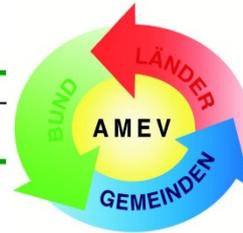




Bundesministerium
des Innern, für Bau
und Heimat

Arbeitskreis Maschinen-
und Elektrotechnik



staatlicher und kom-
munaler Verwaltungen

Wärmeversorgungsanlagen (WVA) - Teil 1: Planung und Bau 2021

**Hinweise zum Planen und Bauen
von Wärmeversorgungsanlagen
für öffentliche Gebäude**

Empfehlung Nr. 154

Stand: 04/2021

AMEV

Arbeitskreis Maschinen- und Elektrotechnik staatlicher und kommunaler Verwaltungen

Hinweise zum Planen und Bauen von Wärmeversorgungsanlagen für öffentliche Gebäude

(WVA – Teil 1: Planung/Bau 2021)

lfd. Nr.: 154
Aufgestellt und herausgegeben vom Arbeitskreis
Maschinen- und Elektrotechnik staatlicher
und kommunaler Verwaltungen (AMEV)
Berlin 2021

Geschäftsstelle des AMEV
im Bundesministerium
des Innern, für Bau und Heimat (BMI) Referat BW I 3
Krausenstraße 17, 10117 Berlin
Telefon: (030) 18 681 16860
Computerfax: (030) 18 681 516860
E-Mail: amev@bmi.bund.de

Der Inhalt dieser Empfehlung darf für eigene Zwecke vervielfältigt werden. Eine Verwendung in nicht vom AMEV herausgegebenen Medien wie z.B. Fachartikeln oder kostenpflichtigen Veröffentlichungen ist vor der Veröffentlichung mit der AMEV-Geschäftsstelle zu vereinbaren.

Informationen über Neuerscheinungen erhalten Sie unter <http://www.amev-online.de>
oder bei der AMEV-Geschäftsstelle

Inhaltsverzeichnis

Vorwort 7

1	Allgemeines	8
1.1	Anwendungsbereich	8
1.1.1	Grundsätze zur Planung und Ausführung von Wärmeversorgungsanlagen (WVA)	8
1.1.2	Integraler Ansatz	9
1.1.3	Energiekonzept	9
1.1.4	Nachhaltigkeit, Klimaschutz, Zertifizierungssysteme	12
1.1.5	Technische Anforderungen	15
1.1.6	Gesetzliche Anforderungen	17
2	Wärmeerzeugungsanlage (WEA)	19
2.1	Allgemeines	19
2.1.1	Gebäude / Raum	19
2.2	Energieträgerversorgung	22
2.2.1	Allgemeines	22
2.2.2	Heizölversorgung	22
2.2.3	Flüssige Biomasse	24
2.2.4	Erdgasversorgung	25
2.2.5	Pelletversorgung	26
2.2.6	Holzhackschnitzelversorgung	28
2.2.7	Biogas	30
2.2.8	Geothermie	31
2.2.9	Solarthermie	33
2.2.10	Umweltwärme	35
2.2.11	Abwärme	35
2.2.12	Nah-/Fernwärme	37
2.3	Wärmeerzeuger WEA	38
2.3.1	Allgemeines	38
2.3.2	Erfüllung GEG durch Nutzung von Erneuerbaren Energien	38
2.3.3	Auslegung Wärmeerzeuger als Neuerrichtung	38
2.3.4	Auslegung Wärmeerzeuger im Bestand	39
2.3.5	Auslegung Wärmeerzeuger für mehrere Gebäude	43
2.3.6	Fern- und Nahwärmeübergabestation	44
2.3.7	Niedertemperaturheizkessel	45
2.3.8	Brennwertkessel	45

2.3.9	Biomassekessel	47
2.3.10	Wärmepumpe	51
2.3.11	Kraft-Wärme-Kopplung (KWK)	56
2.3.12	Sonderformen der Wärmeerzeugung	61
2.4	Abgassystem	64
2.4.1	Allgemeines/Anforderung	64
2.5	Ascheentsorgung.....	66
2.6	Kondensatsystem	68
2.6.1	Allgemeines	68
2.7	Sicherheitstechnische Einrichtungen der Wärmeerzeugungsanlage.....	69
2.7.1	Allgemeines	69
2.7.2	Druckhaltesysteme	69
2.8	Wärmespeicher/-puffer	73
2.8.1	Allgemeines	73
2.8.2	Bauform	73
2.8.3	Wärmespeicher in der WEA	73
2.8.4	Wärmespeicher in der wärmetechnischen Hausstation (WH)	74
2.9	Wärmeverteilung	74
2.9.1	Allgemeines	74
2.9.2	Hydraulische Weiche	74
2.9.3	Netz- / Strangpumpenanlagen.....	75
2.10	Absperreinrichtungen	76
2.10.1	Entleerungs- und Entlüftungseinrichtungen	76
2.10.2	Strangabsperungen.....	76
2.10.3	Entlüftung, Entgasung und Reinhaltung von Heizwassersystemen.....	77
2.11	Heizwasseraufbereitung und Zuführung.....	78
2.11.1	Analyse.....	78
2.11.2	Aufbereitungsverfahren	79
3	Wärmeversorgungsnetz (WVN)	81
3.1	Allgemeines	81
3.2	Rohrleitungssysteme	81
3.3	Verlegeverfahren	83
3.4	Netzaufbau	83
3.5	Auslegung	83
3.6	WVN Feuchteerkennung / Lecküberwachung / Leckortung.....	83
4	Wärmetechnische Hausstation (WH)	85

