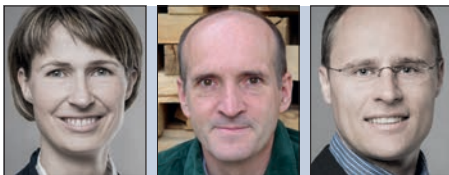


WP_{SOURCE} – Vorauswahl und überschlägige Dimensionierung unterschiedlicher Wärmequellen und -übertragungssysteme für Wärmepumpen



Autoren

Dipl.-Ing. Franziska Bockelmann, Dipl.-Ing. Markus Peter, Dipl.-Ing. Mathias Schlosser,
Steinbeis-Innovationszentrum energie+

Wärmepumpe · Niedertemperaturwärmequelle · Vordimensionierung

Um bereits im Rahmen der Vorplanung die Bewertung geeigneter Wärmepumpensysteme sowie deren Niedertemperaturwärmequellen und -übertrager zu ermöglichen und zu erleichtern, ist eine übersichtliche Zusammenstellung von unterschiedlichen technologischen Ansätzen wünschenswert. WP_{SOURCE} ist ein einfaches, MS Excel-basiertes Werkzeug zur grundlegenden Bewertung und Vorauswahl sowie überschlägigen Dimensionierung unterschiedlicher Wärmequellen und -übertragungssysteme für vom Nutzer definierte Anwendungsfälle von Wärmepumpen.



WP_{SOURCE} – preselection and pre-dimensioning of different heat sources and heat exchanger systems for heat pumps

heat pump · low-temperature heat source · preliminary design

In order to facilitate an evaluation of appropriate heat pump systems with suitable low-temperature heat sources and heat exchangers, already in the context of the preliminary design of the system a comprehensive compilation of different technological approaches is desirable. WP_{SOURCE} is a simple MS Excel-based tool for a basic assessment and preselection as well as for a rough dimensioning of different heat sources and heat exchanger systems for defined applications of heat pumps.



Einleitung

Die Einbindung von Wärmepumpen in die Energieversorgung von Gebäuden ist eine zunehmend angewandte Technik, die vornehmlich zur Wärme- aber auch zur Kältebereitstellung genutzt wird. Zur Energieversorgung von Gebäuden sind Wärmepumpen bei Planern und Bauherren weitgehend etabliert, in den letzten 10 Jahren lag ihr Marktanteil bei der Erzeugung von Wärme für Gebäude gleichbleibend bei etwa 10%. (Abb. 1) Bei der Wärmebereitstellung in Wohnungsneubauten haben Wärmepumpen mittlerweile einen Anteil von 30% - 40% [Quelle bwp]. Zur Kälteerzeugung in Nichtwohngebäuden (z.B. Büros) werden zunehmend reversible Wärmepumpen, die neben der Wärme- auch eine Kälteerzeugung ermöglichen, eingesetzt. Beim Verbraucher bewirkt der zunehmende

Einsatz der Wärmepumpentechnologie Interesse und Vertrauen, auch wenn viele Wärmepumpen in der Praxis unbefriedigend oder zumindest nicht optimal arbeiten.

Nicht selten sind die Gründe für schlecht arbeitende Wärmepumpen deren unzureichende Anbindung an die Niedertemperaturwärmequelle und/oder eine fehlerhafte Dimensionierung des zugehörigen Wärmeübertragers. Hinzu kommt, dass Wärmepumpen zum Teil nicht gemäß der Auslegung betrieben werden (können), was oft die Folge zu optimistischer Annahmen bei der Planung ist, teilweise aber auch durch eine nutzerbedingt falsche Betriebsweise verursacht wird. In vielen Fällen ist das primärenergetische, ökologische und auch wirtschaftliche Potenzial einer Wärmepumpe größer, als es sich in der Praxis darstellt.

