, Köln erarbeitet.



Abbildung 51: Das Modell der direkten und indirekten Wertschöpfung

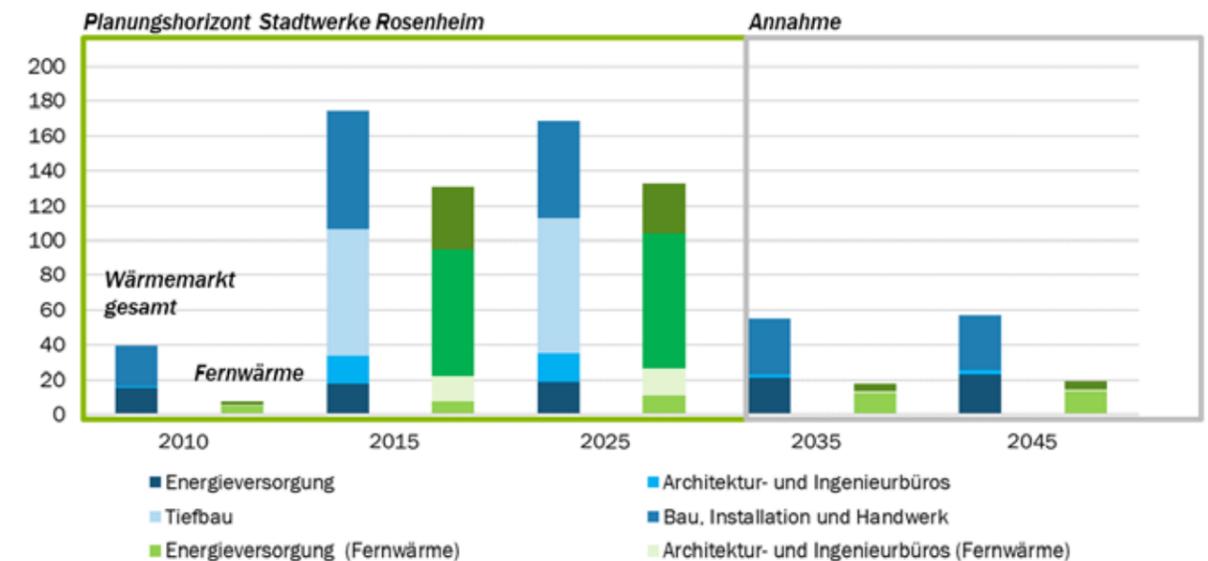


Abbildung 52: Arbeitplatzeffekte für das Ausbauszenario als Vollzeitäquivalent



Abbildung 53: Wertschöpfungssystemvergleich Fernwärme und Erdgas

# [ Kraft-Wärme-Kopplung ]



## ... bleibt sehr attraktiv

Strom und Wärme werden im Rosenheimer Müllheizkraftwerk in Kraft-Wärme-Kopplung erzeugt. Hierbei sind hohe Gesamtwirkungsgrade möglich, d. h., fast die gesamte im Brennstoff gespeicherte Energie kann genutzt werden. Das Verhältnis von erzeugtem Strom zu erzeugter Wärme variiert hierbei je Verfahren: Während die kleineren Dampfturbinen die im Dampf enthaltene Energie zu ca. 20 % in Strom und zu 80 % in Wärme umwandeln, wird in den großen Gasmotoren aus Erdgas bzw. Biomethan je zur Hälfte Strom und Wärme erzeugt. Bei der Holzvergasung liegt das Verhältnis von Strom zu Wärme ungefähr zwischen denen von Dampfturbine und Gasmotor.

Da die Dampfturbinen der Müllverbrennung ganzjährig eine Grundlast an Wärme liefern, kommt beim Betrieb der Gasmotoren den Wärmespeichern besondere Bedeutung zu: Wird in Zeiten hoher Strompreise keine zusätzliche Wärme benötigt, können die Gasmotoren dennoch betrieben werden - die Wärmespeicher werden mit der überschüssigen Wärme beladen. Ist bei niedrigen Strompreisen der Wärmebedarf hoch, können die Wärmespeicher entladen werden. Auf diese Weise kann die Kraft-Wärme-Kopplung flexibel an den Rosenheimer Wärmebedarf bzw. den Strommarkt angepasst werden und leistet so einen Beitrag zur Versorgungssicherheit der Stadt.



Hohe Energieeffizienz lohnt sich - auch wirtschaftlich: Der an der Börse erzielbare Strompreis unterliegt Schwankungen. Diese Volatilität kann dabei groß ausfallen, und zwar nicht nur innerhalb eines Jahres oder Monats, z. B. zwischen einem mittleren Sommer- und einem mittleren Winterpreis. Bedingt durch die nur schwer vorhersehbare Einspeisung der erneuerbaren Energien und andere Markteinflüssen kann der Strompreis je Stunde innerhalb eines Tages um das Doppelte oder auch Vierfache schwanken. So beträgt beispielsweise der Strompreis in den Nachtstunden 25 €/MWh, während er in den Stunden mit hoher Nachfrage auf bis zu 50 €/MWh ansteigen kann.