4.1	Hausanschlussraum	85
4.2	Wärmeübergabestation	86
4.2.1	Allgemeines	86
4.2.2	Indirekte Ü-Station	86
4.2.3	Direkte Ü-Station	87
4.3	Wärmetechnische Heizkreise	87
4.3.1	Allgemeines	87
4.3.2	Ungeregelter Heizkreis	88
4.3.3	Geregelter Heizkreis	88
5	Hausanlage (HA)	91
5.1	Allgemeines	91
5.2	Wärmeverteilnetz	91
5.2.1	Rohrleitungen	92
5.2.2	Wärmedämmung von Rohrleitungen und Armaturen	92
5.3	Heizflächen (Nutzübergabeeinrichtungen)	93
5.3.1	Allgemeines	93
5.3.2	Auslegung von Raumheizflächen	93
5.3.3	Freie Heizflächen	93
5.3.4	Integrierte Heizflächen	94
5.3.5	Bauteilaktivierung	95
5.3.6	Rohrleitungszubehör, Anschlussarmaturen, Absperrorgane	95
5.4	Luftheizungsanlagen	96
5.4.1	Allgemeines	96
5.4.2	Ausführungsarten	97
5.4.3	Auslegung	97
5.5	Trinkwassererwärmungsanlagen	97
5.5.1	Allgemeines	97
5.5.2	Betriebsweisen der Trinkwassererwärmung	98
5.6	Pumpensystem	99
5.7	Hydraulischer Abgleich	100
6	Mess-/Steuer- und Regelungstechnik – Gebäudeautomation	101
6.1	Allgemeines	101
6.2	Anlagenautomation	101
6.3	Raumautomation	102
6.4	Wetterprognosegestützte Regelung	102
7	Energiemonitoring, -controlling	104

7.1	Allgemeines	104
8	Inbetriebnahme, Dokumentation, Abnahme, Übergabe	105
8.1	Inbetriebnahme	105
8.1.1	Definition	105
8.1.2	Inbetriebnahmevoraussetzungen	105
8.1.3	Inbetriebnahme im Inbetriebnahmemanagement (IBM)	106
8.1.4	Inbetriebnahmeterminplan	107
8.1.5	Inbetriebnahme im Fertigstellungsprozess	107
8.1.6	Durchführung der Inbetriebnahme	107
8.2	Dokumentation	112
8.3	Abnahme	113
8.4	Übergabe	114
8.4.1	Übergabe an den Maßnahmenträger	114
8.4.2	Übergabe an den Nutzer	114
8.4.3	Dokumentation der Übergabe	114
9	Anhang	115
9.1	Gesetze, Verordnungen und Regelwerke	115
9.1.1	Gesetz zur Einsparung von Energie und zur Nutzung erneuerbaren Energien zur Wärme- und Kälteerzeugung in Gebäuden (Gebäudeenergiegesetz – GEG)	115
9.1.2	Bundesimmissionsschutzgesetz (BImSchG)	115
9.1.3	Wasserhaushaltgesetz (WHG)	116
9.1.4	Technische Regeln für Betriebssicherheit (TRBS), Technische Regeln für Gefahrstoffe (TRGS), Technische Regeln brennbarer Flüssigkeiten (TRbF)	117
9.1.5	Muster-Feuerungsverordnung (MFeuVO)	117
9.1.6	Allgemeine Verwaltungsvorschrift zur Beschaffung energieeffizienter Leistungen (AVV-EnEff)	118
9.1.7	Bundesberggesetz (BbergG)	118
9.1.8	Gesetzliche Rahmenbedingungen bei KWK-Anlagen	119
9.2	Weiterführende Informationen	120
10	Mitarbeiterinnen und Mitarbeiter	121

Vorwort

Bei der Planung, dem Bau und dem Betrieb von Wärmeversorgungsanlagen müssen Aspekte der Wirtschaftlichkeit, Betriebssicherheit und Benutzerfreundlichkeit ebenso berücksichtigt werden wie die Vorgaben zur Luftreinhaltung und zum Klimaschutz. Ausgehend von den komplexen Anforderungen ist die Planung und Errichtung derartiger Anlagen sehr anspruchsvoll und setzt besondere Fachkenntnisse voraus.

