

Integriertes Klimaschutzkonzept Nidda



Fortschreibung der Treibhausgas-Bilanz von 2010

Integriertes Klimaschutzkonzept Nidda

Fortschreibung der Treibhausgas-Bilanz von 2010

IMPRESSUM

AUFTRAGGEBER



Magistrat der Stadt Nidda

Wilhelm-Eckhardt-Platz
63667 Nidda
Tel.: 06043 8006-211
www.nidda.de

Ansprechpartner

Karin Knölcke

AUFTRAGNEHMER



KEEA

Klima und Energieeffizienz Agentur GmbH
Heckerstr. 6
34121 Kassel
Tel.: 0561 2577 0
E-Mail: info@keea.de
www.keea.de

Bearbeiter

Armin Raatz
Matthias Wangelin
Benjamin Meissner

Geschäftsführer :

Armin Raatz

Matthias Wangelin

Insofern nicht anders angegeben gilt für alle im vorliegenden Dokument verwendeten Abbildungen als Quelle: Klima und Energieeffizienz Agentur GmbH

INHALTSVERZEICHNIS

1	EINLEITUNG	1
2	BERICHTSAUFBAU	1
3	SEKTOR WÄRME	3
3.1	Wärmenachfrage	3
3.2	Erneuerbare Wärmeproduktion	4
3.3	Wärmepotenziale	5
3.4	Szenarien	7
4	SEKTOR STROM	8
4.1	Stromnachfrage	8
4.2	Erneuerbare Stromproduktion	9
4.3	Strompotenziale	10
4.4	Szenarien	11
5	SEKTOR MOBILITÄT	12
5.1	Verkehrsleistung	12
5.2	Mobilitätspotenziale	14
5.3	Szenarien	16
6	ZUSAMMENGEFASSTE BILANZEN, POTENZIALE UND SZENARIEN	18
6.1	Energie- und THG-Bilanz	19
6.2	Szenarien	21
6.3	THG-Budget	23

1 EINLEITUNG

Mit dem Klimagipfel von Paris haben sich die Mitgliedsstaaten der Vereinten Nationen mit großer Mehrheit dazu verpflichtet, ihren Ausstoß von Treibhausgasen (THG) so zu begrenzen, dass der mittlere Temperaturanstieg der Erdatmosphäre auf deutlich unter 2°, möglichst unter 1,5° bleibt.

Angesichts der immer deutlicher werdenden Auswirkungen des Klimawandels haben sich EU, Bundesrepublik Deutschland und das Land Hessen zuletzt entschlossen, ihre Bemühungen zur Begrenzung des Klimawandels deutlich zu verstärken. Ferner haben sie sich zum Ziel gesetzt, bis zum Jahre 2045 klimaneutral zu werden (vgl. Bundesklimaschutzgesetz 2021).

Die Fortschreibung der CO₂-Bilanz von 2010 dient der Evaluation bereits geschehener Bemühungen.

2 BERICHTSAUFBAU

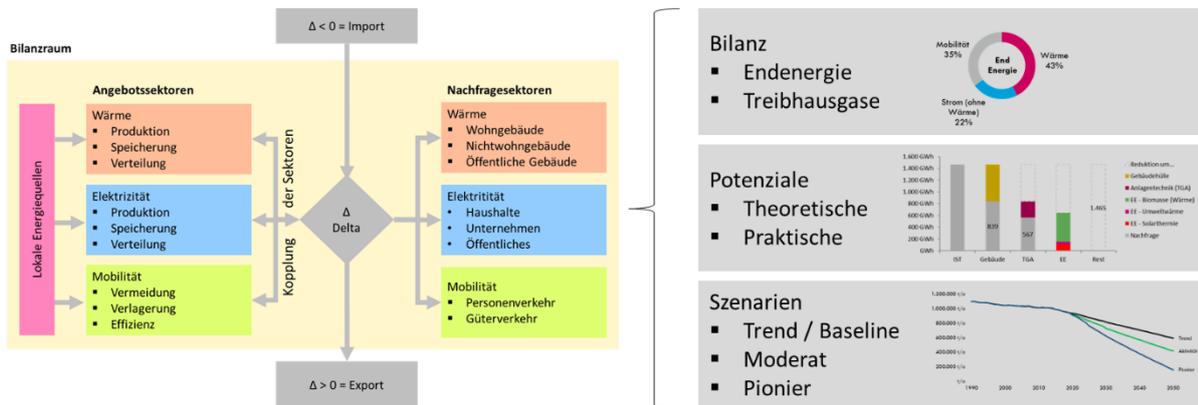
Der Bericht besteht grundsätzlich aus zwei Berichtsteilen:

- Der sektoralen Darstellung der Bilanzen, Potenziale und Szenarien
- Der integrierten Zusammenfassung der Bilanzen, Potenziale und Szenarien

Im sektoralen Teil wird kapitelweise das Energieangebot und die Energienachfrage in den Sektoren Wärme, Elektrizität und Mobilität dargestellt. In den Kapiteln werden zuerst für die Bilanz die lokalen Angebotssektoren beschrieben, dann die Nachfragesektoren. Die Einzelpotenziale und Szenarien sind den Kapiteln zugeordnet. Dies hat den Vorteil, dass z. B. die Entwicklung der Photovoltaik in den letzten 20 Jahren oder die Potenziale und die Ausbauraten für die Szenarien, an einer Stelle im Bericht stehen. Die Wärmenachfrage der Gebäude, deren Sanierungspotenziale und die angenommenen Sanierungsraten für die Szenarien befinden sich ebenfalls in einem zusammenhängenden Abschnitt des Berichts.

Dem sektoralen Teil folgt der integrierte Teil, in dem die Gesamtenergiebilanz, die gesamten Potenziale und die zusammengefassten Szenarien dargestellt sind. Über diese Aufteilung sind die Details zu einer Technologie an einer Stelle beschrieben und im Zusammenhang nachlesbar, zum Ende des Berichtsteils wiederum die zusammengefassten Ergebnisse. Die Abbildung 1 verdeutlicht den Zusammenhang. Links ist der kommunale Bilanzraum dargestellt. Im linken Teil befinden sich die Angebotssektoren, die sich aus den lokalen Energiequellen speisen. Es gibt einen Energieimport, einen -export und die Nachfragesektoren. Für diese einzelnen Sektoren sind die Energie- und THG-Bilanz bestimmt, die Potenziale ermittelt und die Szenarien berechnet worden.

Abbildung 1: Methodik der Bilanz



METHODISCHE VORGABEN BILANZIERUNGS-SYSTEMATIK KOMMUNAL (BISKO)

Für die Klimaschutzkonzepte wird vom BMU die **Bilanzierungs-Systematik Kommunal (BISKO)** vorgegeben. Die Methodik ist im Rahmen des BMUB-Vorhabens „Klimaschutz-Planer – Kommunaler Planungsassistent für Energie und Klimaschutz“ entwickelt worden. Die BISKO-Methodik wird laufend weiterentwickelt.

Grundlage der Methodik ist die Anwendung des **“Territorialprinzips”**. Es werden die Energieverbräuche innerhalb des Landkreises aufgenommen und bewertet. So wird zum Beispiel der Flugverkehr nicht berücksichtigt oder PKW-Fahrten als Quell-Ziel-Verkehr nur mit dem Anteil innerhalb des Kreises bewertet. Die Alternative wäre das **“Verursacherprinzip”**, in dem alle durch die Bürgerschaft induzierten Energieströme (z. B. auch der im Ausland produzierten Waren) berücksichtigt werden. Für diese Bilanz ist die Mobilität nach der Verursacherbilanz berechnet worden, weil für eine Territorialbilanz zu wenig Daten vorliegen.

Bei der BISKO-Methodik werden nur die energiebedingten Treibhausgase (THG) berücksichtigt, die durch die Nachfrage nach Energie emittiert werden. Hierbei wird nicht nur Kohlenstoffdioxid (CO₂), sondern auch Methan (CH₄) und Lachgas (N₂O) einbezogen. Um das Treibhausgaspotenzial verschiedener THG vergleichbar zu machen, werden sie hinsichtlich ihrer Klimawirkung als CO₂-Äquivalente (oder THG) zusammengefasst. Nicht berücksichtigt werden in der Methodik die Emissionen aus biogenen Prozessen, wie z. B. THG aus der Trockenlegung von Mooren. Das Pflanzenwachstum wird indirekt betrachtet, indem bei biogenen Energieträgern das über den Wuchs gebundene CO₂ bei der Verbrennung nicht mitgerechnet wird. Weitere nicht-energetische, biogene Stoffe werden als Kohlenstoffsenke nicht berücksichtigt.

Über diese Methodik reduziert sich die THG-Rechnung auf die Energieströme, die über Elektrizität, Wärme und Mobilität emittiert werden. Die Hauptenergieströme sind weiterhin durch die Nutzung von fossilen Energieträgern geprägt. Das Ziel der Reduktion der THG-Emissionen hat über die Methodik zur Folge, dass hauptsächlich die Reduktion fossiler Energieträger auf kommunaler Ebene

betrachtet wird. Diese werden entweder durch THG-arme, erneuerbare Energieträger ersetzt oder entfallen ganz, weil die Energienachfrage reduziert wird.

Erneuerbare Energien werden nach BSKO nachrichtlich aufgenommen. Das bedeutet, dass alle erneuerbare Stromerzeuger den bundesweiten Strommix verändern und damit den THG-Faktor für Elektrizität insgesamt beeinflussen. Für erneuerbare Energien (EE) aus Photovoltaik, Windkraft und biogenen Quellen, die in die Elektrizitäts- und Gasnetze eingespeist werden, erfolgt durch die vorgegebene Methodik ebenfalls eine Zurechnung zum bundesweiten Pool. Sie reduzieren zusammen mit vielen weiteren EE-Anlagen den bundesweiten THG-Faktor für Elektrizität auf rund 50 g/kWh im Jahr 2045. Im Jahr 2019 liegt dieser bei 408 g/kWh. Vorausgesetzt die bundesweite Stromwende erreicht das Ziel, wäre somit Elektrizität in Zukunft ein relativ klimafreundlicher Energieträger für viele Anwendungen wie z. B. Wärmepumpen, E-Fahrzeuge, etc.