Prognosen für die kommenden Jahre zeigen, dass die stündlichen Spot-Preise deutlich ansteigen werden. Demnach werden in 10 Jahren während des überwiegenden Anteils des Jahres Strompreise zwischen 60 €/MWh und 90 €/MWh erwartet. Die Prognose für das Jahr 2050 zeigt sogar, dass über dieselbe Dauer Preise zwischen 70 €/MWh und 100 €/MWh angenommen werden können. Demgegenüber stehen steigende Preise für Brennstoff und CO<sub>2</sub>, die die Grenzkosten der Kraft-Wärme-Kopplung steigen lassen. Und genau an dieser Stelle machen sich die hohen Wirkungsgrade der Rosenheimer Anlagen bezahlt.

Doch wie passen Kraft-Wärme-Kopplung und der Ausbau der erneuerbaren Energien in Rosenheim zusammen?

Ein Vorausblick in die Zeit zwischen 2030 und 2050 lässt erkennen, dass die Anzahl mit geringen oder gar negativen Strompreisen der Stunden ansteigen wird. An dieser Stelle wird der Einfluss von Photovoltaik und Windenergie auf die Strompreise deutlich: Die Grenzkosten von Wind und Sonne zur Stromerzeugung liegen unter denen der Kraft-Wärme-Kopplung. Kann der gesamte Strombedarf durch erneuerbare Energien gedeckt werden, verdrängen diese die Kraft-Wärme-Kopplung vollständig. Erst wenn Wind und Sonne den Strombedarf alleine nicht mehr decken können, wird zusätzlicher Strom aus Biomethan bzw. aus Erdgas in Kraft-Wärme-Kopplung erzeugt. Die Fähigkeit der Gasmotoren, auch CO<sub>2</sub>-freie Gase (z. B. Biomethan oder Wasserstoff) zu verarbeiten, macht sie zusätzlich attraktiv und zukunftstauglich.

## KWK - unschlagbar

Mit den Kraft-Wärme-Kopplungsanlagen reagieren die Stadtwerke Rosenheim flexibel auf den Rosenheimer Wärmebedarf bzw. den Strommarkt. Somit wird eine hohe Versorgungssicherheit gewährleistet.

# [ Holzvergasung ]



## ... spart viel CO<sub>2</sub>

Durch die kostengünstige Speicherbarkeit von Biomasse kommt der Bioenergie eine besondere Rolle unter den erneuerbaren Energien zu. Biomassevergasungsanlagen können zudem flexibel betrieben werden und sind daher im Energienetz der Zukunft eine sinnvolle Ergänzung zu Photovoltaik und Windkraft. Mit dem Rosenheimer Verfahren zur Holzvergasung wird aus Biomasse deutlich mehr Strom gewonnen, als mit herkömmlichen Verbrennungsanlagen.

Während die Biomasse bei der Verbrennung mit Wirkungsgraden von 15 % bzw. 58 % in Strom und Wärme umgewandelt wird, sind bei der Holzvergasung Wirkungsgrade in Höhe von bis zu 30 % elektrisch und ca. 50 % thermisch möglich. Holz hat auch den Vorteil, regional verfügbar zu sein und nicht im Wettbewerb mit Lebens- oder Futtermitteln stehen.

Die Stadtwerke Rosenheim entwickelten in den letzten Jahren zwei Biomassevergasungsanlagen mit einer Leistung von 50 kW<sub>el</sub> /110 kW<sub>th</sub> bzw. 200 kW<sub>el</sub> /450 kW<sub>th</sub> und verbesserten diese kontinuierlich. So gelang es beispielsweise, durch eine Verbesserung der Anlagensteuerung, die Qualität des anspruchsvollen Vergasungsprozesses zu verbessern und die Betriebszeiten zu erhöhen. Das Land Bayern und der Bund erkannten den Mehrwert dieser Forschungsarbeiten, so dass die Anlagenentwicklung in mehreren Förderprojekten Unterstützung fand. Im Jahr 2015 wurde zudem eine Partnerschaft mit den Stadtwerken Brixen geschlossen. Seitdem wird die erste Rosenheimer Anlage unter Realbedingungen betrieben. Sie versorgt in Südtirol ein Nahwärmenetz mit Energie. Die beiden Rosenheimer Forschungsanlagen sind in das Fernwärmenetz der Stadt Rosenheim eingebunden und speisen den erzeugten Strom als erneuerbare Energie in das öffentliche Netz ein. Neben ihrem Einsatz zur Weiterentwicklung des Rosenheimer Verfahrens zur Biomassevergasung leisten diese Anlagen somit bereits heute einen Beitrag zur klimafreundlichen Energieversorgung der Stadt.