Mit dem wachsenden Angebot verfügbarer Wärmepumpen ist auch die Zahl der potenziell nutzbaren Niedertemperaturwärmequellen und -übertragungssysteme gestiegen. Bei der Erschließung der Wärmequellen bieten sich diverse Anwendungs- und Optimierungsmöglichkeiten. Jedoch schon bei der Auswahl der Niedertemperaturwärmequelle stehen nicht immer hinreichende Informationen und eindeutige Kriterien zur Verfügung. Mit Blick auf die Nutzung von Niedertemperaturwärmequellen kommen regelmäßig neue Produkte auf den Markt, die für Planer oft unbekannt sind und bezüglich deren Leistungsfähigkeit oder dem Kosten-Nutzen-Verhältnis selten gesicherte Kenntnisse vorliegen.

In diesem Zusammenhang scheuen Planer oft den Aufwand, sich den not-

wendigen Überblick über verfügbare Technologien und Randbedingungen, wie z. B. Flächenbedarfe, Investitionskosten oder ähnliches, zu den einzelnen Systemen und Komponenten zu verschaffen. Um bereits im Rahmen der Vorplanung die Bewertung geeigneter Wärmepumpensysteme sowie tauglicher Niedertemperaturwärmequellen und -übertrager zu unterstützen und zu erleichtern, ist eine übersichtliche Zusammenstellung unterschiedlicher technologischer Ansätze wünschenswert.

In diesem Zusammenhang stellt das Programm WP_{SOURCE} (entwickelt im Rahmen des F&E-Projektes „future: heatpump“ am Institut für Gebäude- und Solartechnik (IGS) der Technischen Universität Braunschweig) ein multifunktionales Hilfsmittel dar, das für eine projektspezifische Vorauswahl und Vordimensionierung von Wärmequellen und Wärmeübertragungssystemen für Wärmepumpen eingesetzt werden kann.

Das Vordimensionierungsprogramm WP_{SOURCE}

Um die Vorplanung von Wärmepumpenanlagen zu unterstützen, wurde die Projektidee entwickelt, derzeit relevante Niedertemperaturwärmequellen für Wärmepumpen und zugehörige Wärmeübertragungssysteme mittels einer leicht zu bedienenden MS Excel Anwendung übersichtlich und projektbezogen nebeneinander zu stellen und zu bewerten. Neben allgemeinen Daten zu den Komponenten und Systemen beinhaltet die Zusammenstellung die Leistungsfähigkeit, Effizienz und die Wirtschaftlichkeit der untersuchten Systeme. WP_{SOURCE} er-

möglicht es dem Nutzer, für beliebige Standorte in Deutschland sowie für die meisten Typologien und Baualtersklassen von Wohngebäuden Wärmepumpenanlagen inklusive der Einbindung von Niedertemperaturwärmequellen und -übertragersystemen zu identifizieren und stellt sämtliche Daten und Ergebnisse in einer für den Planungsalltag geeigneten Form zur Verfügung. Anhand wesentlicher Kenngrößen, wie etwa den Entzugsleistungen der Wärmeübertrager in Verbindung mit unterschiedlichen Wärmequellen und Erdreichparametern oder den unter den gegebenen Randbedingungen zu erwartenden Arbeitszahlen und Kosten, werden alle relevanten Kenndaten vergleichend aufbereitet und zusammengestellt. Im Rahmen der Entwicklung von WP_{SOURCE} wurden und werden die Betriebsbedingungen und die Effizienz der einzelnen Systeme mit projektbegleitenden Untersuchungen an bestehenden Anlagen verglichen sowie mittels umfangreicher Systemsimulationen untersucht und qualifiziert.

WP_{SOURCE} ist eine im Wesentlichen intuitiv zu bedienende, auf MS Excel beruhende Auslegungs- und Dimensionierungshilfe, die eine grundlegende Bewertung und Vorauswahl sowie überschlägige Dimensionierung der in das Programm implementierten Wärmequellen und -übertragersysteme ermöglicht. Der Einsatzbereich liegt bei der Grundlagenermittlung sowie der Erstellung und Bewertung von Energiekonzepten mit Wärmepumpen.