Erneuerbare Wärme aus Einzelfeuerungen (z. B. Stückholz, Pellets), Biogasanlagen und Holzheizwerken mit Wärmenetz, werden in der BSKO-Methodik berücksichtigt. Über die Kohlenstoffbindung beim Pflanzenwachstum werden die CO₂-Emissionen als bilanziell ausgeglichen betrachtet. Die Emissionen bei der Produktion von EE-Wärme entstehen daher über die Aufbereitung der Biomasse bis zum Verbrennungs- bzw. Vergärungsprozess. Bei Biogasanlagen entsteht Methanschluß, d. h. ein Teil des Methans wird bei der Wartung oder über undichte Anlagenkomponenten emittiert. Auch offene Nachgärungen erhöhen den Methanschluß. Da Methan die 25-fache Treibhauswirkung von CO₂ hat, ist hier ein sorgfältiger Umgang wichtig. Moderne Biogasanlagen mit einer guten Bewirtschaftung haben nur noch einen geringen Methanverlust.

Mit dem Stand 2022 kann davon ausgegangen werden, dass die Methodik in den nächsten Jahren deutlich überarbeitet wird. Neues Ziel ist die bilanzielle „Netto-Null“. Dies erfordert die Berücksichtigung des sog. LULUCF-Sektors (engl. land use, land use change and forestry). Die natürlichen Senken der Landnutzung, Landnutzungsveränderung und Forstwirtschaft sollen zum deutschen Klimaschutzziel als Netto-Null beisteuern.

Durch die methodische Veränderung des Konzepts von 2013 zum heutigen Konzept und den zu erwartenden Anpassungen zukünftiger Konzepte, sind diese grundsätzlich nicht zu vergleichen. Deshalb wurden die Potenziale und Szenarien neu berechnet und dem Ziel von 2045 angepasst.

3 SEKTOR WÄRME

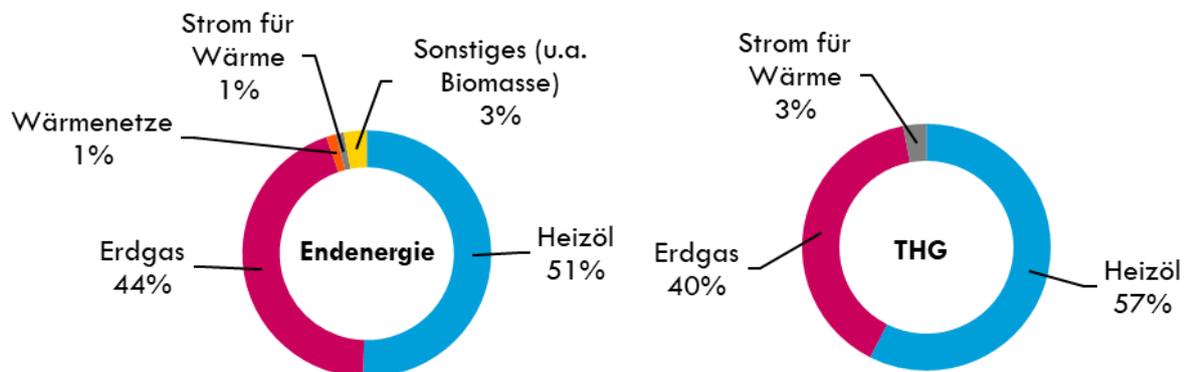
3.1 WÄRMENACHFRAGE

In Nidda stehen rund 4.900 Wohngebäude, davon sind der überwiegende Anteil Ein- und Zweifamilienhäuser. Die Wohngebäude haben eine Fläche von zusammen rund 0,83 Mio. m².

Tabelle 1: Anzahl und Fläche der Wohngebäude

	E-ZFH	MFH	Summe
Anzahl Gebäude	4.404	474	4.878
Fläche	528.480 m ²	307.520 m ²	836.000 m ²

Die Wärmeenergie von rund 400.000 MWh wird überwiegend über die fossilen Energieträger Heizöl und Erdgas bereitgestellt. Die Energieträger für die Wärmebereitstellung emittieren rund 113.000 Tonnen THG.

Abbildung 2: Energieträger und Treibhausgase der Wärmenachfrage

3.2 ERNEUERBARE WÄRMEPRODUKTION

Die erneuerbare Wärmeproduktion ist durch die Verbrennung von biogenen Festbrennstoffen (Pellets, Hackschnitzel und Stückholz) geprägt. Dazu kommen die solarthermischen Anlagen und die Nutzung von Umweltwärme über Wärmepumpen. Nachfolgende Darstellung basiert auf Daten der von der BafA geförderten Anlagen.

Abbildung 3 Entwicklung der erneuerbaren Wärmeproduktion (Quelle: BafA, eigene Darstellung)

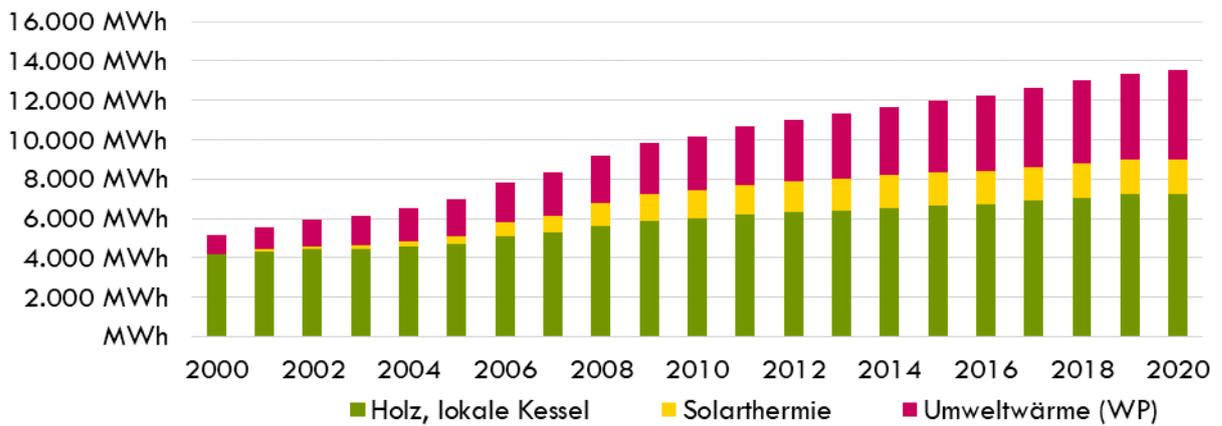


Tabelle 2: Erneuerbare Wärmeproduktion

	Energie	THG
Holz, lokale Kessel	7.211 MWh	171 t/a
Solarthermie	1.754 MWh	42 t/a
Umweltwärme (WP)	4.374 MWh	0 t/a ¹
EE-Wärme gesamt	13.339 MWh	212 t/a

3.3 WÄRMEPOTENZIALE

Die Gebäude benötigen aktuell ca. 400 GWh an Endenergie für Wärme (Abbildung 4). Für einen differenzierten Zugang zu den Potenzialen der Wärmewende werden folgende Bereiche betrachtet:

- Verbesserung der Gebäudehülle (Gebäude),
- Anlagentechnik (Anlagentechnik TGA, Heizung),
- Erneuerbare Energien (EE),
- Energieeinsparung durch Bedarfsreduzierung² (Suffizienz), z. B. im Bereich Raumwärme und Wohnfläche pro Kopf.

Würden die Gebäude in der ersten Näherung zur Potenzialnutzung (Endenergieeinsparung) rein physikalisch betrachtet, könnte mit einer ausgezeichneten Dämmung aller Gebäudehüllen der Wärmebedarf um den Faktor 5 bis 10 reduziert werden. In der Praxis verringert sich das Potenzial durch Aspekte wie Baukultur, Investitionskosten, zur Verfügung stehende Handwerksbetriebe und die aktuelle Einstellung der Gebäudeeigentümer zur Sanierung. Durch die

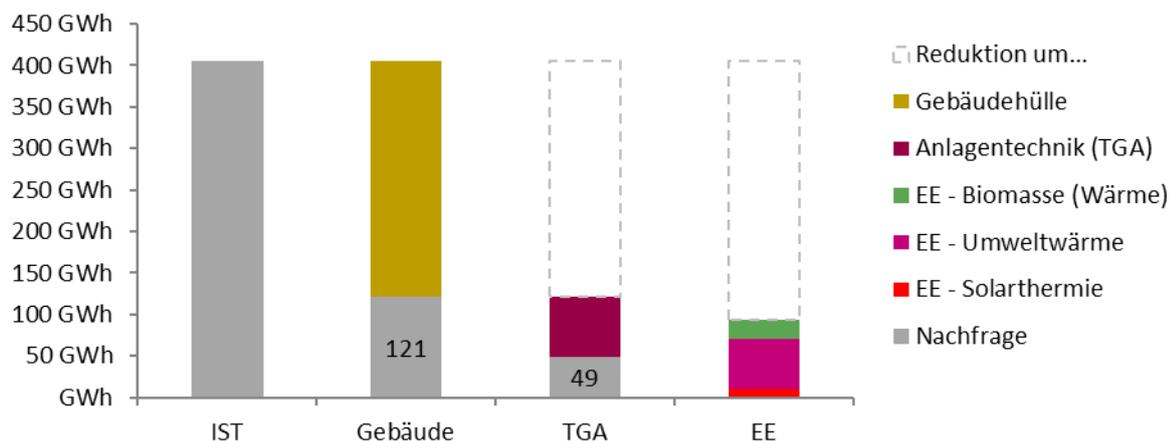
¹ Die THG-Emissionen der Umweltwärme durch die Wärmepumpen sind dem Stromsektor zugeordnet.