Die Rosenheimer Arbeiten zur Biomassevergasung haben mittlerweile viel Resonanz in Wirtschaft, Wissenschaft und der Öffentlichkeit gefunden. Zu den Interessenten gehörten auch der thailändische Energieminister und japanische Delegationen, genauso wie Rosenheimer oder Forschungspartner aus dem gesamten Bundesgebiet.

Wie alle erneuerbaren Energien ist auch die Biomassevergasung aktuell auf Förderung angewiesen. Die Stadtwerke Rosenheim arbeiten derzeit daran, die Biomassevergasung wirtschaftlich unabhängig zu machen. Um dieses Ziel zu erreichen, werden Möglichkeiten zur Steigerung der Anlagenleistung und des Wirkungsgrads erarbeitet und Partnerschaften im Anlagenbau ausgebaut. Die weiteren Entwicklungen zielen daher darauf ab, Restbiomassen und Althölzer zur nutzen, die nicht stofflich verwertet werden können.

Neben der technischen Weiterentwicklung kommen der Biomassevergasung die grundlegenden Veränderungen des Energiemarkts wirtschaftlich entgegen. Mit dem Ausstieg aus der Kohleverstromung und der Kernenergie sowie höheren CO<sub>2</sub>-Preisen ist ein Anstieg der Strompreise zu erwarten. Dies wird die Abhängigkeit der Bioenergie von Fördermechanismen, wie dem Erneuerbare-Energien-Gesetz (EEG) allgemein reduzieren.

## Forschung anerkannt

Die Biomassevergasungsanlagen der Stadtwerke Rosenheim sind nicht nur in Förderprojekten anerkannt, sondern seit 2015 im Realeinsatz und erfahren mittlerweile viel Resonanz aus Wirtschaft und Wissenschaft.





# Wärmepumpen Elektrokessel

## Das Prinzip einer Wärmepumpe in der Fernwärmeerzeugung

Das Prinzip einer Wärmepumpe kann man sich wie einen umgekehrten Prozess beim Kühlschrank vorstellen. Während des Kühlens im Kühlschrank entsteht mit Unterstützung eines strombetriebenen Kompressors Wärme. Zu Hause wird diese Abwärme an der Rückwand des Kühlschranks in den Raum abgegeben. Bei einer Wärmepumpe wird dieses Prinzip umgekehrt und die Abwärme ist das gewünschte nutzbare Produkt. Während der Kühlschrank den Lebensmitteln Wärme entzieht, wird im Wärmepumpenprozess Umweltwärme (z. B. aus dem Erdreich oder Grundwasser) in Wärme zum Duschen und Heizen umgewandelt.

Aktuell sind über 1 Million Wärmepumpen in deutschen Eigenheimen verbaut. Diese Technik soll laut ISE Frauenhofer im Jahr 2030 das Heizungssystem Nummer 1 in Deutschland sein und 2050 ca. 80 % der Heizsysteme ausmachen. Inzwischen gibt es auch Anbieter, die diese Technik für den Hochtemperatur- und größere Leistungsbereiche anbieten. Daher werden Wärmepumpen nun auch für die Energiewirtschaft interessant. Vor allem durch die hohe Volatilität des Strompreises besitzen Wärmepumpen den Vorteil, in den niederpreisigen Stunden erneuerbare Wärme zu produzieren, wenn weitere Wärmequellen oder -speicher vorhanden sind.

## Anwendung der Wärmepumpentechnologie in konkreten Projekten

Die Stadtwerke Rosenheim werden daher mehrere Wärmepumpen in die Fernwärmeerzeugung des Müllheizkraftwerkes (MHKW) in Rosenheim integrieren und nutzen dabei die Temperatur des benachbarten Müllbaches.

In weiteren Projekten soll geprüft werden, wie Abwärme aus dem Kraftwerk oder an anderen Stellen im Stadtversorgungssystem (Abwasser, Klärwerk, Prozessabwärme etc.) ebenfalls mit Hilfe der Wärmepumpentechnologie für die Fernwärme nutzbar gemacht werden kann.

# Wärmepumpen und Elektrokessel sind systemdienlich

Die Technik der Wärmepumpe und des Elektrokessels nehmen dabei Schlüsselposition zur Sektorenkopplung Strom und Wärme ein.

**Wärmepumpen und Elektrokessel sind systemdienlich.** Ein Elektrokessel, auch Power-to-Heat-Anlage genannt, funktioniert im Grunde wie ein Tauchsieder, indem mit Hilfe von Strom Wasser erhitzt wird. Dieses Prinzip ist im großen Stil und flexibel in Speichern, Kesseln oder anderen Behältern nahezu verlustfrei anwendbar.