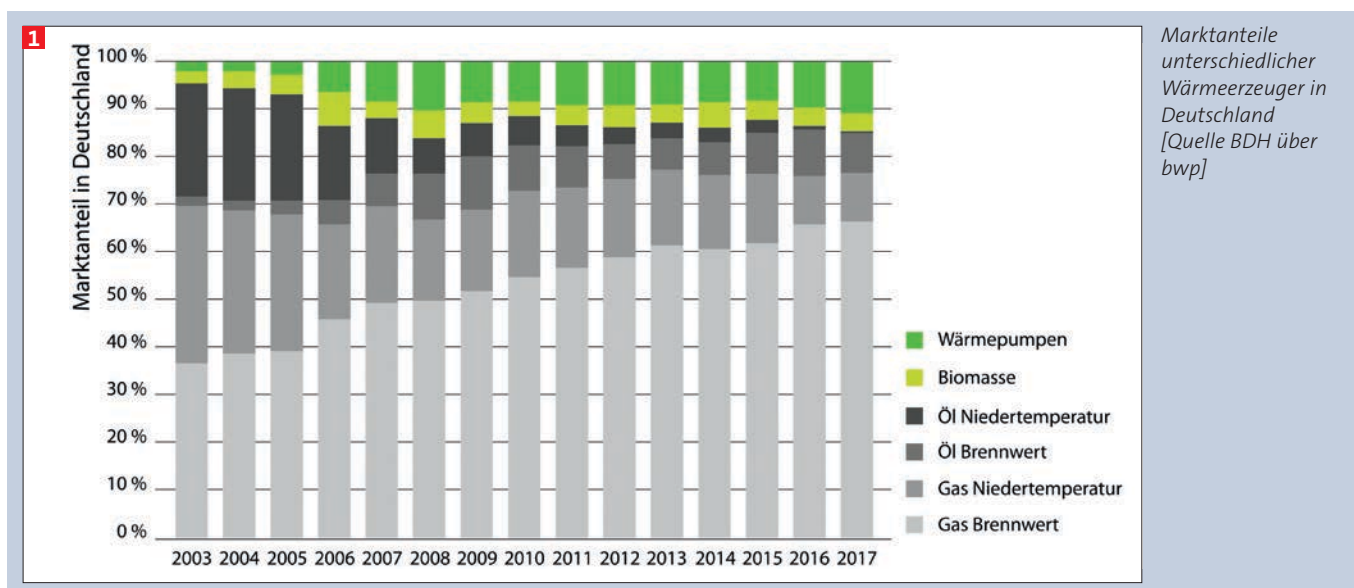
Derzeit umfasst WP_{SOURCE} Ein- und Mehrfamilienhäuser sowie Bürogebäude. Bei den Wohngebäuden werden Wär-

mepumpensysteme zur Gebäudebeheizung und Trinkwassererwärmung abgebildet. Im Bereich der Bürogebäude erlaubt das Programm zum gegenwärtigen Zeitpunkt die Bereitstellung von Raumwärme. Die Trinkwassererwärmung wird – wie bei diesen Gebäuden allgemein üblich – nicht mittels der Wärmepumpe realisiert.

In Abhängigkeit der Nutzereingaben zur Gebäudetypologie und des jeweiligen thermischen Standards des Gebäudes sowie der hinterlegten Ergebnisse aus den analysierten und simulierten Systemen und Systemvarianten, ermittelt WP_{SOURCE} mögliche und geeignete Niedertemperaturwärmequelle/Wärmeübertrager Kombinationen und stellt diese für den vorliegenden Anwendungsfall in einer Vorauswahl zusammen. Neben den möglichen Varianten werden Empfehlungen zu den Niedertemperaturwärmequellen, den Wärmeübertragersystemen und den Wärmepumpen zur Verfügung gestellt. Die für den eingegebenen Planungsstand als am effizientesten identifizierte Variante wird dokumentiert. Parallel zur Vorauswahl findet eine überschlägige Dimensionierung der Wärmeübertrager statt.

Aufbau und Methodik von WP_{SOURCE}

Um die Nutzung des Programms durch eine breite Anwenderschaft zu ermöglichen und unterschiedlichen Detaillierungsgraden aber auch Gesichtspunkten bei den Projektierungen und Planungen von Wärmepumpenanlagen Rechnung zu tragen, ist Flexibilität und Vielseitigkeit bei den Einstellungen und Eingaben ein wesentliches Merkmal von WP_{SOURCE}.