Vor dem Hintergrund der aktuellen Klimaschutzziele haben die Aspekte der Luftreinhaltung bei Verbrennungsprozessen in Zusammenhang mit der Wärmeerzeugung eine besondere Bedeutung. Die technische Entwicklung in diesem Bereich sowie die vielfältigen gesetzlichen Vorgaben führen dazu, dass energieverbrauchende Geräte, Ausrüstungen und Anlagen (-komponenten) mit einer sehr hohen Energieeffizienz genutzt werden. Vor allem die Nutzung erneuerbarer Energien bei der Wärmeversorgung ist in den letzten Jahren stark vorangekommen. Verbunden ist diese Entwicklung mit teilweise deutlich höheren Investitionen gegenüber konventionellen Lösungen der früheren Jahre. Unter Berücksichtigung möglicher Einsparungen während der Lebensdauer der Anlagen sowie zugunsten einer auch zukünftigen lebens- und liebenswerten Umwelt ist der erhöhte Aufwand für eine energieeffiziente Technik und zur Nutzung erneuerbarer Energien nicht nur angemessen, sondern unumgänglich.

Die vorliegende, überarbeitete AMEV-Empfehlung Wärmeversorgungsanlagen Teil 1 Planung und Bau steht in der Tradition zu den vorangegangenen Empfehlungen. Sie bildet eine wichtige Arbeitsgrundlage bei der Planung und dem Bau von Wärmeversorgungsanlagen öffentlicher Gebäude. Auch zur Durchführung von Bauunterhaltungsaufgaben enthält die Empfehlung nützliche Informationen. Sie bietet einen umfassenden und ausführlichen Überblick über das Thema. Enthaltene Dimensionierungshilfen und weitere wichtige Querverweise zu relevanten technischen Regeln wie beispielsweise DIN oder VDI geben den Leserinnen und Lesern die Möglichkeit, praktisch nutzbare Ergebnisse zu erhalten und Kenntnisse zu Einzelthemen zu vertiefen.

Die WVA - Teil 1: Planung/Bau 2021 kann kostenfrei von der AMEV-Homepage (www.amev-online.de) heruntergeladen werden. Eventuelle Anregungen zum Inhalt der Empfehlung können an die AMEV-Geschäftsstelle eingereicht werden.

Die WVA - Teil 1: Planung/Bau 2021 ersetzt die AMEV-Empfehlung „*AMEV-Empfehlung Heizanlagenbau 2016*“.

Berlin, April 2021

Walter Arnold
Vorsitzender des AMEV

Klaus Aldehoff
Obmann des Arbeitskreises

1 Allgemeines

1.1 Anwendungsbereich

Diese Hinweise sind anwendbar für alle Neu-, Um- und Erweiterungsbauten, sowie im möglichen Umfang bei Bauunterhaltungsarbeiten in Liegenschaften der öffentlichen Verwaltung.

Bei Modernisierungen ist die VDI 3811¹ zu berücksichtigen.

Bei der Planung und Ausführung von Wärmeversorgungsanlagen der Bundeswehr ist die Musterplanung Wärmeversorgung der Bundeswehr (MPL Wärme – www.mplwaerme.de) anzuwenden. Partielle Grundzüge dieser AMEV-Empfehlung Wärmeversorgungsanlagen – Teil 1: Planung und Bau wurden in Anlehnung an die MPL Wärme erstellt.

1.1.1 Grundsätze zur Planung und Ausführung von Wärmeversorgungsanlagen (WVA)

Heiz- und Trinkwassererwärmungsanlagen sind unter wirtschaftlichen Gesichtspunkten nach einer sparsamen, umweltschonenden und nachhaltigen Energie- und Ressourcennutzung zu errichten und zu betreiben. Sie müssen u. a. denen in verschiedenen rechtlichen Regelungen enthaltenen Unfallverhütungs- und Arbeitsschutzvorschriften entsprechen².