Die Technik der Wärmepumpe und des Elektrokessels nehmen dabei eine Schlüsselposition zur Sektorenkopplung Strom und Wärme ein. Beide besitzen die Gemeinsamkeit, zusätzlich Strom aus dem Stromnetz abnehmen zu können, um die zeitlich fluktuierenden Strommengen (z. B. aus Photovoltaik und Windkraft) nicht zu bremsen, sondern nutzbar zu machen, indem die nun klimafreundlich erzeugte Wärme in das Fernwärmenetz eingespeist wird. Das ist ein weiterer großer Schritt Richtung Dekarbonisierung und systemdienlicher, regionaler Energieerzeugung.

## Kältemiteleinsetz bei Wärmepumpen

Welche Mittel im internen Kreislauf in Wärmepumpen zum Einsatz kommen, ist vielfältig. Je nach Anwendungsfall gibt es Stoffe, die die notwendigen thermodynamischen Eigenschaften aufweisen müssen. Insbesondere sollten Kältemittel in Wärmepumpen dabei eine hohe volumetrische Kälteleistung besitzen, für den Temperaturbereich der Wärmepumpenanwendung geeignet sein, niedrige Druckverluste aufweisen und sowohl chemisch als auch thermisch stabil sein. Darüber hinaus wird aus Sicherheits- und Umweltschutzgründen vom Kältemiteleinsetz in Wärmepumpen verlangt, dass diese kein Ozonabbau- bzw. Treibhauspotenzial besitzen.

Über viele Jahrzehnte fanden FCKW (Fluorchlorkohlenwasserstoff)-Kältemittel Anwendung, welche schädlich für die Ozonschicht sind. Heute füllen die Hersteller Wärmepumpen mit weniger gefährlichen Mitteln. Zwei Arten lassen sich unterscheiden. Stoffe, wie FKW-Kältemittel (Fluorkohlenwasserstoffe) bzw. F-Gase (synthetisch erzeugte fluoriierte Kohlenwasserstoffe), haben eine hohe chemische und thermische Stabilität und keinen negativen Einfluss auf die Ozonschicht. Die zweite Art der Mittel sind natürliche Stoffe, wie z. B. Propan, Kohlendioxid, Ammoniak und Argon. Diese sind ökologisch den erstgenannten Kältemitteln überlegen.

Der Anteil an Wärmepumpen mit natürlichen Kältemitteln liegt laut Bundesamt bei einem Marktanteil kleiner 10 %. Das erklärt sich durch den höheren technischen Aufwand beim Anlagenbau und den damit verbundenen Mehrkosten. Propan ist z. B. brennbar, entsprechend bedarf es Sicherheitseinrichtungen. Ammoniak muss auf seine Konzentration im Maschinenraum überwacht werden, eignet sich aber aufgrund seiner thermodynamischen Eigenschaften relativ gut.

## Was ist der COP-Wert bei Wärmepumpen?

Der COP-Wert ist die Leistungszahl der Wärmepumpe (COP = Coefficient of Performance). Die Leistungszahl (COP) von Wärmepumpen ist das Verhältnis der abgegebenen Nutzwärme bezogen auf die eingesetzte elektrische Leistung.



