

Leitfaden

Wärmepumpensysteme und Messtechnik in Einfamilienhäusern

Wärmepumpensysteme sind eine klimafreundliche Alternative für die Wärmebereitstellung in Wohngebäuden. Sie bestehen aus einer Wärmequellenanlage, der Wärmepumpe (WP) selbst, ggf. dem Wärmespeicher sowie der Wärme-Übergabe an die Raumheizung und Trinkwarmwasserbereitung. Es handelt sich somit um ein Gesamtsystem, das sorgfältig geplant, technisch aufeinander abgestimmt und dauerhaft kontrolliert werden muss, um einen effizienten und klimaschonenden Betrieb sicherzustellen. Der Leitfaden beschreibt ein messtechnisches Konzept für das Monitoring von Wärmepumpen mit dem Ziel eines effizienteren und optimierten Betriebs.

Mit dem Leitfaden soll eine breitere Umsetzung von Wärmepumpen in Wohn- und Nichtwohngebäuden in Niedersachsen und deren effizienter Betrieb durch ein entsprechendes Monitoring unterstützt werden. Dafür werden in diesem Leitfaden u.a., WP-Systemschaltungen empfohlen sowie die Regeln für die Platzierung der Messtechnik zum Betriebsmonitoring erläutert, mit der die Effizienz des Betriebs dauerhaft sichergestellt werden kann. Alle hier gezeigten Abbildungen finden Sie in größerer Auflösung nochmal im Anhang.

Zielgruppe und Aufbau des Leitfadens

Der Leitfaden richtet sich an alle Planer und Heizungsbauer von Wärmepumpensystemen in Einfamilienhäusern und gliedert sich wie folgt:

- › Im Abschnitt **Systemausführungen** werden Empfehlungen für hydraulische Einbindungen der Wärmepumpe gegeben, die einen effizienten Betrieb ermöglichen.
- › Im Abschnitt **Planung und Ausführung der Messtechnik** werden das Messkonzept und die dafür notwendige Messtechnik beschrieben. In

einer Schritt-für-Schritt-Anleitung wird erläutert, welche Messtechnik nötig und an welchen Positionen diese einzubauen ist.

- › Im Anhang **Installationshinweise und Checklisten** werden praktische Hinweise und Checklisten zusammengestellt, die der Installierende für die korrekte Montage direkt vor Ort verwenden kann.

Systemausführungen

Die Wahl des Wärmepumpensystems – dies umfasst z.B. die Auswahl und die hydraulische Einbindung thermischer Speicher und die Art der Trinkwassererwärmung – ist entscheidend für einen effizienten und damit energie- und kostensparenden Betrieb der Wärmeversorgung.

Die wichtigste Komponente ist die effiziente WP selbst. Damit eine Förderung im Rahmen der Wärmepumpeninitiative erfolgen kann, ist eine elektrische Wärmepumpe erforderlich, die die Effizienzanforderungen des BAFA gemäß *Liste der Wärmepumpen mit Prüf-/Effizienznachweis*¹ erfüllt.

Ein weiterer wichtiger Parameter für die Effizienz eines Wärmepumpensystems ist das Nutztemperaturniveau. Je geringer die Temperaturdifferenz

¹ https://www.bafa.de/SharedDocs/Downloads/DE/Energie/beg_waermepumpen_anlagenliste.html

zwischen der Wärmequelle der WP (z.B. Luft oder Erdwärme) und der Betriebstemperatur (z.B. Heizkreistemperatur oder Temperatur im Trinkwarmwassererzeuger), desto effizienter kann eine WP arbeiten. Aus diesem Grund ist es einerseits erforderlich, das Betriebstemperaturniveau möglichst gering zu halten und andererseits die Wärme möglichst direkt für die Nutzung bereitzustellen, um eine unnötige Temperaturerhöhung zu vermeiden. Grundsätzlich nimmt der Energiebedarf für Heizwärme mit besserer Wärmedämmung der Gebäude ab – für die Trinkwarmwasserbereitung ist die Dämmung allerdings nicht von Bedeutung.

Wichtig ist das Temperaturniveau: Wird Trinkwasser bei Temperaturen zwischen 25°C und 50°C für längere Zeit vorgehalten, kann es zur Vermehrung von Legionellen kommen. Daher müssen Wärmepumpen für die hygienische Trinkwarmwasserbereitung entsprechend hohe Temperaturen bereitstellen können – in Kleinanlagen für Einfamilienhäuser sollten es 60°C sein. Die WP muss hierfür ggf. mit einer elektrischen Zusatzheizung ausgestattet sein.