² Reduktion der Raumtemperatur um 1 Grad, spart im Schnitt 6 % Energie.

gemischt geprägte Gebäudetypologie mit einem Mix aus Einfamilienhäusern, Mehrfamilienhäusern, gewerblichen und städtischen Gebäuden, können die Wärmeverluste über das Dämmen und Dichten der Gebäudehülle auf etwa ein Drittel reduziert werden. In Abbildung 4 ist dieses Potenzial über den zweiten Balken dargestellt. Die potenzielle Endenergiemenge reduziert sich dadurch auf 121 GWh.

Ein weiteres verlustreduzierendes Element ist die Wärmeerzeugung, -verteilung und -übergabe an den Raum (Technische Gebäudeausrüstung, TGA). Über Kesseltausch, Dämmung der Rohrleitung und bessere Heizkörper oder Flächenheizungen, wird die Endenergienachfrage nochmals um mehr als die Hälfte reduziert. Zusammen mit einer verbesserten Warmwasserbereitung wird hier nochmals der Energieverlust minimiert. Dieses Reduktionspotenzial ist in Abbildung 4 über den dritten Balken TGA dargestellt. Somit verbleibt unter den Bedingungen der optimierten Gebäudehülle und TGA ein Wärmebedarf von 49 GWh.

Abbildung 4 Wärmepotenziale (Quelle: eigene Berechnungen)



Dies würde aber bedeuten, dass ab sofort alle Gebäude nur noch vollständig auf höchstem Niveau saniert werden und bis 2045 der gesamte Gebäudebestand saniert ist. Diese physikalischen Potenziale können und müssen durch die Nutzung der Suffizienz-Potenziale (Nutzungsverhalten) ergänzt werden.

Die Reduktion der Treibhausgase erfolgt über die Reduktion der Endenergie und durch einen veränderten Energiemix. Energieträger mit hohen THG-Emissionen, wie Heizöl und Erdgas, werden durch THG-arme Energieträger ersetzt. Der vierte Balken (EE) zeigt das Potenzial an erneuerbarer Wärmeerzeugung auf der Basis von Umweltwärme (über Wärmepumpen), Solarthermie und Biomasse. Insgesamt kann der verbleibende Wärmebedarf von 49 GWh durch erneuerbare Wärme aus lokaler Produktion erzeugt werden.

3.4 SZENARIEN

Physikalisch betrachtet, müsste nur die Energie der Raumlufte in den Räumen verbleiben, dann wäre kein Hinzufügen neuer Energie notwendig. Dies wird durch Dämmen und Dichten der Gebäudehülle erreicht. Dadurch wird der zum Erreichen einer Komforttemperatur notwendige Energieeintrag in die Räume reduziert. Die Potenziale an erneuerbaren Energien und das Nutzungsverhalten der Bevölkerung würden ausreichen, diese restliche Energiemenge zu decken. Das Szenario Klimaneutral geht von folgenden Rahmenbedingungen aus:

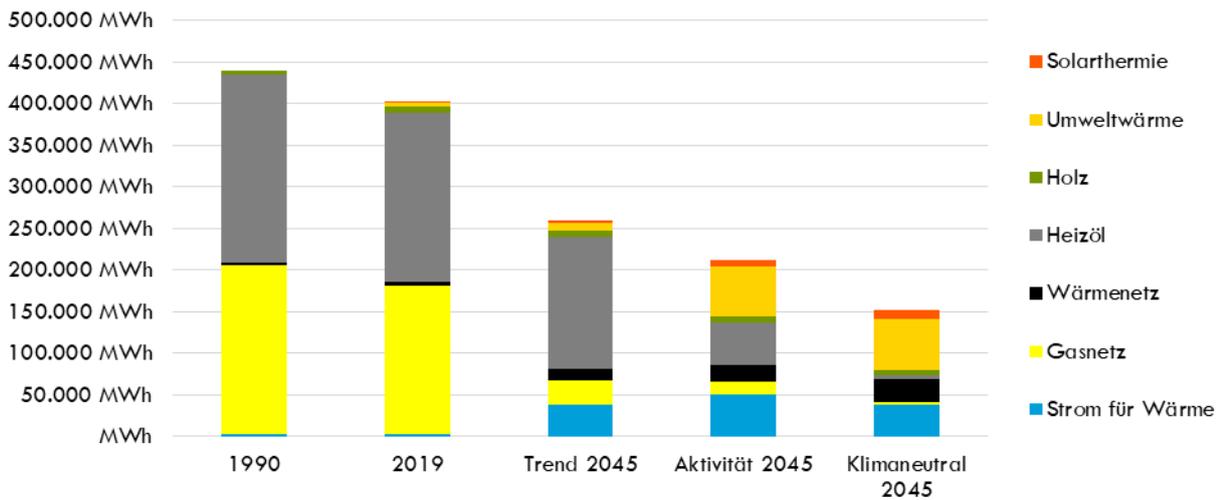
- Sanierung der Wohngebäude mit einer Sanierungsrate von 4 %. Dies würde bedeuten, dass innerhalb der nächsten 20 Jahre 80 % der Gebäude saniert werden.
- Gleichzeitig werden die regenerativen Energietechniken (Festbrennstoffkessel, Wärmepumpen, Solarthermie, Wärmenetze mit erneuerbaren Energien) der Wohngebäude deutlich ausgebaut.
- Die Nichtwohngebäude werden mit einer Rate von 2,5 % auf einem Niveau von 50 kWh/m²a saniert.
- Auch der Wärmebedarf der öffentlichen Gebäude wird deutlich reduziert, mit einer Sanierungsrate von 2,5 % ebenfalls auf ein Niveau von 50 kWh/m²a

Tabelle 3: Szenarien zur Energieeffizienz im Gebäudesektor

Energienachfrage	Trend	Aktivität	Klimaneutral
Wohngebäude (WG)			
Sanierung auf:		40 kWh/m ² a	
Sanierungsrate p. a.	0,5 %	2,0 %	4,0 %
Sanierte Gebäude p. a.	24	98	195
Nichtwohngebäude (NWG) und Öffentliche Einrichtungen			
Sanierung auf:		50 kWh/m ² a	
Sanierungsrate	0,5 %	1,0 %	2,5 %

Unter den Annahmen der in Tabelle 3 genannten Sanierungsraten und -standards ergeben sich die in Abbildung 5 dargestellten Wärmebedarfe und deren anteilige Deckung durch verschiedene Energieträger.

Abbildung 5 Darstellung des Wärmebedarfs und der Energieträger für verschiedene Szenarien

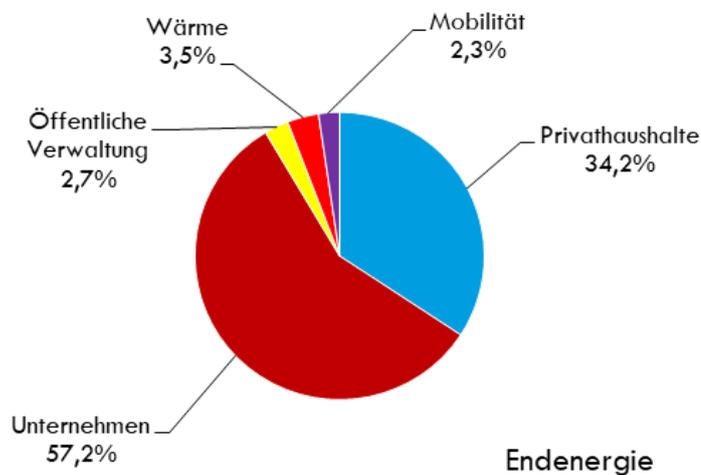


4 SEKTOR STROM

4.1 STROMNACHFRAGE

Die Grundlage für die Strombilanz bilden die Kommunaldaten der Stadt Nidda sowie der lokalen Netzbetreiberin OVAG GmbH. Die Daten der Stromverbräuche für Mobilität und Wärme basieren auf statistischen Erhebungen und Schätzungen aufgrund von Gebäudetypologien. Der Gesamtbedarf an elektrischer Energie beläuft sich in Nidda auf ca. 93 GWh mit einer treibhausverstärkenden Wirkung von ca. 38.000 tCO₂aeq/a. Der größte Teil davon entfällt auf die Unternehmen und Privathaushalte. Nach der Bilanzierungssystematik kommunal (BISKO) werden die THG-Emissionen beim Stromverbrauch mit einem bundesweit einheitlichen Faktor berechnet, im Jahr 2019 mit 0,408 kg/kWh.

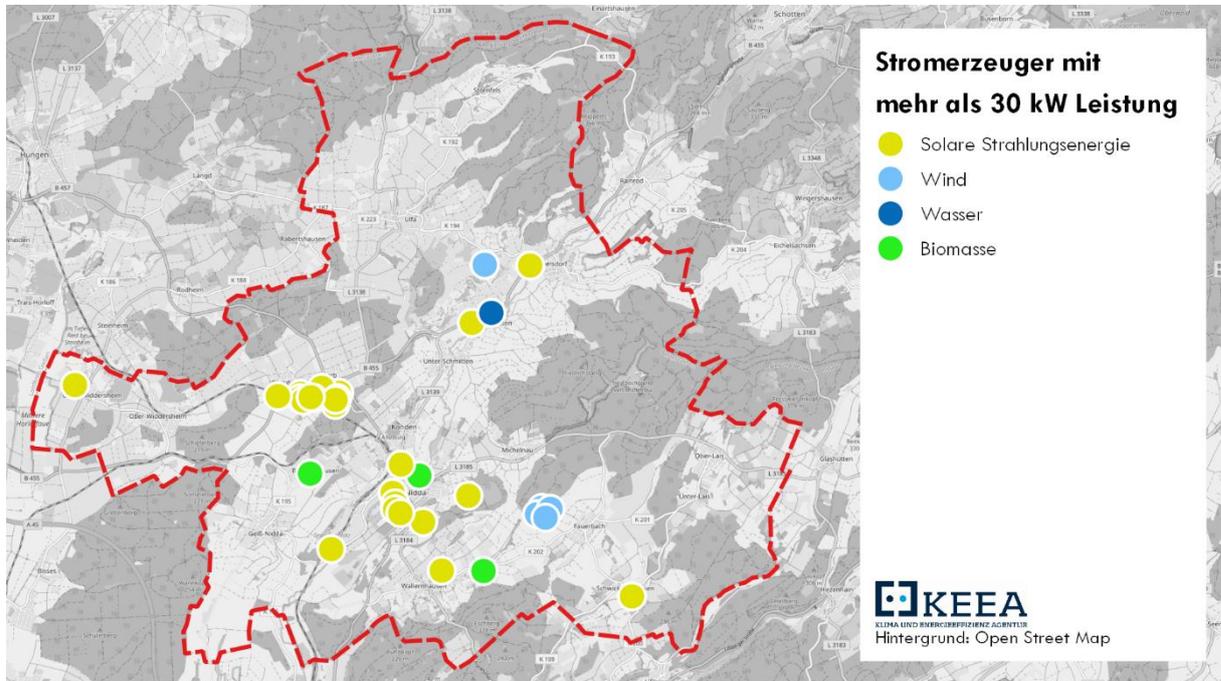
Abbildung 6 Darstellung des gesamten Strombedarfs für das Bilanzjahr 2019



4.2 ERNEUERBARE STROMPRODUKTION

Basierend auf den Marktstammdatenregister sind in Abbildung 7 die erneuerbaren Stromerzeuger mit einer Leistung größer 30 kW dargestellt.