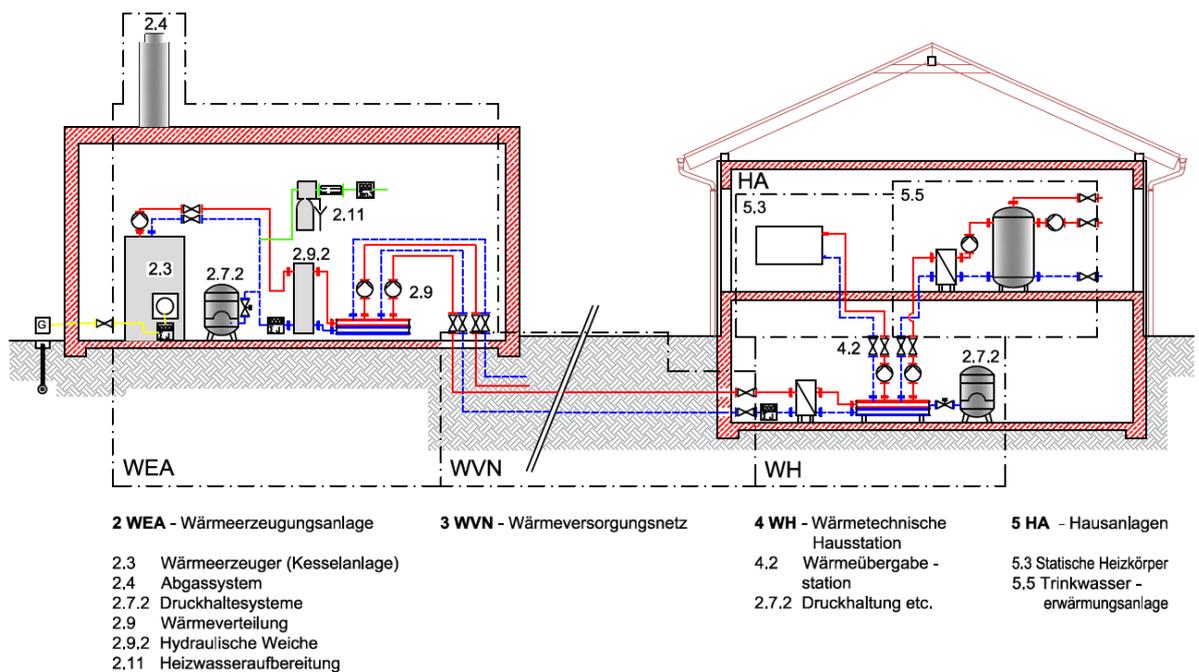


Abbildung 1: Schematische Darstellung einer Wärmeversorgungsanlage mit Systemgrenzen (Nummerierung gemäß Empfehlung)

Die schematische Darstellung einer Wärmeversorgungsanlage mit Systemgrenzen ist in Abbildung 1 dargestellt. Bei dezentralen Anlagen entfällt

¹ VDI 3811:2016-07 Modernisierung heiztechnischer Anlagen

² Als besonders relevante Beispiele sind die Unfallverhütungsvorschriften nach § 15 SGB VII, DGUV, ArbSchG zu nennen.

das Wärmeversorgungsnetz; die Wärmeerzeugungsanlage wird in unmittelbarer Nähe der wärmetechnischen Hausstation errichtet.

1.1.2 Integraler Ansatz

Die Nutzungskosten von Gebäuden betragen in der Regel, hochgerechnet auf den Lebenszyklus, ein Mehrfaches der Investitionskosten. Wesentlicher Bestandteil der Nutzungskosten sind die Energiekosten.

Bei allen Baumaßnahmen ist der Gesamtenergiebedarf unter Beachtung des Grundsatzes der Wirtschaftlichkeit und der Sparsamkeit mit baulichen, architektonischen und anlagentechnischen sowie organisatorischen Maßnahmen zu optimieren.

Energierrelevant sind vor allem die Entscheidungen über:

- den Standort,
- die Kompaktheit des Gebäudes (A/V-Verhältnis),
- die Ausrichtung der Gebäudelängsseiten,
- die Dachneigungsrichtung,
- die Anteile der Fenster- und Fassadenflächen sowie
- die Anordnung der Räume mit ähnlichen klimatischen und technischen Anforderungen.
- die Bereitstellung von Trinkwarmwasser (PWH - potable water hot) für den Nutzer

Diese baulichen Festlegungen können während späterer Planungsphasen und im Betrieb nicht mehr korrigiert werden und müssen daher bei der Konzeptentwicklung besonders beachtet und im Sinne einer integralen Planung fachübergreifend optimiert werden. Qualitative Hinweise dazu enthält der vom Bundesbauministerium herausgegebene Leitfaden Nachhaltiges Bauen.

Weitere Informationen sind auf <http://www.nachhaltigesbauen.de> zu finden.

Bei Planungswettbewerben steht neben der ästhetischen, funktionalen und soziokulturellen auch die technische, wirtschaftliche und ökologische Qualität der Neubauten zunehmend im Fokus. Mit den Richtlinien für Planungswettbewerbe (RPW 2013) und der SNAP-Broschüre (Systematik für Nachhaltigkeitsanforderungen in Planungswettbewerben) hat das Bundesbauministerium im Jahr 2013 zwei wichtige Regelungen für Planungswettbewerbe veröffentlicht. Weitere Informationen des AMEV ist in der Arbeitshilfe:

- Energie und Kosten in Wettbewerben 2014 - Energiebedarf und Lebenszykluskosten in Planungswettbewerben für öffentliche Gebäude

zu finden.