2

The screenshot displays the WPSOURCE software interface with several panels:

- WP-Übersicht:** Overview of the project 'Wohnen am Musterpark, Ort: Musterstadt'. It shows basic data like floor area (150 m²), heating power (6.0 kW), and energy requirements (7700 kWh/a for space heating, 2524 kWh/a for DHW, and a total of 10244 kWh/a).
- WP-Übersicht VI. Auswahl Heizsystem:** Selection of the heating system, currently set to 'Fußbodenheizung | 30/20 °C'. It includes a table for monthly working hours (Arbeitszahl) in kWh/(m²·a) for different months and a bar chart showing the distribution.
- WP-Übersicht IX. Geografische Angaben:** Geographic data including location (Postleitzahl 38106, Ort Braunschweig), climate zone (Nordwestdeutsches Tiefland), and ground data (Grundstücksfläche 600 m², Altschlufffläche 150 m²).
- WP-Übersicht X. Gebäudekenndaten:** Building characteristics such as building category (Einfamilienhaus) and room types (3-Zimmer-Wohnung).

Benutzeroberfläche von WPSOURCE, Beispiel

1. Schritt: Eingabe und Dokumentation des Wärmebedarfs (Gebäude)

Die Bedienung von WPSOURCE beginnt mit der Dokumentation und Spezifikation der Ausgangssituation und der Rahmenbedingungen des jeweiligen Projektes. Nach der Möglichkeit zur Eingabe allgemeiner Projektdaten gibt der Nutzer u. a. ihm bekannte Kennwerte wie etwa die Grundstücksfläche, den Gebäudetyp (Ein- oder Mehrfamilienhaus oder Bürogebäude) und dessen wärmedämmtechnischen Standard sowie optional Energiebedarfswerte ein. Die Beschreibung des Gebäudes und des thermischen Standards sind durch unterschiedliche Herangehensweisen möglich. Grundsätzlich kann sowohl ein Anwender mit detaillierten Kenntnissen über die Rahmenbedingungen eines Projektes und die zu erstellende Wärmepumpenanlage ebenso vom Programm profitieren, wie ein Nutzer mit nur groben Projektinformationen. Je nach Informationsstand kann der Nutzer das Gebäude z. B. durch Angaben aus einer EnEV Bilanzierung, nach eigenen Angaben zum Heizenergie-

verbrauch oder an Hand der Bauwerksklasse definieren. Im Anschluss trifft der Nutzer bezüglich des auszulegenden Heiz- und/oder Kühlsystems Annahmen und Festlegungen.

Auf der Grundlage dieser Eingaben und weiterer projektspezifischer Auswahlmöglichkeiten wird der Heiz- und Kühlenergiebedarf (die Heiz- und Kühllast) ermittelt.

2. Schritt: Wärmepumpe

Entsprechend des Heizleistungsbedarfs verwendet WPSOURCE unterschiedliche Wärmepumpen. Die Kenndaten dieser Wärmepumpen wurden aus Daten einer Vielzahl von derzeit am Markt relevanten Geräten generiert. Die rechnerisch generierten und in das Programm implementierten Geräte repräsentieren somit Wärmepumpen mittlerer Güte und dienen zu programminternen Berechnungen, z. B. von Arbeitszahlen.