Das heißt auch, dass die Effizienz der WP bei der Trinkwarmwasserbereitung oftmals niedriger als bei der Raumwärmebereitung ist, weil sie unabhängig von den Außentemperaturen, konstant hohe Temperaturen für die Trinkwasserbereitung liefern muss. Daher ist das WP-System so auszulegen, dass die Trinkwarmwasserbereitung nach anerkannten Regeln der Technik (DIN EN 806 Teil 2, DIN 1988-200 und DVGW W551) erfolgt.

Ein Heizsystem, das die o.g. Anforderungen für eine effiziente Raumwärme- und hygienische Warmwasserbereitung erfüllt, bildet das im Folgenden empfohlene System (1) mit Pufferspeicher und Frischwasserstation. Da das Warmwasser im Durchlaufverfahren bereit wird, werden keine großen Mengen bei kritischen Temperaturen vorgehalten, so dass die Gefahr einer Vermehrung von Legionellen verringert wird. Hierbei darf das Was-

servolumen in der Leitung zwischen Warmwasserbereiter und der am weitesten entfernten Entnahmestelle nicht mehr als 3 Liter betragen.

Sofern die Umsetzung eines solchen Systems auf Grund äußerer Rahmenbedingungen (wie z.B. Technische Anschlussbedingungen (TAB) von Wärmenetzen oder Einsatz von Integralgeräten) nicht möglich ist, sollte auf das Alternativsystem (2) zurückgegriffen werden. Auch andere System-schaltungen sind möglich, haben aber unterschiedliche Nachteile.

Die hier ausgewählten Systemausführungen für Wärmepumpensysteme basieren auf den *Funktionsschemata des Wärmepumpen System Moduls²* der *Fachvereinigung Wärmepumpen Schweiz (FWS)* sowie dem *Hydraulik Leitfaden³* des Bundesverband Wärmepumpe e.V. (BWP), die erprobte und effiziente Systeme ermöglichen.

Pufferspeicher mit Frischwasserstation (empfohlene Ausführung)

Systemeigenschaften und Einsatzempfehlungen:

- ▶ Ein Pufferspeicher mit direkter mehrzoniger Beladung dient der Bereitstellung der Wärme mit jeweils angepasster Temperatur für die Raumheizung und die Warmwasserbereitung.
- ▶ Durch die Verwendung eines gemeinsamen Speichers werden Wärmeverluste gegenüber getrennten Speichern verringert.
- ▶ Die Warmwasserbereitung erfolgt mittels Frischwasserstation (auch Durchlauf-Trinkwasser-Erwärmer - DTE - genannt). Das Wasser wird im Durchlaufverfahren erhitzt, so dass kein Warmwasser dauerhaft bei erhöhter Temperatur in Speichern vorgehalten werden muss. Dies ist aus hygienischen und energetischen Gründen vorteilhaft.

² <https://www.wp-systemmodul.ch/files/Downloads%20DE/Installateure/Funktionsschemata-20200425.pdf>

³ https://www.waermepumpe.de/uploads/tx_bcpageflip/BWP_LF_HYD_2019_DRUCK_final.pdf

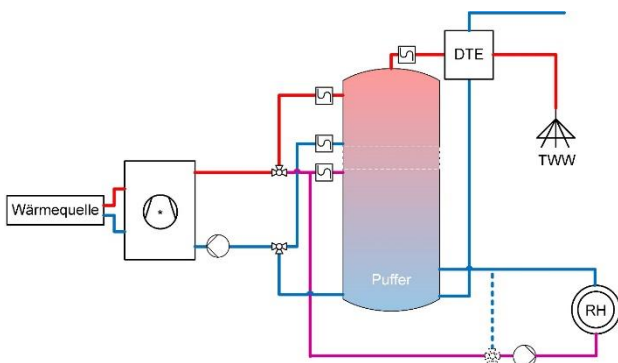


Abbildung 1: Hydraulikschema der Systemausführung 1 mit Pufferspeicher und Frischwasserstation. In der Abbildung sind aus Gründen der Übersichtlichkeit nur die für diesen Leitfadens relevanten Komponenten eingezeichnet. Gestrichelt dargestellte Komponenten sind optional.