1.1.3 Energiekonzept

Die Erstellung von Energiekonzepten sollte von Größe, Art der Nutzung (Bauwerkzuordnungskatalog BWZK) und technischer Ausstattung abhängig sein. Sie sollten ganzheitlich erstellt werden und den Wärme- Kälte- und

Strombedarf (WKS) (Arbeit und Leistung), die Bauphysik sowie die Nutzung beinhalten.

Für jede Liegenschaft bzw. für jedes große (Dienstleistungs-) Gebäude (über 500 m² NF) sollte ein Energiekonzept aufgestellt werden. Nur auf dieser Grundlage kann beurteilt werden, welche Maßnahmen an den Wärmeversorgungsanlagen und den Gebäuden notwendig und wirtschaftlich sinnvoll umgesetzt werden können. Bei Vorliegen des Energiekonzeptes kann bei einem Austausch einer Anlage die richtige Entscheidung für eine Erneuerung bezüglich Anlagen- und Energieträgerart getroffen werden. So werden unwirtschaftliche Entscheidungen vermieden.

In einem Energiekonzept für Bestandsliegenschaften sind folgende Inhalte zu bearbeiten:

1. Bestandserfassung des energetischen Zustandes
 - Grundlegende Angaben wie Anlagenart, Leistung, Baujahr, Gebäudeanzahl, Fläche
 - Angaben zur Gebäudehülle, Baulicher Wärmeschutz
 - Angaben zu den Wärme-, Kälte- und Stromanlagen: Erzeugung, Verteilung, Übergabe, Verbraucher
 - Wärme-, Kälte-, Stromverbrauch und Kosten
 - Emissionen, die durch die WKS-Anlage verursacht werden, insbesondere von Treibhausgasen
2. Analyse und Bewertung des Bestandes
 - Ermittlung des tages- und jahreszeitlichen Verlaufs der Heiz-, Kühl- und Stromlasten und Bestimmung der Maximallasten
 - Bewerten der WKS-Anlagen, der Bausubstanz (Lebensdauer, Zustand, Effizienz) und der Bauphysik
 - Bewerten des Wärme-, Kälte- und Stromverbrauches und der Kosten zu Referenzwerten
 - Bewertung der durch die WKS-Anlagen verursachten Emissionen
3. Sanierungsvarianten
 - Entwickeln von Varianten zur energetischen Sanierung der WVA und der Bausubstanz
 - Berücksichtigung aller öffentlichen und nichtöffentlichen Energieträger und Versorgungsoptionen
 - Berücksichtigung der vorhandenen Netze und WKS-Verbrauchssysteme, ggf. Bestimmung von Optimierungsstrategien
 - Berücksichtigung der Anforderungen der Nutzung und des Betriebes (z. B. Störungsanfälligkeit, Betriebssicherheit, Bedienfähigkeit durch den Nutzer)
 - Einschätzung und Bewertung der Sanierungsvarianten hinsichtlich ihrer Sinnhaftigkeit und Umsetzbarkeit, Festlegung der weiter zu verfolgenden Varianten
4. Berechnungen zu WKS-Anlagen, Energieträgern und Gebäudehüllen für festzulegende Varianten
 - Festlegung der zu berechnenden Kennzahlen und Daten von

- Nutz-, End-, Primärenergiebedarf
 - WKS-Lasten und Leistungen
 - Energie-, Betriebs-, Nutzungs- und Vollkosten, (Berücksichtigung von Wartung, Bedienung, Prüfung, Instandhaltung, nutzungsrelevanten Kriterien z. B. Störungsanfälligkeit, Bedienungsfreundlichkeit)
 - Treibhausgasemissionen (CO₂, CH₄, u. a.)
 - des ökonomischen und ökologischen WKS-Einsparpotentials der aus den Sanierungsvarianten hervorgegangenen Maßnahmen
 - des Investitionsbedarfs für die festgelegten Varianten
 - der Wirtschaftlichkeit der festgelegten Varianten
5. Maßnahmenvorschläge mit Priorisierung
 - Bewertung der Varianten auf der Grundlage der berechneten Berechnungen gemäß vorherigem Punkt 4.
 - Beschreibung von Vor- und Nachteilen und Risiken
 - Priorisierung der Varianten
 6. Festlegung einer oder mehrerer Vorzugsvariante(n)
 7. Fortschreibung Energiekonzept
 - Das Energiekonzept ist mit den umgesetzten Maßnahmen zu aktualisieren, um dieses aktuell und einsatzfähig zu halten

Die vorstehenden Anforderungen an ein Energiekonzept für Bestandsliegenschaften können sinngemäß auch auf Neubauprojekte angewendet werden.