## Prinzip einer Wärmepumpe Schematische Darstellung

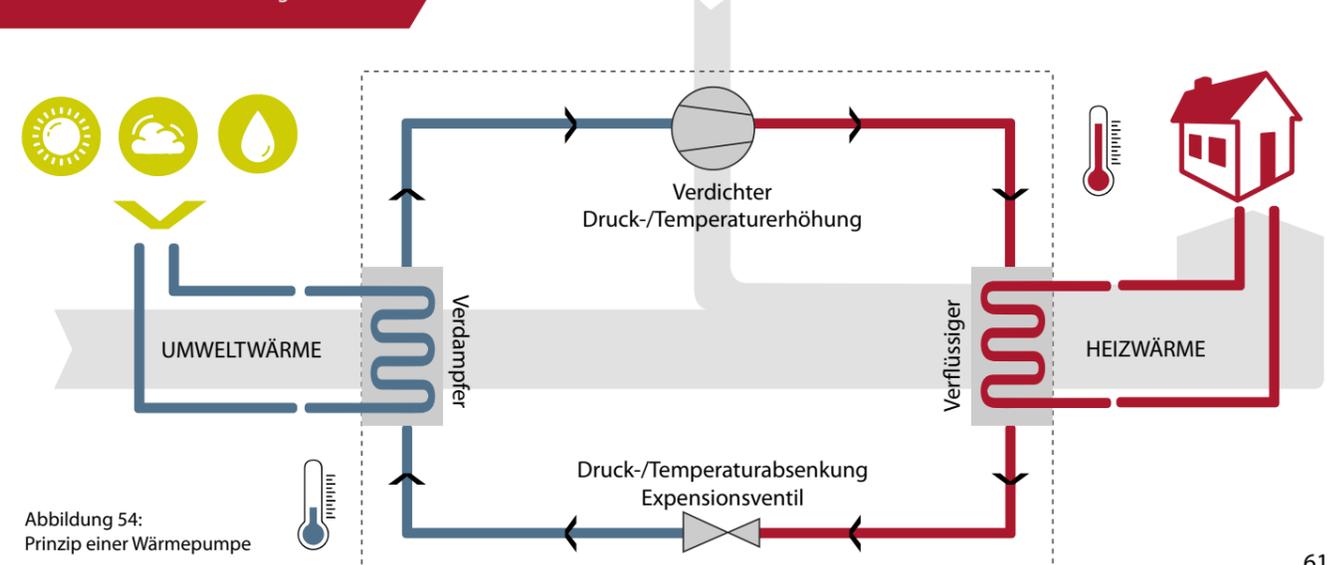


Abbildung 54:  
Prinzip einer Wärmepumpe



# Steuerung und Vermarktung dezentraler Erzeugungsanlagen im Rosenheimer Landwerk

Das Rosenheimer Landwerk beschäftigt sich mit der digitalen Vernetzung von dezentralen Erzeugungsanlagen und deren optimalen Vermarktung auf verschiedenen Märkten. Die Optimierung konzentriert sich hierbei auf eine erlössteigernde und netzdienliche Steuerung der Anlagen. Hierbei handelt es sich um Kraft-Wärme Kopplungs-Anlagen und erneuerbare Energieerzeuger,

wie beispielsweise Photovoltaik-, Biogas- und Windkraftanlagen. Die erzeugten Strommengen der Anlagen werden über den EPEX-Spotmarkt direktvermarktet und freie Kapazitäten dem Übertragungsnetzbetreiber zur netzdienlichen Schaltung von Regelleistung angeboten.

Um eine optimierte Stromerzeugung aus dezentralen Anlagen zu gewährleisten sind mehrere Aufgaben nötig:

- Steuerungstechnische Einbindung von dezentralen Erzeugungsanlagen
- Informationstechnische Systeme zur Überwachung und Ansteuerung des Anlagenparks
- Optimierung des Anlagenparks zur flexiblen Fahrweise
- Vermarktung der Strommengen auf verschiedenen Märkten
- Abrechnungen der bereitgestellten Strommengen
- Marktkommunikation mit den Netzbetreibern zur Einbindung von Anlagen zur Direktvermarktung
- Bilanzkreisführung

Durch Angebot und Nachfrage am Strommarkt ergibt sich eine unertägige Schwankung des Strombörsepreises. Mit der Prognose dieser Preisschwankung sowie weiterer Prognosedaten (z. B. Wetter und Verfügbarkeit der Anlagen) lassen sich Fahrpläne für flexibel einsetzbare dezentrale Erzeuger generieren. Das Rosenheimer Landwerk steuert die Anlagen mit diesen Fahrplänen an und stellt dem Markt eine optimierte Strommenge zur Verfügung.

## Entwicklung Anlagenpool

Insgesamt werden nun 237 Anlagen mit knapp 130 MW über das Rosenheimer Landwerk direktvermarktet. Das Portfolio schließt neben dezentralen Erzeugungsanlagen aus unserer Region auch Anlagen von kooperierenden Stadtwerken in die Stromvermarktung mit ein.