Ausführungshinweise:

- Die Beladung für TWW und Raumwärme erfolgt getrennt in die jeweilige Schicht des Pufferspeichers. Die Umschaltung zwischen den Speicherschichten erfolgt mittels Umschaltventilen.
- Der Vorlauf der WP ist direkt auf den Vorlauf des Heizkreises zu führen. Die Anbindung der Raumheizzone des Pufferspeichers erfolgt mittels T-Stück.
- Alle Speicheranschlüsse im Bereich höherer Temperaturen werden zur Vermeidung ungewollter Zirkulation mit einem Wärmesiphon ausgestattet.

Raumheizung mit parallelem Pufferspeicher und Warmwasserspeicher

Systemeigenschaften und Einsatzempfehlungen:

- Sofern der Einsatz einer Wärmepumpe mit integriertem TWW-Speicher oder der Einsatz eines vom Hersteller abgestimmten modularen Systems geplant ist, kann diese Ausführung verwendet werden.
- Der Pufferspeicher ermöglicht für die Raumheizung eine zeitliche Entkopplung von Wärmezeugung und -nutzung. Dies ist z.B. zur Überbrückung von Sperrzeiten des Netzbetreibers und bei Abtauvorgängen von Luft-WP wichtig.
- Ein parallel eingebundener Pufferspeicher ermöglicht die hydraulische Entkopplung von Belade- und Heizkreis. So sind längere Laufzeiten von Wärmepumpen möglich, während deren Takte reduziert werden. In diesem Fall kann auf ein Überströmventil (hydraulischer Bypass des

Heizsystems) verzichtet werden. Für beide Kreise werden separate Pumpen benötigt.

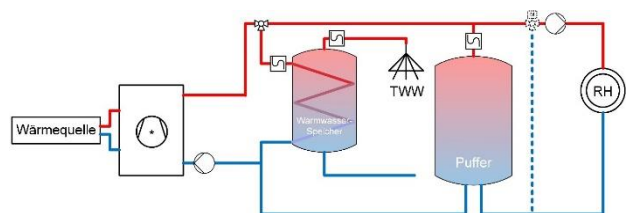


Abbildung 2: Hydraulikschema der Systemausführung 2 mit parallelem Pufferspeicher und Warmwasserspeicher. In der Abbildung sind aus Gründen der Übersichtlichkeit nur die für diesen Leitfadens relevanten Komponenten eingezeichnet. Gestrichelt eingezeichnete Komponenten sind optional.

Ausführungshinweise:

- Der WP-Vorlauf ist wie abgebildet direkt auf den Heizkreisvorlauf und nicht über den Pufferspeicher zu geführt, um Vermischungen zu vermeiden.
- Alle Speicheranschlüsse im Bereich höherer Temperaturen werden zur Vermeidung ungewollter Zirkulation mit einem Wärmesiphon ausgestattet.

Ausführungshinweise Warmwasserspeicher:

- Der Warmwasserspeicher sollte hydraulisch vor dem Pufferspeicher eingebunden sein, um eine ungewollte Erwärmung des Pufferspeichers auf unnötig hohe Temperaturen und damit einhergehende Effizienzverluste zu verhindern.
- Bei Warmwasserspeichern mit innenliegenden Wärmetauschern muss eine Wärmetauscherfläche von mindestens 0,4 m² pro kW Heizleistung haben.
- Alle Speicheranschlüsse im Bereich höherer Temperaturen werden zur Vermeidung ungewollter Zirkulation mit einem Wärmesiphon ausgestattet. Die Beladung für TWW und Raumwärme erfolgt getrennt in die jeweilige Schicht des Pufferspeichers. Die Umschaltung zwischen den Speicherschichten erfolgt mittels Umschaltventilen.
- Der Vorlauf der WP ist direkt auf den Vorlauf des Heizkreises zu führen. Die Anbindung der Raumheizzone des Pufferspeichers erfolgt mittels T-Stück.

Planung und Ausführung der Messtechnik

Was wird gemessen?