Abbildung 7 Geographische Lage der erneuerbaren Stromerzeuger



In Zahlen ausgedrückt, wurden im Bilanzjahr rund 9,3 GWh an erneuerbarer Elektrizität in Nidda erzeugt. Davon wurden knapp 3 GWh durch Windkraft, 4,6 GWh durch Photovoltaik, 1,5 GWh durch Biomasse und 0,36 GWh durch Wasserkraft bereitgestellt. Da auch erneuerbare Energien nicht emissionsfrei sind (z. B. durch Energieeinsatz bei der Herstellung der Anlagen), werden rund 950 t/a an Treibhausgasen produziert.

Abbildung 8 Entwicklung der erneuerbaren Stromproduktion

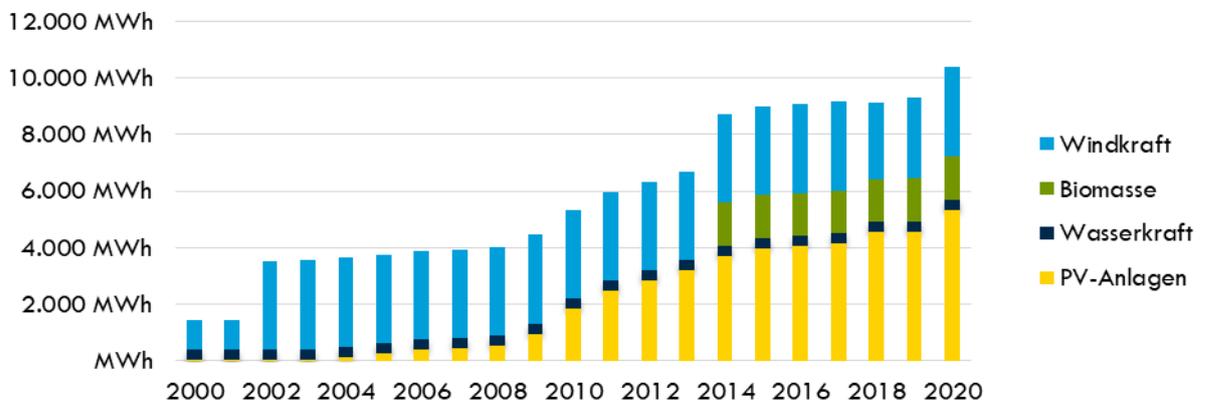


Tabelle 4 IST-Stand der erneuerbaren Stromproduktion

	Energie	THG-Emissionen
PV-Anlagen	4.578 MWh	578 t/a
Wasserkraft	360 MWh	14 t/a
Biomasse	1.526 MWh	288 t/a
Windkraft	2.844 MWh	65 t/a
EE-Strom gesamt	9.308 MWh	944 t/a

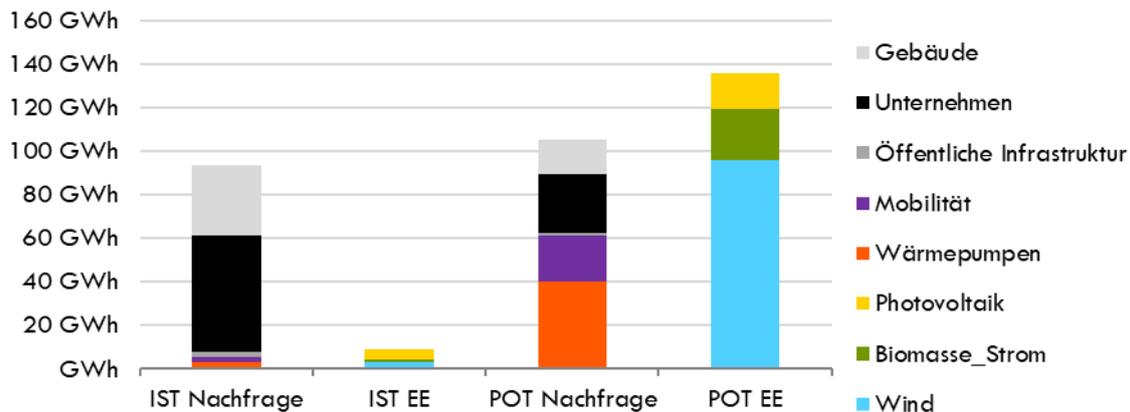
4.3 STROMPOTENZIALE

Die IST-Nachfrage an elektrischer Energie beläuft sich in Nidda auf rund 93 GWh (inklusive Strombedarfe für Mobilität und Wärme). Ein mögliches Reduktionspotenzial bis 2045 stellt eine Halbierung, der Bedarfe von Gebäuden, Unternehmen und der öffentlichen Infrastruktur, dar. Die Minderung ist in Abbildung 9 durch den dritten Balken POT Nachfrage dargestellt. Für die Energiewende wird, aufgrund von Elektromobilität und Wärmeerzeugung mit Wärmepumpen, zusätzliche Elektrizität benötigt. Der Strombedarf für Wärmepumpen beträgt 40 GWh. Die Elektromobilität würde bei den verwendeten Annahmen im Jahr 2045 rund 21 GWh benötigen. Über die Reduktion bestehender Verbräuche und die höheren Verbräuche bei Wärme und Mobilität würde der Stromverbrauch potenziell rund 100 GWh betragen.

Der zweite Balken in Abbildung 9 zeigt die aktuelle Stromproduktion durch erneuerbare Energien mit rund 10 GWh.

Dem stehen deutliche Ausbaupotenziale für erneuerbare elektrische Energie gegenüber, wie im vierten Balken der Abbildung 9 dargestellt. Damit ergibt sich ein Potenzial durch Windkraftanlagen von 96 GWh. Weitere Potenziale sind durch den Ausbau von erneuerbarem Strom aus Biomasse (Ausbau auf 23 GWh) und Photovoltaikanlagen (Ausbau auf 16 GWh) auf den Dächern vorhanden.

Abbildung 9 Potenziale im Sektor Elektrizität



Wie in Abbildung 9 zu erkennen, ist das Potenzial der EE-basierten Stromproduktion (vierter Balken) höher als die lokale Stromnachfrage (dritter Balken). Dies ist auch notwendig und sinnvoll, da der erzeugte Strom dazu genutzt werden muss, umliegende Städte zu versorgen. Hier ist in der Stadt-Umland-Beziehung ein Ausgleich notwendig und birgt zugleich erhebliche Wertschöpfungspotenziale, wenn lokale Energieversorgungsunternehmen bei der weiteren Stromwende involviert bleiben und werden.

4.4 SZENARIEN

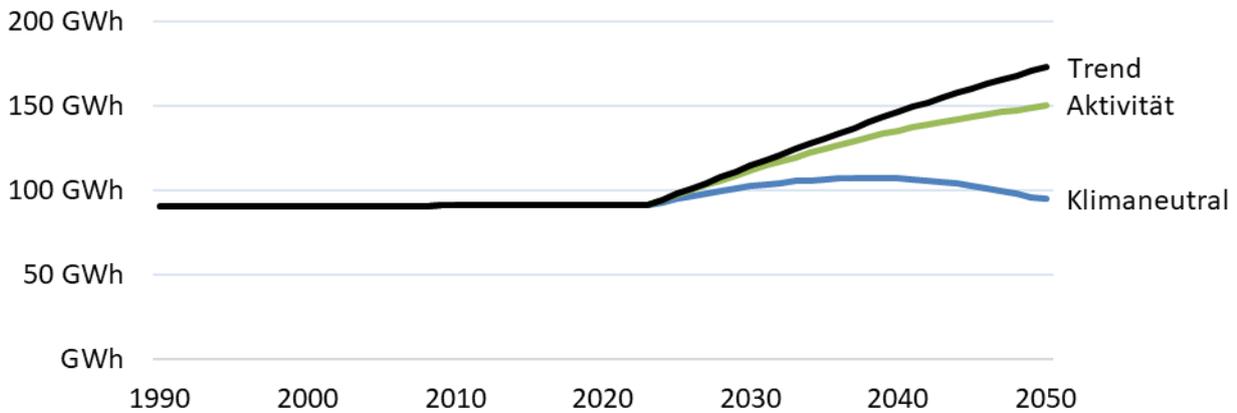
Die elektrische Energie wird in Zukunft von viel größerer Bedeutung sein, als dies derzeit der Fall ist. Die Versorgung mit Energie ist gegenwärtig hauptsächlich fossil gewährleistet, über Heizöl und Erdgas für die Wärmeproduktion, Benzin und Diesel für die Mobilität sowie Kohle und Gas für die Kraftwerke. Elektrische Energie ist ein universaler Energieträger, aus dem effizient Wärme (über Wärmepumpen), Mobilität, Licht usw. als Energiedienstleistung generiert werden kann. Der Ausbau der Elektromobilität und die Nutzung von Umweltwärme über Wärmepumpen, sorgen für eine erhebliche Zunahme des Strombedarfs in den verschiedenen Szenarien. Bisherige fossile Energiedienstleistungen würden durch elektrische Energiedienstleistungen ersetzt werden. Das gilt sowohl für die Stromproduktion als auch für häusliche Wärmetechnik und Treibstoffe. Daher spielt die Energieeffizienz bei existierenden Techniken in Haushalt und Industrie eine wichtige Rolle.