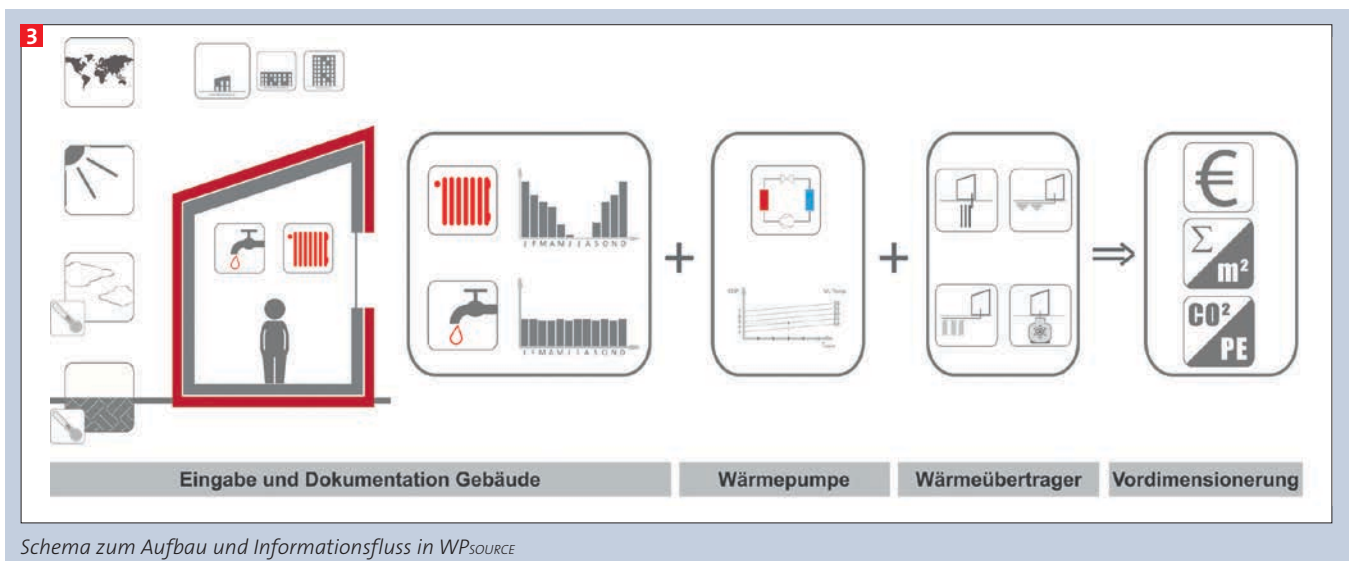
3. Schritt: Niedertemperaturwärmequelle

Über die mittlere monatliche Arbeitszahl der Wärmepumpe und den monatlichen

Heizwärmebedarf wird die aus der Niedertemperaturwärmequelle benötigte Entzugsenergie berechnet. Die Entzugsenergie bildet eine wesentliche Grundlage zur Auswahl und (überschlägigen) Dimensionierung der Niedertemperaturwärmequelle.

4. Schritt: Vordimensionierung

Auf Basis der Ergebnisse von im Programm hinterlegten Resultaten aus den Systemsimulationen, analysierten Anlagenverhalten und Korrelationen aus berechneten Systemvarianten, leitet WPSOURCE die benötigten Größen zur Vorauswahl und überschlägigen Dimensionierung geeigneter Niedertemperaturwärmequelle und zugehöriger Wärmeübertrager für einen individuellen Anwendungsfall ab. Die aus den Simulationen und Berechnungen in WPSOURCE zur Verfügung stehenden Daten liegen in stündlicher und höherer Auflösung vor. Die Vordimensionierung in WPSOURCE basiert jedoch auf monatlichen Werten. Auch die ökologischen (CO₂-Emission, Primärenergie) und wirtschaftlichen Fak-



Schema zum Aufbau und Informationsfluss in WPSOURCE

toren (Investitions- und Betriebskosten) für die dargestellten Niedertemperaturwärmequelle/Wärmeübertrager Kombinationen werden als monatliche Werte dokumentiert. Zur Vereinfachung des Vergleichs und der Gegenüberstellung der Systeme werden die Monatswerte zu Jahreswerten zusammengefasst.

5. Schritt: Zusatzinformationen

Wenn im Rahmen der Programmnutzung Warnungen oder Hinweise zu bestimmten Betriebsbedingungen der Anlage oder einzelnen Komponenten (z.B. Wärmeübertragersystemen) vorliegen und zu beachten sind, werden diese ausgegeben und der Nutzer informiert. Hinweise beziehen sich unter anderem auf Schallschutzanforderungen bei Luft-Wasser-Wärmepumpen, Pumpversuche bei geplanter Grundwassernutzung und/oder Ähnliches.