In diesem Kapitel werden die relevanten messtechnischen Größen beschrieben, die für eine stetige Betriebsüberwachung des Wärmepumpensystems zu erfassen sind. Darüber hinaus werden die Teilsysteme beschrieben, deren Betrieb stetig erfasst und überwacht werden muss, um eine hohe Effizienz des gesamten Wärmepumpensystems zu erreichen. Relevante messtechnische Größen für die Sicherstellung eines langfristig effizienten WP-Betriebs sind Energieströme und Energiebilanzen sowie Betriebstemperaturen. Zudem ist die automatisierte Messdatenerfassung und -übertragung zwecks Betriebsanalyse und -optimierung sicherzustellen. Im Anhang finden Spezifikationen zur Messtechnik und Datenübertragungstechnik.

Energieströme und Energiebilanzen

Das messtechnische Monitoring der Wärmepumpensysteme dient der langfristigen Sicherstellung der Betriebs-Effizienz und soll Optimierungen des Wärmepumpenbetriebs ermöglichen. Das Messkonzept ist so ausgelegt, dass sowohl die Bewertung der Wärmepumpe selbst als auch der gesamten Wärmeversorgung (Raumwärme- und Trinkwarmwasserbereitung) möglich ist. Hierzu werden die dem Wärmepumpensystem zugeführte Energie (hier Strom für die WP), die von der Wärmepumpe erzeugte Wärmeenergie und die Nutzenergie für Trinkwarmwasser und Raumheizung im Gebäude erfasst.

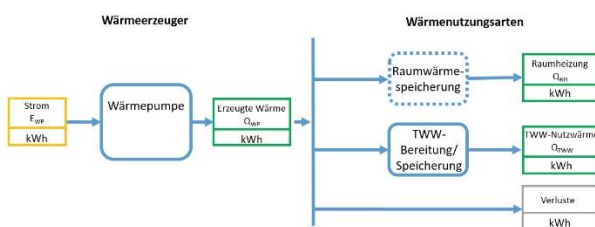


Abbildung 3: Schematische Darstellung zur Bilanzierung der Energieströme im Messkonzept. Zähler für elektrische Energie sind gelb, für Wärmeenergie in grün dargestellt. Die Verluste (grau) werden aus der Differenz der erzeugten Wärme und der abgegebenen Wärmemengen für Raumheizung und Warmwasser-Nutzen berechnet.

Betriebstemperaturen

Neben den Energieströmen werden auch das Betriebstemperaturniveau der Raumheizung und Trinkwarmwasserbereitung erfasst, da diese wesentlichen Einfluss auf die Effizienz der WP haben. Dies erleichtert die Identifizierung von möglichen Fehleinstellungen oder Fehlfunktionen sowie Optimierungen im Betrieb des Wärmeversorgungssystems.

Messdatenerfassung und Übertragung

Alle Messgrößen werden in einem Intervall von max. 5 Minuten erfasst. So kann das im Tagesverlauf dynamische Verhalten von Heizungssystemen erfasst werden. Die Daten aller Messgeräte werden dabei zunächst auf einem Gateway im Gebäude gesammelt. Die Messgeräte kommunizieren entweder per Funk (wireless M-Bus) oder Kabel (M-Bus) mit dem Gateway. Das Gateway sendet die Daten dann über eine Mobilfunkverbindung bzw. Internetverbindung des Gebäudeeigentümers an einen zentralen Datenbankserver. Hier werden die Daten analysiert und den Gebäudeeigentümern und Installateuren zur Verfügung gestellt.

Wo werden welche Messgeräte benötigt?

Die für einen effizienten Betrieb des gesamten Wärmepumpensystems relevanten Teilsysteme sind die Wärmepumpe selber, die Warmwasserbereitung, die Raumheizung sowie die Kühlung.

Wärmepumpe

Zur Messung der Effizienz der Wärmepumpe muss der eingesetzte Strom, die aus der Wärmequelle bezogene Energie (mit Ausnahme der Luft-WP) und die von der Wärmepumpe erzeugte Wärmeenergie gemessen werden. Es werden folgende Messgrößen erfasst:

- ▶ **Elektrische Energie und Leistung** werden mittels Stromzähler (3-phasig) erfasst und müssen den Strom für den Kompressor, die Steuerungselektronik der WP, die elektrische Nachheizung und Pumpe für Wärmequelle (bei Erdreich- oder Netzgekoppelten Systemen) aufnehmen.

- › *Thermische Energie, Leistung und Vor- und Rücklauftemperaturen* werden mittels Wärmemengenzähler (WMZ) erfasst und müssen die gesamte, von der Wärmepumpe und der elektrischen Nachheizung erzeugte Wärme erfassen.