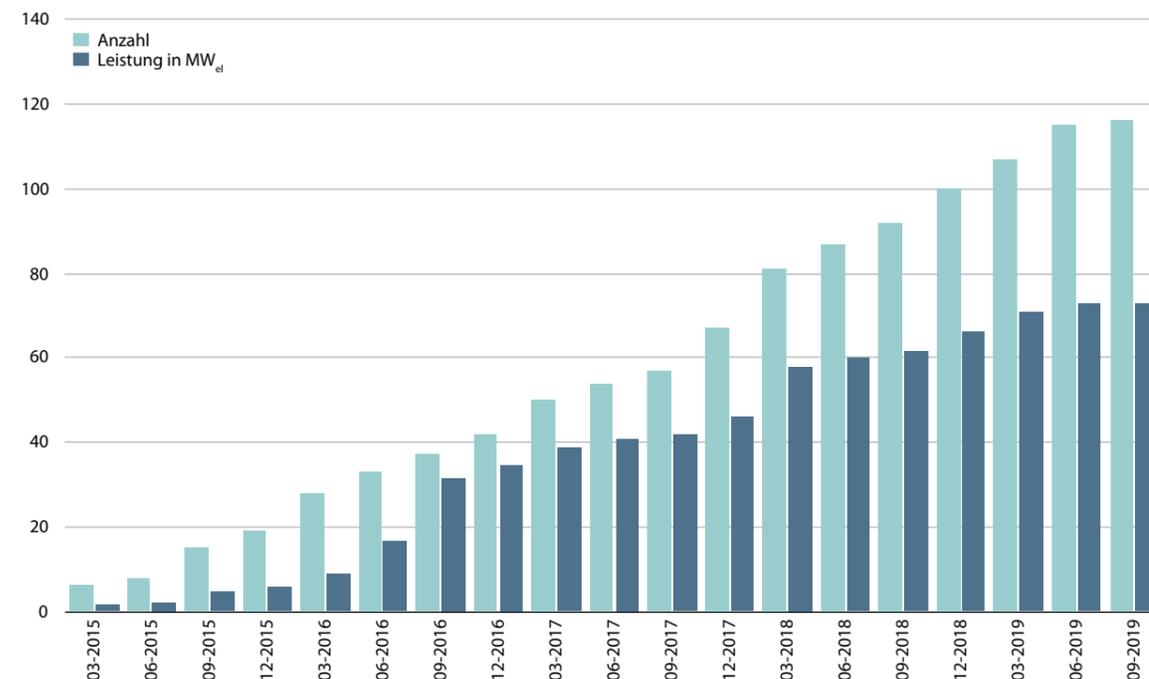


Abbildung 55: Entwicklung der Anlagenanzahl aufkumuliert

In Abbildung 55 lässt sich ein kontinuierliches Wachstum seit 2015 feststellen. Der Anstieg der Anlagenanzahl zwischen 2016 und 2018 ist ein Anzeichen für die Etablierung des Rosenheimer Landwerks im regionalen Gebiet sowie überregional. Der Anlagenzuwachs im Jahr 2019 liegt auf dem Niveau des Vorjahres. Parallel zum Anlagenzuwachs steigt auch die Leistung von Jahr zu Jahr.

Das Rosenheimer Landwerk sieht noch weitere potenzielle Themenbereiche und Erlösmöglichkeiten.

Die Vermarktung von PV-Anlagen auch im EX-Post EEG wird eine große Bedeutung einnehmen. Der Redispatch 2.0 verpflichtet die Anschlussnetzbetreiber, Prognosen an den vorgelagerten Netzbetreiber bereitzustellen. Bei diesen Prognosen können wir unterstützen. Des Weiteren wird in den nächsten Jahren die Optimierung und Vermarktung von KWK-Anlagen ein wichtiger Themenbereich. Damit deren flexibler Betrieb wirtschaftlich dem Markt bereitgestellt werden kann, wird der Aufbau von komplexen Prognosemodellen nötig.

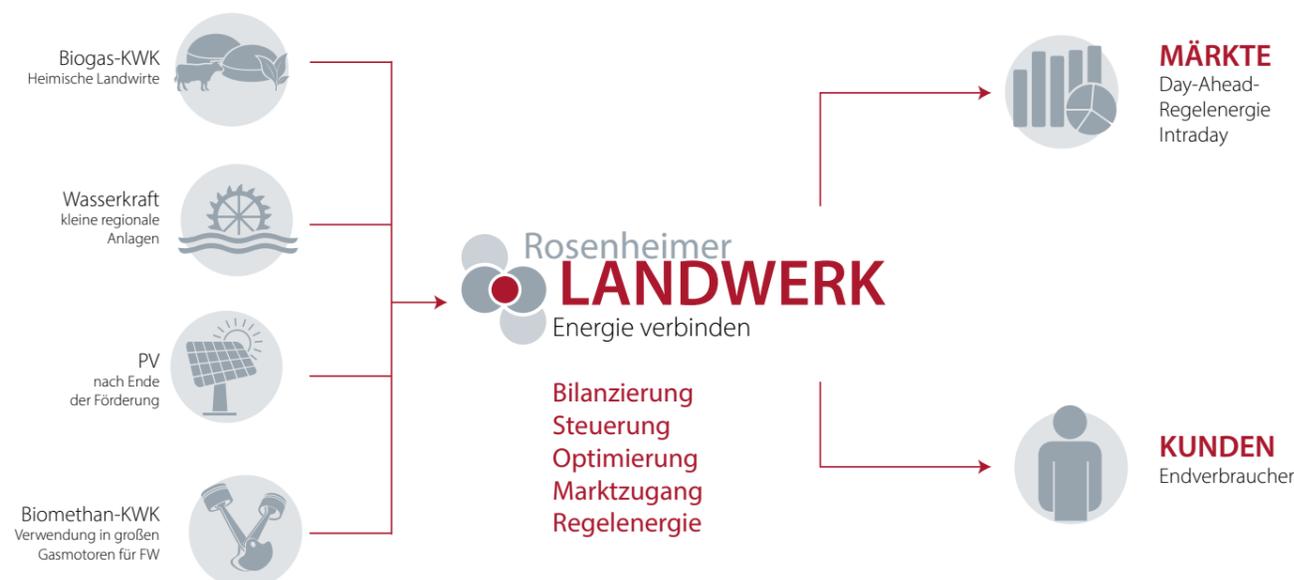


Abbildung 56: Energiefluss-Schema des Rosenheimer Landwerks



# [ Ausblick in die Zukunft ]

## Strom- und Fernwärme

Auf unserem Weg, den CO<sub>2</sub>-Ausstoß von Rosenheim zu senken, haben wir dargestellt, wie wir die Bereiche Strom- und Fernwärmeversorgung weitgehend CO<sub>2</sub>-neutral weiterentwickeln wollen. Der Bereich der Einzelheizungen gestaltet sich sehr viel schwieriger. Deshalb ist es so wichtig, die Fernwärme weiter auszubauen.