Das Szenario „Klimaneutral“ wird unter folgenden Rahmenbedingungen betrachtet:

- Die Nachfrage nach elektrischer Energie für die Haushalte (ohne Wärme), die Nichtwohngebäude und die öffentlichen Gebäude würde bis 2045 gegenüber dem aktuellen Stand grundsätzlich halbiert werden.
- Über den Ausbau von Wärmepumpen steigt die Stromnachfrage in diesem Verbrauchssektor auf 40 GWh an.
- Durch den Ausbau der Elektromobilität steigt die Stromnachfrage der Mobilität auf 21 GWh an.

Die Reduktion der Nachfrage und der Ausbau von Wärmepumpen und Elektromobilität summiert sich auf knapp 100 GWh im Jahr 2045 und bleibt damit auf gleichem Niveau.

Abbildung 10 Szenarien der elektrischen Energie mit Wärme und Mobilität



Die Veränderung der Nachfrage geht einher mit einer Veränderung der Stromproduktion. Die effektivsten Konversionstechniken in Deutschland mit Zukunftspotenzial sind Windkraft und Photovoltaik. Elektrische Energie aus Biomasse ergänzt Wind und Photovoltaik nur in geringem Umfang, aufgrund der hohen Flächenintensität der biogenen Rohstoffe. Die Optimierung der Stromwende – von der Produktion über Transport, Speicherung bis zur Energiedienstleistung für Wärme, Licht, Kraft und Raumüberwindung – ist daher eine technisch lösbare Aufgabe.

5 SEKTOR MOBILITÄT

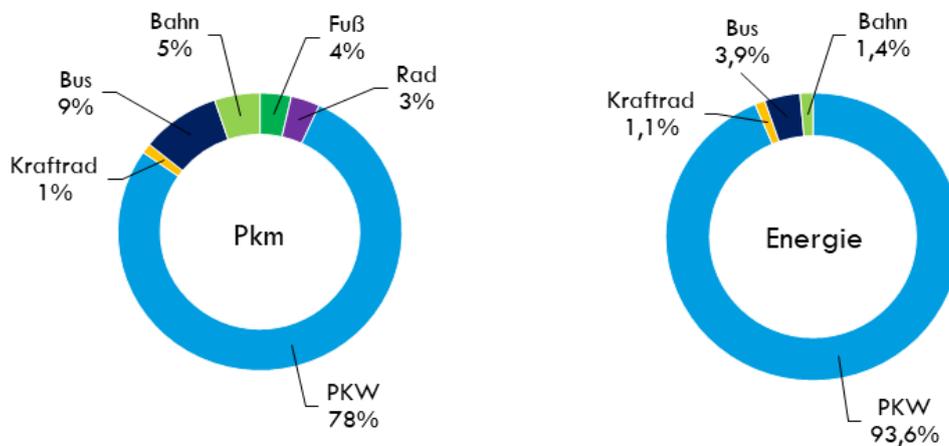
Der Nachfragesektor Mobilität ist für Nidda über die bundesweiten Verkehrserhebungen „Mobilität in Deutschland (MiD)“ ermittelt worden. Grundlage bildet hier der MiD-Typ ‚ländlicher Raum‘. Hier wird im Personenverkehr die Anzahl der Personenkilometer (Pkm), im Güterverkehr der Fahrzeugkilometer (Fzkm), bzw. der bewegten Tonnagen-Kilometer (tkm) angegeben. Die Auswertung erfolgt nach der „Verursacherbilanz“, weil für eine Territorialbilanz keine ausreichenden Daten vorliegen. Weiterhin wird der Flugverkehr nicht berücksichtigt.

5.1 VERKEHRSLEISTUNG

Die gesamte Verkehrsleistung beträgt für das Bilanzjahr 2019 beim Personenverkehr insgesamt 207 Mio. Pkm pro Jahr. Davon entfallen 78 % auf den motorisierten Individualverkehr. Die öffentlichen Verkehrsmittel haben gemäß MiD-Datengrundlage³ einen Anteil von 14 %, zu Fuß gehen und Rad fahren haben zusammen einen Anteil von 7 %.

³ Mobilität in Deutschland

Abbildung 11 Anteile der Verkehrsleistung in Personenkilometern (links) und Endenergiebedarf der Verkehrssektoren (inklusive Güterverkehr)



Personen- und Güterverkehr benötigen rund 110 GWh an Endenergie. Ein Großteil davon ist mit 58 GWh auf den Personenverkehr zurückzuführen. Die PKW haben mit 54 GWh den größten Anteil. Der öffentliche Verkehr hat mit rund 3 GWh einen geringen Anteil an der Endenergie. Der Fußverkehr benötigt bilanziell keine Energie, beim Radverkehr ist der Stromverbrauch der E-Bikes mit eingerechnet. Durch den geringen Energieverbrauch der E-Bikes von 0,005 kWh/Pkm summiert sich die Energienachfrage auf rund 6 MWh. Fahrräder und E-Bikes sind damit zusammen mit dem Fußverkehr die energieeffizientesten Verkehrsmittel. Der Güterverkehr hat mit gut 50 GWh einen energetischen Anteil von 46 % an der Mobilität.

Der Mobilitätssektor verursacht Treibhausgase von rund 33.000 Tonnen pro Jahr.

Tabelle 5: Verkehrsleistung

	Verkehrsmenge	Endenergie	THG-Emissionen
Mobilität gesamt		109.322 MWh	33.315 t/a
Personenverkehr	207 Mio. Pkm	57.782 MWh	17.522 t/a
Fuß	7 Mio. Pkm		
Rad	7 Mio. Pkm	6 MWh	2,2 t/a
PKW	161 Mio. Pkm	53.996 MWh	16.318 t/a
Kraftrad	2 Mio. Pkm	649 MWh	198 t/a
Bus	19 Mio. Pkm	2.303 MWh	704 t/a
Bahn	11 Mio. Pkm	833 MWh	302 t/a
Güterverkehr		51.540 MWh	15.793 t/a
Straßengüterverkehr	22 Mio. Fzkm	49.803 MWh	15.226 t/a
Schienengüterverkehr	21 Mio. tkm	794 MWh	278 t/a
Schiffsgüterverkehr	19 Mio. tkm	944 MWh	288 t/a

5.2 MOBILITÄTSPOTENZIALE

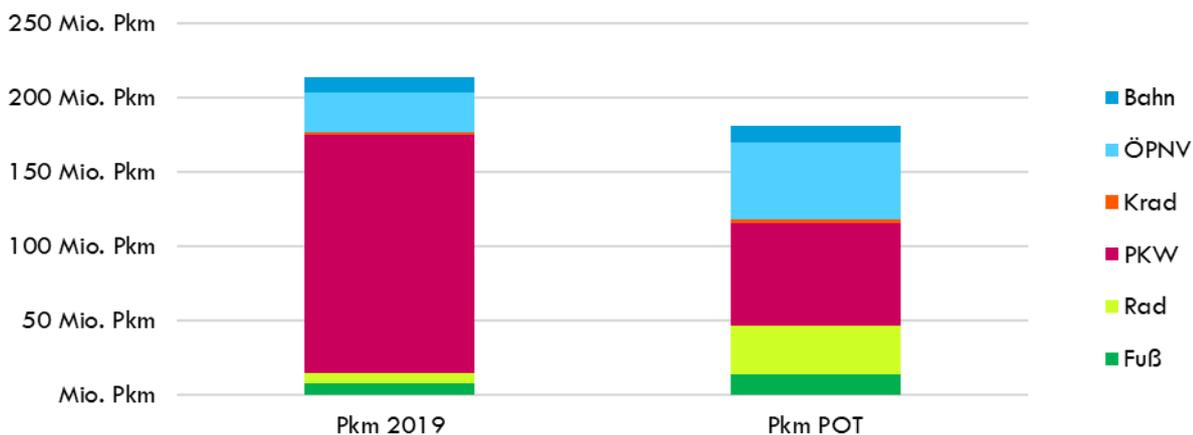
Die Strategie für die Mobilitätswende besteht in der folgenden Zielhierarchie:

- **Verkehrsvermeidung** über die Reduktion der Personenkilometer: Die Vermeidung von Personenverkehr ist der effektivste Weg, Endenergie und THG-Emissionen zu reduzieren. Eine Verkehrsvermeidung bedeutet:
 - Den Weg nicht anzutreten, indem zum Beispiel der Film in der Wohnung statt im Kino geschaut wird oder die Arbeit im Homeoffice stattfindet.
 - Die Strecke zu verkürzen, in der Fachsprache als „Reduktion der Entfernung zur Wohnfolgeeinrichtung“ bezeichnet. Dies wird durch wohnortnahe Infrastruktur sowie guten Städtebau und Regionalplanung ermöglicht.