Warmwasser

Da WMZ i.d.R. keine Zulassung für den Einsatz im Trinkwasser haben, erfolgt die Ermittlung der Nutzenergie im Trinkwarmwasserkreislauf einerseits durch Messung des *Warmwasservolumens* mittels Wasserzähler, andererseits durch zwei Temperaturfühler, die die *Temperaturen* in der Kaltwasserleitung und Warmwasserleitung (in Richtung Zapfstelle) erfassen.

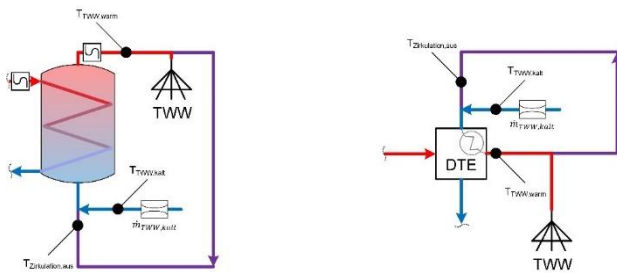


Abbildung 4: Anordnung der Wasserzähler und Temperatursensoren zur Bestimmung der Nutzenergie. Links: System mit Warmwasserspeicher und Zirkulationsleitung, rechts: System mit Frischwasserstation (DTE) und Zirkulationsleitung.

Raumheizung

Die *thermische Energie, Leistung und Vor- und Rücklauftemperaturen* für Raumwärmebereitstellung werden mittels Wärmemengenzähler gemessen. Der WMZ wird nach dem ggf. vorhandenen Pufferspeicher platziert, so dass Wärmeverluste des Speichers nicht der Raumheizenergie zugeordnet werden.

Kühlung

Wenn die Flächenheizung für die sommerliche Kühlung verwendet werden soll, sind Wärmemengenzähler, die neben der Raumheizenergie auch die *Kälteenergie* und *Kälteleistung* sowie zugehörige Temperaturen erfassen können, im Raumheizkreis einzusetzen.

Vorgehen zur schrittweisen Planung und Bestellung der Messtechnik

Da sich die Ausführungen der Wärmepumpensysteme stark unterscheiden können, ist es auf Grund baulicher Bedingungen ggf. nicht überall möglich, alle notwendigen Messgeräte zu installieren. Damit Sie als Planer bzw. Installateur des Wärmepumpensystems bestimmen können, wo welche Messgeräte verbaut werden, wird im Folgenden das allgemeine Vorgehen zur Planung und Ausführung der Messtechnik beschrieben.

Auswahl der Wärmepumpensystemausführung

Zunächst treffen Sie basierend auf den im obigen Abschnitt *Systemausführungen* aufgeführten Varianten eine Auswahl, welche Systemausführung im Gebäude realisiert werden soll. Auch andere Systemschaltungen sind möglich, haben aber unterschiedliche Nachteile. Für Rückfragen stehen Ihnen sowohl die KEAN als auch das ISFH zur Verfügung.

Bestimmung der Messtechnik

Um die Bestimmung der notwendigen Messtechnik zu erleichtern, finden Sie ab Anhang **Fehler!** **Verweisquelle konnte nicht gefunden werden.** für verschiedene Systemausführungen ein Messschema mit Positionierung der Sensoren. Zudem finden Sie dort eine Liste der notwendigen Messgeräte mit ihren technischen Anforderungen an die Kommunikationsschnittstelle. Sie müssen nun noch gemäß dem zu installierenden Heizsystem eine geeignete Dimensionierung der Messgeräte vornehmen. Hierzu müssen Sie die Bauform des jeweiligen Zählers und den zugehörigen Nenndurchfluss bestimmen. Dabei ist zu berücksichtigen, dass die Genauigkeit der eingesetzten Volumenmessteile in den WMZ steigt, wenn der tatsächliche Durchfluss sich dem Nenndurchfluss des WMZ annähert. Dies bedeutet, dass der WMZ nicht zu stark überdimensioniert werden sollte. Die Druckminderung durch den WMZ ist bei der Planung des Heizsystems zu berücksichtigen.

Bestellung der Messtechnik

Tragen Sie zunächst die ermittelten Bauformen der Zähler in das entsprechende Schema des Blattes „Messtechnik für Systemausführung...“ ein. Zudem können Sie für Ihre Unterlagen das Objektblatt (siehe Anhang) mit Angaben zum geplanten Heizsystem und Kontaktdaten ausfüllen.