1.1.3.1 Energiekonzept in Neubauprojekten

Energiekonzepte bei Neubauten sind ein Instrument, um die Frage der wirtschaftlichen, energieeffizienten, ökologischen und an der Nutzung orientierten Energieerzeugung, -bereitstellung und -verwendung frühzeitig und strukturiert zu lösen, in die Planung einfließen zu lassen und faktenbasiert zu entscheiden. Unter dem Gesichtspunkt der steigenden öffentlichen Beobachtung der wirtschaftlichen und ökologischen Energieverwendung hat dies eine zunehmende Bedeutung.

Energiekonzepte sollten immer ganzheitlich und ergebnisoffen angelegt werden, um die Einflüsse der Energieerzeugung, der Energieverwendung und -nutzung und des bauphysikalischen, architektonischen und funktionalen Entwurfes einfließen lassen und optimieren zu können.

Die Methodik bei der Erstellung von Energiekonzepten für Neubauten entspricht der bei Bestandsbauten, siehe 1.1.3. Sie sollten bis zum Ende der HOAI-Leistungsphase 2 abgeschlossen sein, da bis dahin alle relevanten Entscheidungen über die Energiebereitstellung, -erzeugung und -verwendung sowie über die funktionale, bauphysikalische und Nutzungsplanung getroffen werden müssen. Das Energiekonzept ist dabei eine besondere Leistung nach HOAI und nicht in den Grundleistungen enthalten. Die Last- und Bedarfsermittlung erfolgt bei Neubauten jedoch aufgrund der Planung.

Die Energiekonzepte sind daher iterativ in kontinuierlicher Abstimmung mit der architektonischen, funktionalen und bauphysikalischen Planung, der TGA-Planung und der Nutzung zu entwickeln.

1.1.3.2 Wirtschaftlichkeit / Lebenszykluskosten (LZK)

Die Wirtschaftlichkeit bzw. Lebenszykluskosten einer WVA haben sich an den o. g. Grundsätzen auszurichten.

Im Sinne der Energieeffizienz ist insbesondere in Betracht zu ziehen:

- Nutzung von Abwärme
- Einsatz von Energierückgewinnungssystemen
- Nutzung von Solarthermie
- Einsatz von Brennwerttechnik
- Nutzung von Biomasse/-gas
- Einsatz von Kraft-Wärme-Kopplung
- Einsatz von Wärmepumpen
- Nutzung der Geothermie

Für die Mehrzahl der genannten Systeme gilt, dass die mögliche Energieeffizienz umso höher ist, je niedriger die Systemtemperatur der nachgeschalteten Anlagen ist.

Sofern hohe Systemtemperaturen erforderlich sind, ist zu prüfen, ob die Wärmeabnehmer durch eigene ggf. dezentrale WVA wirtschaftlicher versorgt werden können.

1.1.3.3 Wartung, Inspektion, kleine Instandsetzungsarbeiten

Wärmeversorgungsanlagen bedürfen einer regelmäßigen Inspektion und Wartung. Für die effiziente Durchführung der Maßnahmen ist ein ungehinderter Zutritt, ausreichender Platz sowie ein wartungsfreundlicher Aufbau der Anlagen erforderlich.

Bezüglich der Wartung an Heizungsanlagen wird auf die aktuelle AMEV-Empfehlung „Wartung“, welche die Thematik „Wartung, Inspektion und die damit verbundenen kleinen Instandsetzungsarbeiten von technischen Anlagen und Einrichtungen in öffentlichen Gebäuden“ umfänglich behandelt, verwiesen.

1.1.3.4 Betrieb

Hinweise zum wirtschaftlichen und sachgemäßen Betrieb sind der aktuellen AMEV-Empfehlung „Heizbetrieb“ zu entnehmen.

1.1.4 Nachhaltigkeit, Klimaschutz, Zertifizierungssysteme

1.1.4.1 Allgemeines

Nachhaltigkeitsaspekte, Zertifizierungssysteme, CO₂-Reduzierung und Klimaschutz bekommen bei Baumaßnahmen eine zunehmende Bedeutung. Den Wärmeversorgungsanlagen kommt in diesem Zusammenhang eine wichtige Rolle zu, da mit ihnen unabhängig vom Energiebedarf durch die Art der Wärmeerzeugung, den eingesetzten Brennstoff und das

Wärmeerzeugungssystem der Energieverbrauch und die CO₂-Emissionen und damit der Klimaschutz in erheblichem Maße beeinflusst werden können.

1.1.4.2 Nachhaltigkeit, Klimaschutz

Nachhaltigkeit wird in vielen Zusammenhängen verwendet ist aber im Zusammenhang mit Baumaßnahmen und Wärmeversorgungsanlagen ein unbestimmter Begriff. Gleichwohl findet er sich in einer Vielzahl von Regelwerken und Dokumenten wieder und wird nicht zuletzt für Marketingzwecke gern und vielfach eingesetzt.