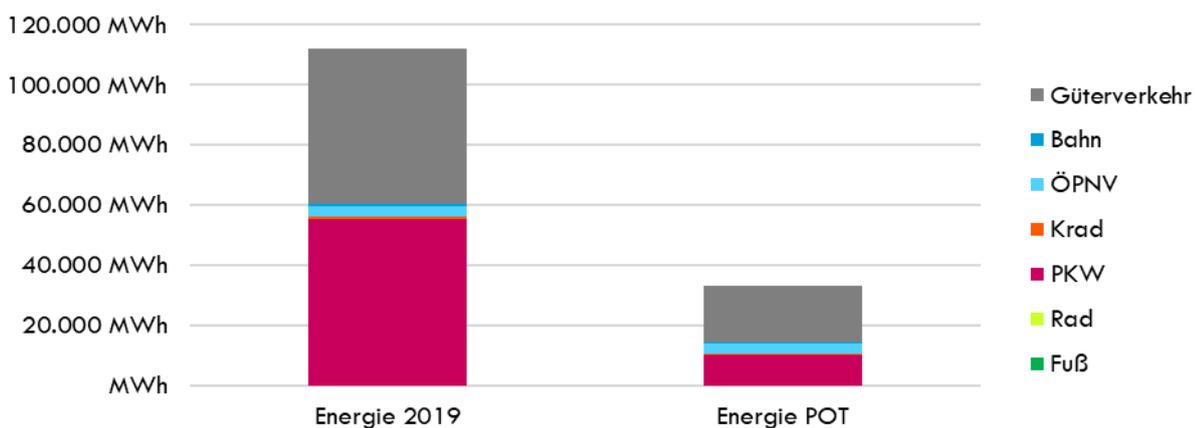
Für den Bereich der Verkehrsvermeidung wird von einem deutlichen Rückgang der Personenverkehrsmenge (von 214 auf 180 Mio. Pkm/Jahr) ausgegangen (Abbildung 12). Der Rückgang setzt sich zusammen aus:

- einem Trend, weniger Fahrten anzutreten und kürzere Wege zurückzulegen. Die demographische Entwicklung (keine beruflichen Fahrten in der Rentenzeit) und die aktuelle Situation der Pandemie (u. a. Homeoffice-Etablierung) tragen zu dem Trend bei.

- einer deutlichen Optimierung der Erreichbarkeit der Wohnfolgeeinrichtungen über einen guten Ausbau der Infrastruktur.
- **Verkehrsverlagerung** auf energieeffizientere Verkehrsmittel (z. B. Fahrrad) und Bündelung von Verkehren (z. B. über Bus, Bahn und Fahrgemeinschaften). Gleichzeitig wird von einer deutlichen Verlagerung der Wege auf den Fuß- und Radverkehr ausgegangen. Über die Wege zu Wohnfolgeeinrichtungen ist das Schöpfen dieser Potenziale über 30 Jahre möglich. Bei der Verkehrsverlagerung vom PKW auf den Fuß- und Radverkehr und den öffentlichen Verkehr wird von einem Potenzial von 45 % ausgegangen. Auf den Fußverkehr wird 5 % verlagert. Mit 20 % Verlagerung auf den Radverkehr wird dieser deutlich gestärkt. Aufgrund der aktuellen Entwicklung wird von einem E-Bike Anteil von 50 % ausgegangen. E-Bikes benötigen im Vergleich zum PKW kaum Energie. Weitere Potenziale bestehen über den Ausbau des ÖV zur Bündelung von Mobilitätsbedarfen. Hier wird von einem Verlagerungspotenzial von 20 % ausgegangen.
- **Verbesserung der Antriebstechnologie:** Das dritte Potenzial stellt die Verbesserung der Antriebstechnologie dar. Die zukünftige Fahrzeugtechnologie mit hocheffizienten Verbrennungsmotoren und Elektroantrieben bietet weitere Möglichkeiten, den Energieverbrauch und die THG-Emissionen zu reduzieren. Bei der Entwicklung der Fahrzeugtechnik und dem Wechsel zur Elektromobilität wird die bundesweite Entwicklung berücksichtigt. Hierfür werden die spezifischen THG-Emissionen berücksichtigt, die sich kontinuierlich über die Verbesserung der Fahrzeugtechnik und die Erhöhung des Anteils erneuerbarer Energien im Treibstoff verringern. So reduziert sich zum Beispiel der spezifische Emissionsfaktor der Treibhausgase für Elektro-PKW zum Teil über einen verbesserten Antrieb, überwiegend aber über das Absenken der spezifischen Emissionen des Strom-Mixes durch den Ausbau der erneuerbaren Energien. Deshalb sind die Emissionen von Elektro-PKWs aktuell noch nahe bei den fossil betriebenen PKW, in 30 Jahren bei einem angenommenen bundesweiten 100 % EE-Ausbau jedoch nahezu null. Das effizienteste Kraftfahrzeug ist das E-Bike. Mit 3 g/Pkm ist es deutlich besser als Benzinfahrzeuge mit 116 g/Pkm. Wegen den schlechten Gesamt-Wirkungsgraden werden weitere Energieträger wie Wasserstoff, Methan oder E-Fuels nur für Sonderfahrzeuge gesehen und bei den Potenzialen nicht berücksichtigt.

Abbildung 12 Potenziale der Verkehrsleistung

Über die Potenziale Vermeidung, Verlagerung und verbesserte Technologie kann die Energienachfrage für Mobilitätsbedürfnisse von 110 GWh auf 33 GWh reduziert werden (Abbildung 13). Dies setzt aber einen konsequenten Sinnes-, Verhaltens- und Technologiewandel voraus. Über eine starke Verlagerung des motorisierten Individualverkehrs auf den ÖPNV könnten viele Personenverkehrsströme gebündelt werden. Um dieses Verlagerungspotenzial zu erschließen, wäre ein Ausbau des ÖPNV, mit einer Erhöhung der Bedienungs- und Erschließungsqualität, erforderlich. Der Radverkehr müsste zur Erreichung der Klimaschutzziele im Mobilitätssektor eine deutlich größere Rolle einnehmen. Insbesondere Leichtfahrzeuge wie S-Pedelecs (bis 45 km/h) könnten durch gut ausgebaute regionale Radrouten verstärkt eingesetzt werden und so den Pkw-Verkehr ersetzen.

Abbildung 13 Potenziale zur Reduktion der Energienachfrage

5.3 SZENARIEN

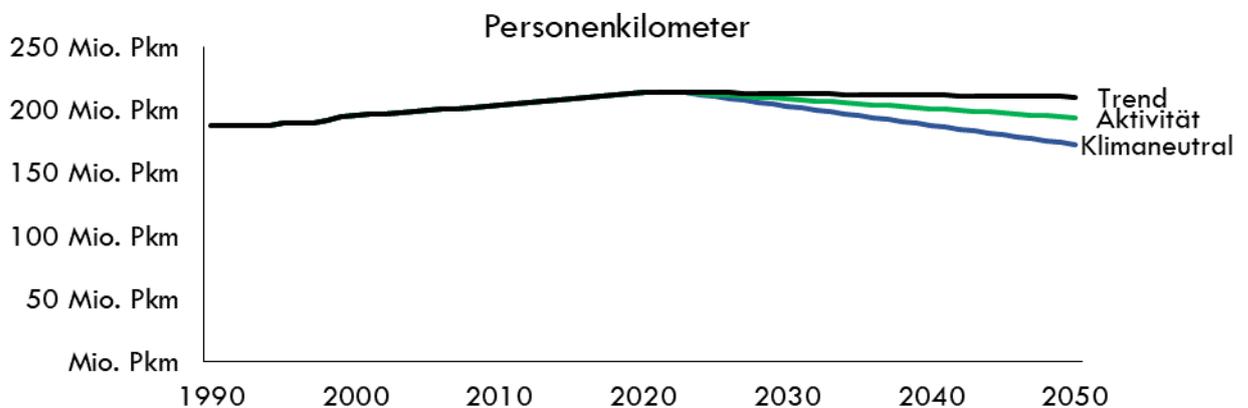
Wird davon ausgegangen, dass die tägliche Mobilität und Raumüberwindung menschliche Grundbedürfnisse sind, sollte deren Ermöglichung nicht in Frage gestellt werden. Anders als bei der Raumwärme, die nur im Raum gehalten werden muss, benötigt die Raumüberwindung – physikalisch

betrachtet – Energie. Ob in Form von Nahrung für die Muskelkraft oder als Treibstoff für die Maschinenkraft. Ziel ist es daher, die Raumüberwindung technisch effizient zu lösen.

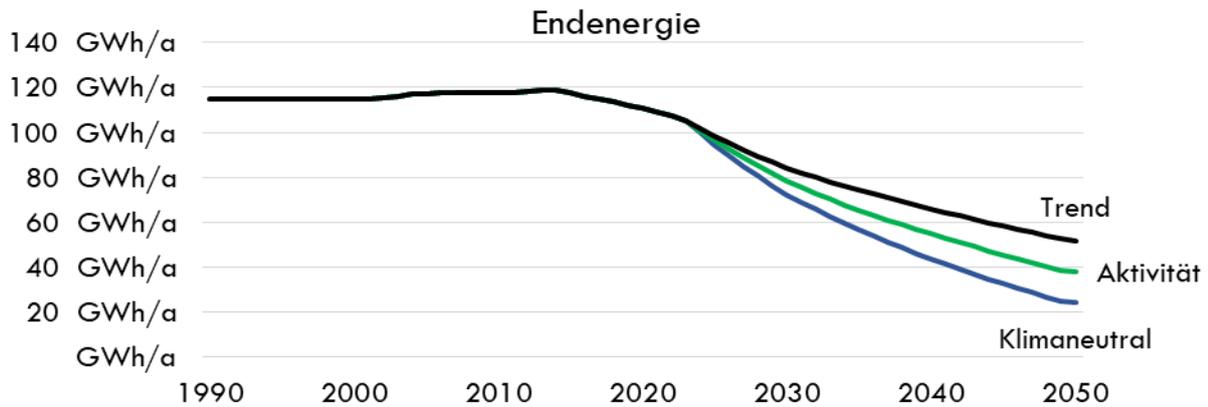
- Einen hohen Anteil hat die Reduktion der Gesamtpersonenverkehrsmenge um 20 % bis 2045. Dies könnte über die Reduktion der Anzahl der täglichen Wege (optimierte Wegeketten, Homeoffice) und die Reduktion der Wegelängen erreicht werden.
- Zweiter wichtiger Aspekt: die Verlagerung auf Fuß-, Rad- und öffentlichen Verkehr. Es werden 5 % auf den Fußverkehr, 20 % auf den Rad- und 20 % auf den öffentlichen Verkehr verlagert.
- Dritter Aspekt: die veränderte Fahrzeugtechnik. Im Masterplan Klimaschutz der Bundesregierung wird von 88 % Elektrofahrzeugen ausgegangen. Dieses Ziel wird für die Stadt Nidda übernommen.