Die Beschaffung der Messtechnik und Installation kann auf eine der beiden folgenden Weisen durchgeführt werden:

a) Messtechnik-Installation und Inbetriebnahme erfolgt durch Sie

Basierend auf dem Blatt „Messtechnik für Systemausführungen ...“ (siehe Anhang) können Sie die notwendigen Komponenten für die Messtechnik bestellen. Kontaktieren Sie zur Abstimmung der Bestellung das ISFH. Die technischen Anforderungen an die Messtechnik und das Gateway sind im Anhang definiert. Um die Auswahl der Geräte zu vereinfachen, finden Sie ebenso im Anhang eine Auswahl an Messgeräten, die diese Anforderungen erfüllen.

b) Messtechnik-Installation und Inbetriebnahme erfolgt durch Messdienstleister

In diesem Fall erfolgen die gesamte Installation sowie die Inbetriebnahme der Messtechnik durch einen Dienstleister. Die Beauftragung des Dienstleisters erfolgt durch den Gebäudeeigentümer. Hierzu händigen Sie dem Gebäudeeigentümer das ausgefüllte Blatt „Messtechnik für Systemausführung ...“ (siehe Anhang) aus, damit dieser die Beauftragung des Messdienstleisters durchführen kann. Der Gebäudeeigentümer kontaktiert zur Beauftragung eines Messdienstleisters das ISFH. Die technischen Anforderungen an den Dienstleister und die Messtechnik für das Betriebsmonitoring sind im Anhang definiert.

Installation und Inbetriebnahme

Statten Sie sowohl im Falle (a) als auch (b) bei Installation der Wärmepumpenanlage diese an den im Messschema eingezeichneten Positionen mit Absperrhähnen und Passstücken (entsprechend der zuvor definierten Bauform des Zählers) aus,

damit die Zähler einfach installiert bzw. getauscht werden können.

a) Messtechnik-Installation und Inbetriebnahme erfolgt durch Sie

Installieren Sie die notwendige Messtechnik an den Positionen wie im Blatt „Messtechnik für Systemausführung ...“ (siehe Anhang) dargestellt. Beachten Sie hierbei die Installationshinweise der Hersteller der Messtechnikkomponenten. Verbinden Sie anschließend die Messgeräte über die entsprechenden Kommunikationswege (M-Bus oder wireless M-Bus) mit dem Gateway gemäß Bedienungsanleitung des Gateways. Damit die Messdaten durch das Gateway an den Datenbankserver weitergeleitet werden können, muss das Gateway durch Sie entsprechend der Einrichtungshinweise mit individuellen Zugangsdaten, die Sie vom ISFH erhalten, konfiguriert werden.

Zur Dokumentation der Installation können Sie die **Fehler! Verweisquelle konnte nicht gefunden werden.** (Seite 3 des Anhangs) nutzen.

b) Messtechnik-Installation und Inbetriebnahme erfolgt durch Messdienstleister

In diesem Fall erfolgen der Einbau und die Inbetriebnahme der Messtechnik durch den Messdienstleister. Von Ihrer Seite sind nur die vorbereitenden Maßnahmen (Installation von Absperrhähnen und Passstücken) durchzuführen.

Anhang: Installationshinweise und Checklisten

- › Installationen
- › Messtechnik
- › Stromzähler
- › Objektblatt
- › Legende
- › Technische Anforderungen
- › Abbildungen 1-4 dieses Leitfadens

Impressum

Herausgeber:

Klimaschutz- und Energieagentur Niedersachsen
GmbH (KEAN) Osterstraße 60, 30159 Hannover
und
Institut für Solarenergieforschung (ISFH)
Am Ohrberg 1, 31860 Emmerthal

Autoren und Ansprechpartner:

Dr. Georg Schuchardt (KEAN)
Email: Georg.Schuchardt@klimaschutz-niedersachsen.de, Tel. +49 (0) 511 89 70 39 26
und
Dr. Tobias Ohrdes
Email: ohrdes@isfh.de, Tel. +49 (0) 5151 999 505

Mitwirkung

Landesvertretung der Handwerkskammern Niedersachsen

Fachverband Sanitär-, Heizungs-, Klima- und
Klempnertechnik Niedersachsen

Stand: April 2023