Allgemein können Nachhaltigkeits-Betrachtungen als das Bestreben und der Versuch definiert werden, die langfristigen Auswirkungen auf die natürlichen Grundlagen zu ermitteln und zu reduzieren.

Bei Wärmeversorgungsanlagen sind folgende wesentliche Kriterien zu beachten:

- a) Verwendung von Primärenergie, insbesondere von fossilen Brennstoffen
Durch die Auswahl des Brennstoffes kann der Primärenergiebedarf und der Ausstoß von CO₂ und anderen klimaschädlichen Gasen maßgeblich beeinflusst werden. Alle fossilen Brennstoffe (Erdgas, Erdöl, Braun- und Steinkohle) setzen bei ihrer Verbrennung in erheblichem Umfang CO₂ frei. Den geringsten Ausstoß hat dabei Erdgas, gefolgt von Erdöl. Braun- und Steinkohle spielen bei Wärmeerzeugungsanlagen von Gebäuden praktisch keine Rolle mehr. Atomenergie zählt ebenfalls zu den Primärenergieträgern, ohne jedoch bei der Nutzung CO₂ zu emittieren.
- b) Verwendung von regenerativen Brennstoffen
Zu den regenerativen Brennstoffen zählen Biogas und natürliche Festbrennstoffe, insbesondere Holzpellets, Holzhackschnitzel und Holzsplit. Wird Biogas im Rahmen von vertraglichen Liefervereinbarungen als leitungsgebundener Energieträger verwendet, handelt es sich um eine rechnerisch-bilanzielle Berücksichtigung, da es sich bei dem Brennstoff um ein Gemisch mit Erdgas handelt.
- c) Effizienz der Energieerzeugung
Der Effizienz der Energieerzeugung kommt im Zusammenhang mit Nachhaltigkeitsaspekten eine besondere Bedeutung zu. Dafür ist eine ganzheitliche Betrachtung aller Energieströme (Wärme, Kälte, Strom), ihrer Ursachen und der Möglichkeiten zu ihrer Deckung in einem Gebäude oder einer Liegenschaft erforderlich. Nur auf diese Weise können Optimierungspotenziale identifiziert werden.

Insbesondere bei Neubauten ist der Heizwärmebedarf im Verhältnis zum Kälte- und Strombedarf häufig gering. Dies ist bei den Möglichkeiten zur Effizienzsteigerung zu beachten. Häufig sind Kraft-Wärme-Kopplungsanlagen effizienzsteigernd und wirtschaftlich. Bei gleichzeitigem Kältebedarf kann die Effizienz durch Kälte-durch-Wärme-Systeme, z. B. die Verwendung der Wärme eines BHKWs zur Kälteerzeugung mittels Absorptions-Kältemaschinen weiter gesteigert werden.

Die Systemtemperaturen der Wärmeversorgungssysteme sollten möglichst niedrig sein, die Kältesystemtemperaturen möglichst hoch. Dadurch wird die Einbindung von effizienzsteigernden regenerativen Energieerzeugungssystemen erleichtert.

Der Nachweis der effizienten und nachhaltigen Energieverwendung kann über ein Energiekonzept geführt werden. Dies ist vor allem dann notwendig, wenn Nachhaltigkeits-Zertifizierungssysteme angewendet werden.

- d) Recyclbarkeit, Vermeidung von Verbundmaterialien, Reduzierung des Abfallaufkommens
Ein weiterer wesentlicher Nachhaltigkeits-Aspekt ist die Frage der Recyclbarkeit. WKS-Systeme werden weitgehend aus metallischen Werkstoffen gefertigt, die grundsätzlich recycelbar sind. Beim Bau der Anlagen ist darauf zu achten, dass die Komponenten vollständig demontierbar sind. Schadstoffe, z. B. in Dämmmaterialien, sind zu vermeiden.
Verbundmaterialien z. B. in Rohren, sollten möglichst vermieden werden.

1.1.4.3 Zertifizierungssysteme

Auf größere Baumaßnahmen werden zunehmend Zertifizierungssysteme für Nachhaltigkeit oder den Energieverbrauch angewendet. Neben hauptsächlich in Deutschland angewendeten Zertifizierungssystemen gibt es noch viele international operierende Systeme.

Deutsche Gesellschaft für Nachhaltiges Bauen e.V. (DGNB)

Die DGNB wurde 2007 gegründet. Die Mitglieder sind im wesentlichen Unternehmen, die in der Planung und Ausführung von Baumaßnahmen und in der Herstellung von Baustoffen und –produkten tätig sind. Die Systematik der Bewertung basiert auf Kriterien-Steckbriefen, die jeweils für einen oder mehrere Nachhaltigkeitsaspekte Anleitungen zur deren Abbildung beinhalten. Soll eine Zertifizierung nach DGNB erfolgen, muss die Entscheidung dafür schon in den ersten Phasen der Projektentwicklung erfolgen.