Die Verkehrsleistung nimmt seit 1990 bis zum Bilanzjahr 2019 kontinuierlich zu, bis zu einem Wert von 207 Mio. Pkm. Bei der Projektion in die Zukunft ist der Rückgang der Verkehrsleistung, abhängig von der Betrachtung der Szenarien, mehr oder weniger ausgeprägt. Durch die Verlagerung vom motorisierten Individualverkehr (MIV) auf andere Verkehrsmittel, nimmt die erbrachte Personenverkehrsleistung durch PKW ab, wie in Abbildung 14 dargestellt.

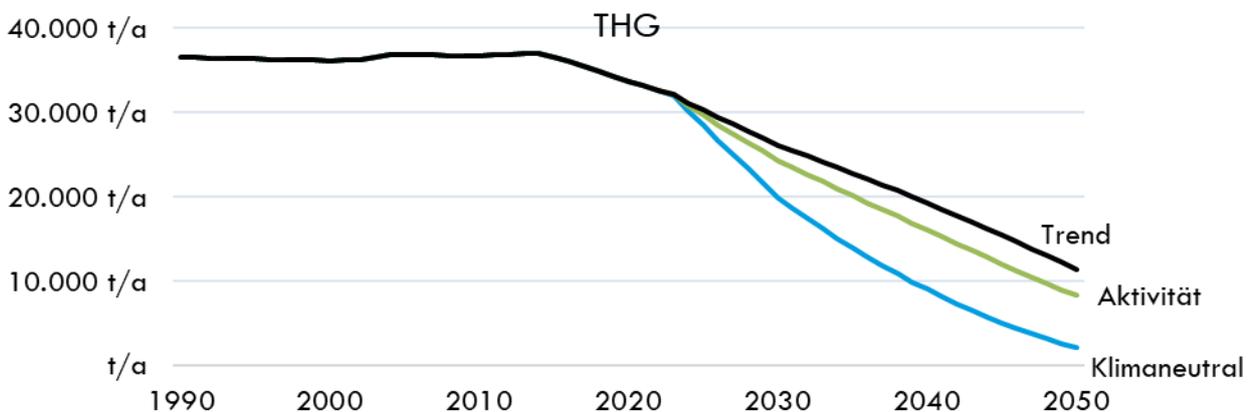
Abbildung 14 Szenarien der Personenverkehrsleistung



Die Szenarien liegen dicht beieinander, weil die Reduktion überwiegend über die bundesweite Entwicklung gesteuert wird. Dies sind u. a. ein hoher Anteil an Elektromobilität und die Verbesserung der Fahrzeugtechnik. Die folgende Abbildung zeigt den prognostizierten Verlauf der Entwicklung des Endenergiebedarfs in den drei Szenarien. Über alle Verkehrsleistungen betrachtet nimmt in allen Szenarien der Endenergiebedarf ab.

Abbildung 15 Entwicklung des Endenergiebedarfs in den drei Szenarien

Dies trifft ebenso auf die Entwicklung der THG-Emissionen zu (Abbildung 16). Der starke Rückgang der Emissionen im Szenario „Klimaneutral“ begründet sich hauptsächlich durch einen höheren Anteil an E-Mobilität, niedrigerer spezifischer Emissionen des deutschen Strom-Mixes und durch höhere Zubauraten von Anlagen zur Gewinnung erneuerbarer Energien.

Abbildung 16 Entwicklung der Treibhausgasemissionen in den drei Szenarien

6 ZUSAMMENGEFASSTE BILANZEN, POTENZIALE UND SZENARIEN

Nach den Betrachtungen der Sektoren Wärme, Strom und Mobilität folgt die zusammengefasste Auswertung der Bilanzen und Szenarien sowie eine nachrichtliche Darstellung des verbleibenden kommunalen THG-Budgets nach IPCC.

6.1 ENERGIE- UND THG-BILANZ

Die Bilanz erfolgt nach einer bundeseinheitlichen Bilanzierungssystematik für Kommunen (BISKO). Ausnahme: Die Basisdaten für die Mobilität liegen für eine Verursacherbilanz vor. Der Flugverkehr ist nicht mit betrachtet worden.

Im Bilanzjahr 2019 werden 600 GWh an Endenergie benötigt. Die größte Nachfrage – mit 67 % – besteht im Wärmesektor. Rund 18 % (ohne Flugverkehr) benötigt die Mobilität, knapp 15 % der Endenergienachfrage stellt der Stromsektor.

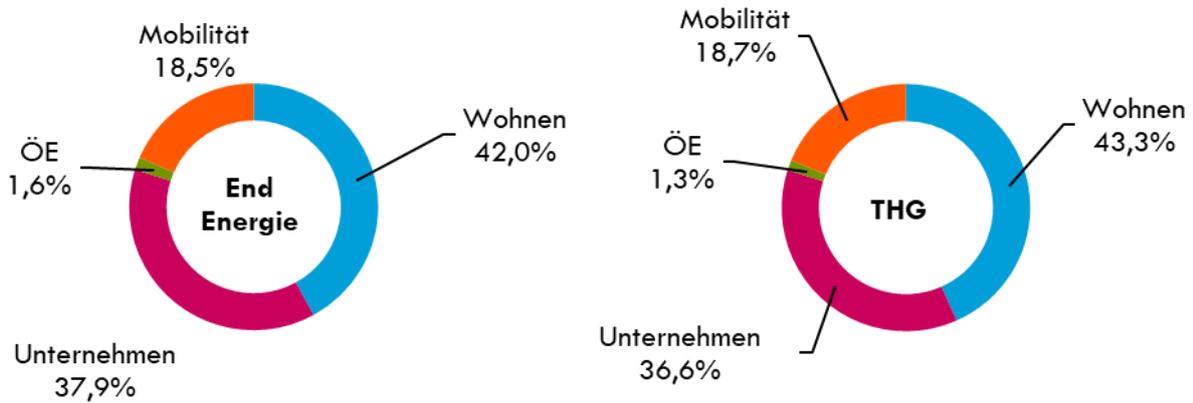
Tabelle 6 Endenergie und THG Emissionen nach Zweck und Verbrauchssektor

	Endenergie	THG-Emissionen
Nach Verbrauchssektoren	606 GWh	183.113 t/a
Wohnen	254 GWh	79.327 t/a
Wärme	222 GWh	66.269 t/a
Strom (ohne Wärme)	32 GWh	13.059 t/a
Unternehmen	230 GWh	67.042 t/a
Wärme	176 GWh	45.235 t/a
Strom (ohne Wärme)	53 GWh	21.807 t/a
ÖE	10 GWh	2.433 t/a
Wärme	7 GWh	1.397 t/a
Strom (ohne Wärme)	2,5 GWh	1.036 t/a
Mobilität	112 GWh	34.311 t/a
Personenverkehr	60 GWh	18.469 t/a
Güterverkehr	52 GWh	15.842 t/a

ENDENERGIE

Größter Verbrauchssektor nach Zweck sind – mit 42 % der Energienachfrage – die Privathaushalte im Wohnsektor. Gefolgt von den ansässigen Unternehmen mit 38 %. Der Sektor Mobilität erfordert knapp 19 % der Endenergie. Die öffentlichen Einrichtungen (ÖE) haben mit 1,6 % einen typischen Anteil an der Gesamtnachfrage der Endenergie. Die anteilig emittierten THG verhalten sich sehr ähnlich.

Abbildung 17 Endenergie (links) und Treibhausgase nach Zweck (rechts)



ERNEUERBARE ENERGIEN

Die Produktion erneuerbarer Energien beträgt ca. 23 GWh. Die Elektrizität hat davon einen Anteil von 9,3 GWh. Erneuerbare Wärme (13,3 GWh) wird überwiegend durch die Verbrennung von Holz und Wärmepumpen gewonnen. Da erneuerbare Energien auch Treibhausgase erzeugen, werden ca. 1.156 Tonnen an THG emittiert.

Tabelle 7: EE-Produktion und deren THG-Emissionen

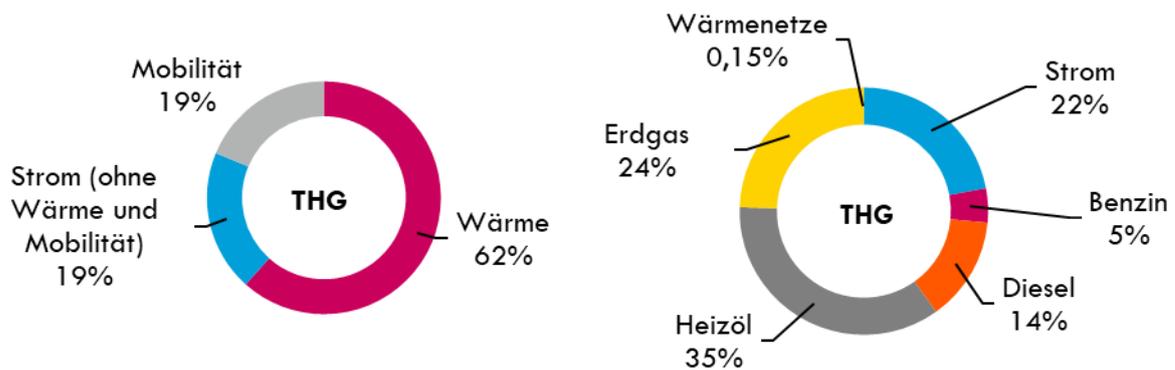
Energieträger	Endenergie	THG-Emissionen
EE-gesamt	22.647 MWh	1.156 t/a
EE-Strom gesamt	9.308 MWh	944 t/a
PV-Anlagen	4.578 MWh	578 t/a
Wasserkraft	360 MWh	14 t/a
Biomasse	1.526 MWh	288 t/a
Windkraft	2.844 MWh	65 t/a
EE-Wärme gesamt	13.339 MWh	212 t/a
Holz, lokale Kessel	7.211 MWh	171 t/a
Solarthermie	1.754 MWh	42 t/a
Umweltwärme (WP)	4.374 MWh	0 t/a ⁴

⁴ Die THG-Emissionen der Umweltwärme durch die Wärmepumpen sind dem Stromsektor zugeordnet.