kann und die Kessel später neben den dann hoffentlich besseren und preiswerteren Wärmepumpen zur Spitzenlastabdeckung sehr hilfreich sein können. Außerdem werden die Gasnetze auch in zunehmendem Maße CO<sub>2</sub>-freie Gase bereitstellen. Dies sind jetzt schon Biomethan und in noch geringem Umfang Wasserstoff.

## Gasversorgung und Gasnetz

Die für die Beheizung benötigten Leistungen entnehmen wir heute den Gasnetzen und Öltanks. Das Heizöl verschwindet nach und nach überall dort, wo Fernwärme- oder Gasnetze zur Verfügung stehen. Die Gasnetze können den Leistungszuwachs durch die Umstellung von Öl auf Gas bedienen und sind vorhanden.

Die Gasnetze werden also noch lange dringend benötigt, auch wenn der Gasabsatz (Jahresarbeit) mit der Zeit zurück gehen wird. Der dauerhafte Weiterbetrieb der Gasnetze ist aber auch deshalb sinnvoll, weil in der Umstellung von alten auf neue Kessel und von Öl- auf Gasheizungen jetzt schnell viel CO<sub>2</sub> eingespart werden

## Zusammenfassung

Unser Ziel, die Stadt sicher, wirtschaftlich und umweltfreundlich mit Strom und Wärme zu versorgen und dabei die hierdurch bedingten CO<sub>2</sub>-Emissionen ebenso stark wie zügig zu reduzieren, werden wir mit einer Vielzahl sehr unterschiedlicher Maßnahmen erreichen.

Dies können wir deshalb mit großer Sicherheit sagen, weil

- es mit dem Einsatz heute verfügbarer Technik (\*) erreicht werden kann und
- es mit heutigen Investitionen finanzierbar und wirtschaftlich ist.

Dazu notwendig sind insbesondere

- der weitere Ausbau der Fernwärme und deren weitere Anschlussverdichtung,
- der weitere Ausbau der Kraft-Wärme-Kopplung,
- die Weiterentwicklung der Holzvergasung sowie der Bau und Betrieb größerer Anlagen,
- der weitere und etwas verstärkte Einsatz von Biomethan (oder anderer synthetischer Brennstoffe),
- die Verbesserungen der Energieausnutzung der vorhandenen Anlagen einschließlich des Müllheizkraftwerks und
- einer Vielzahl weiterer kleiner Maßnahmen.

(\*): Ausnahme Holzvergasung: Hier gibt es weiteren Entwicklungsbedarf (durch uns).

## Effiziente Energieversorgung der Stadt

Als Student an der Technischen Hochschule Rosenheim war ich noch weit entfernt von den Entwicklungen und Gedanken zu den Energiefragen und Systemen von heute – und doch so nah. Als ich damals meine Diplomarbeit über die betriebstechnische und betriebswirtschaftliche Optimierung von Blockheizkraftwerken geschrieben habe, haben sich erst wenige Stadtwerke mit dieser Technologie auseinandergesetzt. Heute gehört Kraft-Wärme-Kopplung mit dem Betrieb von hocheffizienten Motoren ebenso wie das Müllheizkraftwerk und das Fernwärmenetz zum nachhaltigen Rosenheimer Energieversorgungssystem.

AGFW | Der Energieeffizienzverband in Frankfurt am Main begleitet die Branche seit nunmehr fast 50 Jahren in Ihrem Streben, die Energieversorgung in Deutschland und Europa möglichst effizient und umweltfreundlich zu gestalten. Als technischer Regelssetzer und gleichzeitiges Sprachrohr der Versorger für die Politik setzen wir uns für diese Ziele ein.

Wir diskutieren über Themen wie „Smart City“, Digitalisierung und Nachhaltigkeit. Aber warum sprechen wir kaum über Fernwärme in Städten oder über die Effizienz von Stadtwärme als die Lösung für intelligente Städte?