Fazit und Ausblick

Durch die Ergebnisse im Forschungsprojekt „future:heatpump“ (gefördert vom Bundesministerium für Wirtschaft und Energie (BMWi)) kann gezeigt werden, dass nahezu unabhängig vom Wärmeübertragersystem beim Betrieb der Wärmeübertrager und Wärmepumpen sehr gute Ergebnisse erzielt werden können. Für Anwender resultieren Unterschiede zwischen den untersuchten Wärmeübertragersystemen im Wesentlichen aus unterschiedlichen Flächenbedarfen für die einzelnen Systeme sowie den Investitionskosten.

Neben den Kosten spielen die Rahmenbedingungen „Baugrundstücke“ und „Raumwärmebedarf“ bei der Planung, Auslegung und Auswahl eines ge-

eigneten Systems und seiner Komponenten eine entscheidende Rolle. Ein wichtiger Hintergrund ist, dass Baugrundstücke heutzutage vergleichsweise klein ausfallen und auch bei Bestandsgebäuden nicht immer mit freien Grundstücksflächen in ausreichender Größe gerechnet werden kann. Aus diesem Grund lässt sich vermuten, dass bei Ein- und Mehrfamilienhäusern (groß)flächige Systeme künftig seltener zur Anwendung kommen. Dem gegenüber steht der Raumwärmebedarf, der infolge zunehmend gut gedämmter Gebäude stetig abnimmt – und damit den Wärmebedarf reduziert. Durch den sinkenden Wärme- und daran gekoppelten Flächenbedarf für oberflächennahe Systeme könnten flächige Wärmeübertrager, die durch geringe Einbaukosten attraktiv sind, wieder Marktanteile gewinnen.

Im Rahmen zukünftiger Planungen kann WPSOURCE Planer und Bauherren aber auch andere mit ähnlichen Fragestellungen befasste Personen sowohl bei der Auswahl geeigneter Niedertemperaturwärmequellen und -übertrager als auch bei deren vergleichender Gegenüberstellung und überschlägigen Dimensionierung unterstützen und einen Überblick zu entscheidenden Kriterien, wie etwa Flächenbedarfe, Anlageneffizienz und Investitionskosten, liefern.

Auf Grundlage der Ergebnisse und Erfahrungen aus dem Forschungsprojekt future:heatpump sollen im Rahmen des Nachfolgeprojektes „future:heatpump_II“ (durchgeführt am Steinbeis-Innovationszentrum (SIZ) energie+) im Wesentlichen Themen und Schwerpunkte behandelt werden, die zu einem Ausbau und der Erweiterung von WPSOURCE und der

erweiterten Nutzung der Wärmepumpentechnologie dienlich sind.

Wesentliche Themen sind

- die Erweiterung der Auswahl möglicher Wärmeübertragersysteme, auch unter Berücksichtigung von Sonderbauformen,
- die Kompatibilität verschiedener Wärmepumpentechnologien, wie Absorption-, Adsorption- oder leistungsgesteuerte Wärmepumpen mit unterschiedlichen Niedertemperaturwärmequellen und -übertragersystemen,
- die Berücksichtigung der bivalenten Betriebsweise von zwei Wärmeerzeugern (z. B. Wärmepumpe und Gaskessel). Diese ist z.B. relevant für Konzepte in Mehrfamilienhäusern und Bürogebäuden,
- die Integration von Photovoltaik zur Deckung des Strombedarfs von Wärmepumpen und des Haushaltsstromes,
- die Integration von Solarthermie zur Trinkwassererwärmung und Heizungsunterstützung sowie zur Regeneration von erdgekoppelten Systemen,
- die passive Kühlung von Gebäuden über die Niedertemperaturquellen,
- ganzheitliche Energiekonzepte und deren Planung in Bezug auf die Versorgung von Siedlungen und Stadtteilen mittels Wärmepumpen.

WPSOURCE kann unter https://siz-energie-plus.de/futurehp_wpsource_dl kostenfrei heruntergeladen werden.