TREIBHAUSGASE

Die einzelnen Energieträger verursachen bei der Verbrennung unterschiedliche THG-Emissionen pro Energieeinheit – zum Beispiel Erdgas mit etwa 250 g/kWh und Strom (Bundesmix 2019) mit etwa 408 g/kWh. Dadurch unterscheiden sich die Relationen der Treibhausgase vom Endenergieverbrauch. Im Vergleich der Energieträger haben mit ca. 59 % die fossilen Energieträger Heizöl und Erdgas die höchsten anteiligen Emissionen. Der Mobilitätssektor ist - durch Benzin- und Dieselmotoren - derzeit für 19 % der THG-Emissionen verantwortlich. Der Stromsektor verursacht 22 % der THG-Emissionen. Der Ausbau von Biomasse und Wärmenetzen schlägt sich nur zu einem sehr geringen Teil in der THG-Bilanz nieder, jedoch sind diese Zahlen mit Vorsicht zu genießen. Nur unter der Annahme, dass die biogenen Stoffe so schnell nachwachsen, wie sie abgerufen werden, können diese als klimaneutral gewertet werden.

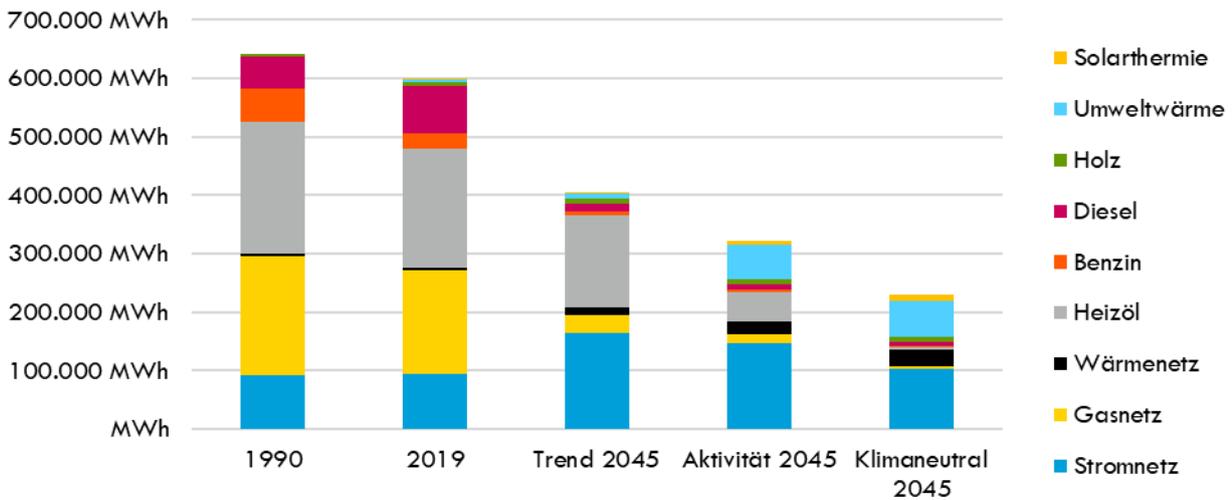
Abbildung 18: THG-Emissionen nach Sektoren (links) und nach Energieträgern (rechts)



6.2 SZENARIEN

In Abbildung 19 sind die Entwicklungspfade der drei Szenarien dargestellt. Das Zielszenario beinhaltet Maßnahmen zur Reduktion der Endenergienachfrage in allen Verbrauchssektoren, u. a. Gebäudesanierung, eine deutliche Verringerung der Nachfrage nach Elektrizität und eine Optimierung der Mobilität. Im Zielszenario würde die Endenergienachfrage auf 45 % der Nachfrage von 1990 sinken. Werden die Modellrechnungen nach Energieträgern aufgelöst, können folgende Entwicklungspfade aufgezeigt werden:

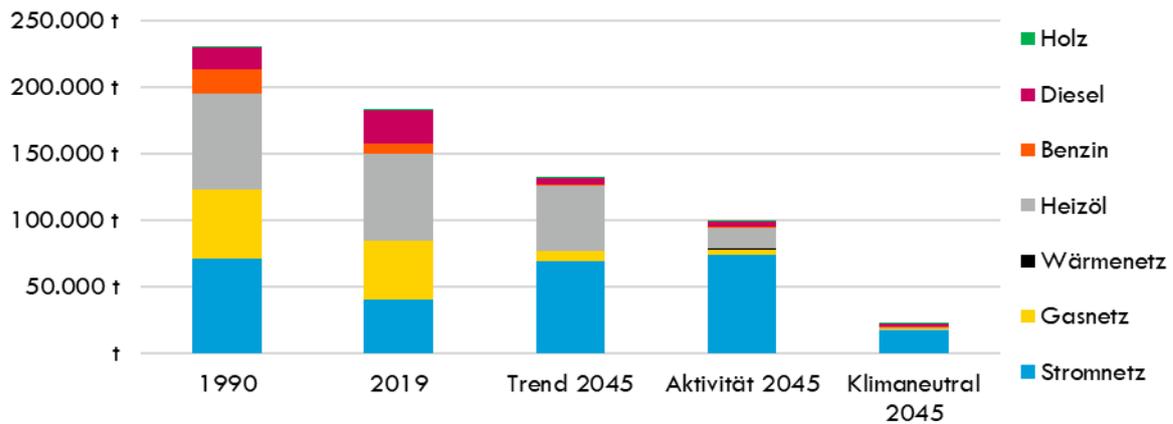
Abbildung 19: Energieszenarien



- Deutlich zu erkennen ist die absolute Reduktion der Endenergiemengen in den drei Modellrechnungen.
- Zweite grundsätzliche Maßnahme ist die Reduktion der fossilen Energieträger Heizöl, Erdgas, Benzin und Diesel – vor allem im Aktivitäts- und Zielszenario. Diese werden zum Teil durch erneuerbare Energieträger wie Solarthermie und Umweltwärme (über Wärmepumpen) ersetzt.
- Gleichzeitig wird davon ausgegangen, dass das Gasnetz in 30 Jahren nicht abgeschaltet wird, sondern Erdgas weiterhin als Energieträger für die Gebäude zur Verfügung steht. Power-to-Gas und Biomethaneinspeisung würden den Gas-Mix verändern.
- Die Elektrizität reduziert sich nicht wesentlich, da neue Nachfragen wie Wärmepumpen oder Elektromobilität hinzukommen. Im Trend- und Aktivitätsszenario steigt der Strombedarf sogar erheblich.
- Dieseldraftstoff wird in 30 Jahren vor allem im Güterverkehr, in der Landwirtschaft und bei Baumaschinen noch einen Anteil haben. Dieser könnte in Zukunft als E-Fuels erneuerbar hergestellt werden.

Über die Wirkungsabschätzung der einzelnen Energieträger in der gesamten Zeitreihe werden die **Treibhausgasemissionen** ermittelt. Die Emissionen werden über einen geringeren Endenergieverbrauch, den Einsatz von THG-reduzierten Energieträgern (z. B. erneuerbare Energien) und die Optimierung der Energieumwandlungstechnologien verringert. In Abbildung 20 sind die möglichen THG-Emissionen von 1990 bis 2045 dargestellt. Bei der Betrachtung der Energieträger werden die THG-Emissionen deutlich über die Reduktion der Endenergienachfrage reduziert. Zweiter Aspekt sind die Reduktion fossiler Energieträger sowie der Ausbau erneuerbarer Energien. Die verbleibenden Emissionsträger sind hauptsächlich Strom, Erdgas, Diesel, Benzin und Heizöl.

Abbildung 20 THG nach Energieträger



6.3 THG-BUDGET

Die aktuellen Berechnungen des Weltklimarats der Vereinten Nationen (IPCC) weisen bei einem Temperaturanstieg von unter 2 °C (1,75 °C) ein Budget von 700 Gt CO₂ aus. Um das 1,75 °C Ziel für Deutschland noch zu erreichen, beträgt das Budget ab 2020 noch 7,5 Gt CO₂. Für die Bevölkerung der Bundesrepublik stehen demnach noch rund 90 Tonnen CO₂ pro Person zur Verfügung.

Die im Bilanzjahr emittierte Menge beträgt ca. 182.000 t CO₂. Wird das bundesweite Budget von 7,5 Gt (für 1,75 Grad Erderwärmung) über die Bevölkerungszahl auf Nidda übertragen, beträgt das Budget rund 1,5 Mt CO₂. Die zur Verfügung stehende Menge wäre bei gleichbleibenden Emissionen somit bereits in knapp 8 Jahren verbraucht.

Tabelle 8 CO₂-Budget

Gradziel	Bewohner	1,5	1,75	Quelle
Global	7.754.133.500	400 Gt CO ₂	700 Gt CO ₂	IPCC
Deutschland	83.155.031	4.300.000.000 t/a	7.500.000.000t/a	SRU ⁵
Deutschland pro Person		51,7 t/a	90,2 t/a	
lokal Bilanzjahr	16.864	872.048t/a	1.521.014 t/a	
Emissionen Bilanzjahr		182.890 t/a	182.890 t/a	
Zeitraum in Jahren		4,7	8,3	
Überschreitung		2025	2028	

Durch eine Reduktion der jährlichen Emissionen - wie in den Szenarien dargestellt - kann das Budget erheblich gestreckt werden. Eine optimale Ausnutzung des Budgets wäre nur durch eine

⁵ SRU: Sachverständigen Rat für Umweltfragen

rasche Reduktion der CO₂-Emissionen zu erreichen, weshalb es wichtig ist, die Treibhausgase so früh wie möglich zu reduzieren. Die verschiedenen Entwicklungspfade der THG-Emissionen unter Berücksichtigung der Ziele des Weltklimarates der Vereinten Nationen zeigt ein Auszug aus dem Bericht des Sachverständigen Rat für Umweltfragen (SRU) der Bundesregierung aus dem Jahr 2020.

Abbildung 21: Mögliche Emissionspfade (SRU, 2020).