Rund 75 % der weltweiten Emissionen entstehen in Städten. Wenn wir ernsthaft Emissionen reduzieren wollen, dann sind effiziente KWK und Fernwärmesysteme ein bedeutender Teil der Lösung. Dabei müssen wir uns nicht neu erfinden – allerdings dürfen wir uns auch nicht im Weg stehen. In Deutschland wissen wir, dass mit dem Einbringen dieser, unserer Technologie, in Städte und Metropolregionen nahezu 60 % aller Gebäude versorgt werden können und damit der Großteil der Emissionen (CO<sub>2</sub>, CO, SO<sub>2</sub>, NO<sub>x</sub>) zu einem hohen Anteil verschwinden. Das heißt also – wir, unsere Branche hat eine sehr elegante Lösung deren Vorteile und Sinnhaftigkeit bereits in vielen Ländern angewendet und bestätigt wurde. Politik und Gesellschaft müssen diese flexible Technologie nur wollen, deren Umsetzung fordern – allerdings auch unterstützen. Der AGFW weist bereits seit über 30 Jahren konkret auf diese Fakten hin. „Bei gleichzeitiger Erzeugung von Strom und Wärme kann der eingesetzte Brennstoff unter günstigen Bedingungen bis zu 80 % ausgenutzt werden. Für den zur Wärmeerzeugung eingesetzten Brennstoffbedarf bedeutet



Werner Lutsch  
Geschäftsführer  
AGFW | Der Energieeffizienzverband für Wärme, Kälte und KWK e. V.

dies eine Senkung auf rund 30 % der in konventionellen Heizungsanlagen benötigten Energiemenge. Da die CO<sub>2</sub>-Emission des Verbrennungsprozesses proportional zur eingesetzten Energiemenge ist, bedeutet die Primärenergieeinsparung durch KWK eine prozentual ebenso große CO<sub>2</sub>-Einsparung.“

Die kreisfreie Stadt Rosenheim hat mit ihren Stadtwerken unter der erfolgreichen Leitung von Herrn Dr. Götz Brühl diese Potenziale früh erkannt und setzt sie seit Jahren konsequent um. Mit der vorliegenden Weiterentwicklung des Energiekonzepts wird diese nachhaltige Strategie fortgesetzt.

Wir als Ihr Dienstleister werden uns auch weiterhin mit dem Gebäudeenergiegesetz, dem Kohleausstieg in Deutschland und auch mit der Weiterentwicklung des Kraft-Wärme-Kopplungsgesetzes beschäftigen – damit Sie in Ihrer Stadt Ihre lokalen Klimaziele erreichen können.

Ich wünsche Ihnen, Ihrer Stadt, meiner Wahlheimat – und den Stadtwerken Rosenheim weiterhin viel Erfolg und die volle Unterstützung Ihrer Bürger bei der Umsetzung des gewählten Energie- und Umweltkonzeptes!

Herzlichst Ihr  
Werner Lutsch

Forschungsstelle für Energiewirtschaft e.V. • Am Blütenanger 71 • 80995 München

Stadtwerke Rosenheim GmbH & Co. KG  
Herrn Dr.-Ing. Götz Brühl  
Bayerstraße 5

83022 Rosenheim

## FfE Begutachtung

13.02.2020

Sehr geehrter Herr Dr. Brühl,

die CO<sub>2</sub>- und Energiebilanzierung der Stadtwerke Rosenheim zur Bewertung von Klimaschutzmaßnahmen verfolgt wissenschaftlich fundierte Ansätze und liefert konsistente Ergebnisse.

Die verwendeten Eingangsdaten für das Strommarktmodell der Stadtwerke Rosenheim (SWRO) wurden mit den Daten der Forschungsstelle für Energiewirtschaft verglichen und in einem iterativen Prozess in Form von Szenariorechnungen validiert. Die modellierten Strompreise weisen im Referenzszenario eine plausible Charakteristik auf. Unterschiede im Vergleich zu anderen methodischen Ansätzen ergeben sich durch abweichende Annahmen technoökonomischer Parameter.

Die CO<sub>2</sub>-Bilanzierung mit engen Modellgrenzen in einem hochverknüpften Energiesystem ist herausfordernd. Alle verfügbaren Modellierungsansätze weisen sowohl Stärken, als auch Schwächen auf. Im Spannungsfeld von wissenschaftlicher Genauigkeit und Grenzen der Modellkomplexität ist der Ansatz der SWRO als schlüssige Herangehensweise zu beurteilen. Maßnahmen im Bereich KWK können systemdynamisch beurteilt werden.

Andere Maßnahmen, wie der Zubau von Anlagen erneuerbarer Energien, werden in das Gesamtsystem eingebettet und nicht direkt in Rosenheim bilanziert. Dies führt zu einer realistischen und angemessenen Darstellung der CO<sub>2</sub>-Bilanz Rosenheims.

Mit freundlichen Grüßen

Forschungsstelle für Energiewirtschaft e. V.



Prof. Dr.-Ing. Wolfgang Mauch



# Stadtwerke Rosenheim

Kundenzentrum

Bayerstraße 5 | 83022 Rosenheim

Telefon 08031 365-2626

Telefax 08031 365-2099

[stadtwerke@swro.de](mailto:stadtwerke@swro.de)

[swro.de](http://swro.de)