Die Zertifizierung muss über zugelassenen Auditoren erfolgen und ist kostenpflichtig.

WKS-Anlagen spielen hier eine indirekte eine Rolle, da sie die mit dem Bau und der Nutzung eines Gebäudes verbundenen Treibhausgas-Emissionen maßgeblich beeinflussen und insofern eine Bedeutung in Bezug auf die Nachhaltigkeit haben.

WKS-Anlagen können mit dem DGNB jedoch nicht eigenständig zertifiziert werden. Sie sind immer im Zusammenhang mit den anderen Kriterien der Nachhaltigkeit zu sehen und können nur einen Teilaspekt der Nachhaltigkeit liefern.

Bewertungssystem nachhaltiges Bauen BNB

Dieses System wurde vom Bundesbauministerium in kooperativer Zusammenarbeit mit der Deutschen Gesellschaft für Nachhaltiges Bauen e. V.

(DGNB) zur ganzheitlichen Betrachtung und Bewertung von Nachhaltigkeitsaspekten für Gebäude entwickelt. Es ist für Baumaßnahmen des Bundes konzipiert und anzuwenden.

Die Systematik des BNB ist der des DGNB ähnlich. Auch hier kann ein Zertifizierungsprozess erfolgen.

Auch im BNB können WKS-Anlagen nicht eigenständig zertifiziert werden.

Passivhaus-Standard

Hierbei handelt es sich um einen energetischen Standard, mit dem der Energiebedarf eines Gebäudes bewertet wird. Er wurde vom 1996 gegründeten Passivhaus-Institut entwickelt.

Eine Zertifizierung erfolgt kostenpflichtig über das Passivhausinstitut.

Die WKS-Anlage eines Gebäudes sind auch hier nicht eigenständig bewert- und zertifizierbar. Da der Standard jedoch primär auf den Energiebedarf abzielt, spielen die WKS-Anlagen eine wichtige Rolle.

1.1.4.4 International sind z. B. LEED Green Building und BREEAM als Zertifizierungssysteme für die Nachhaltigkeit und den Energieverbrauch von Gebäude etabliert und finden Anwendung.

1.1.5 Technische Anforderungen

Die Wärmeversorgung von Gebäuden innerhalb einer Liegenschaft sowie für ggf. angrenzende Liegenschaften sollte zentral vorgenommen werden, sofern nicht im Einzelfall eine dezentrale Versorgung wirtschaftlicher ist. Dies kann z. B. für die Versorgung von Verbrauchern kleiner Leistung, die mit höheren Temperaturen als das Wärmeversorgungsnetz betrieben werden müssen, (Küche, Wäscherei etc.) gelten.

Es ist aus wirtschaftlicher und energietechnischer Sicht für die gesamte Liegenschaft auch zu prüfen, ob außerhalb der Heizperiode die Wärmeerzeugungsanlage und das Wärmeversorgungsnetz in Betrieb gehalten werden müssen oder ob nicht für besondere Nutzungen eine gesonderte örtliche Wärmeerzeugung vorgesehen werden sollte.

Wärme darf nur mit dem Temperaturniveau und in der Druckstufe erzeugt werden, in der sie benötigt wird. Als Wärmeträger wird üblicherweise Wasser verwendet.

Der Anschluss an ein Fern-/Nahwärmeverorgungsnetz ist bei gleicher Wirtschaftlichkeit einer eigenen Wärmeerzeugung vorzuziehen. Um einer späteren Umnutzung des Gebäudes Rechnung zu tragen (Gedanke des nachhaltigen Bauens), sollten die Betriebsräume ausreichend für eine eigenversorgte Anlage dimensioniert werden. Diese zusätzlichen Flächen können zwischenzeitlich anderweitig für den Betrieb des Gebäudes genutzt werden.

1.1.5.1 Monitoring / Zählerkonzept

Grundvoraussetzung für den Aufbau eines Energiecontrollings in einer Liegenschaft ist ein Energiemonitoring (siehe Kapitel 7) mit einer geeigneten Zählerstruktur. Im Rahmen der Planung einer Zählerstruktur ist ein Zählerkonzept zu erarbeiten.

Aus dem Zählerkonzept muss eindeutig hervorgehen, welche Energieströme für welche Gebäude, Gebäudeteile, Räume oder technischen Anlagen gemessen werden. Weitere allgemeine Informationen sind der aktuellen AMEV-Empfehlung „Hinweise zum Energiemanagement in öffentlichen Gebäuden“ zu entnehmen.

Im Rahmen einer objektbezogenen Planung ist die Umsetzung der vorstehend genannten AMEV-Empfehlungen zu prüfen.

1.1.5.2 Werkstoffe, Bauteile

Stoffe und Bauteile sowie Konstruktionen müssen den Bestimmungen der VOB/C – DIN 18380³ Abschnitt 2 entsprechen.

Soweit Stoffe und Bauteile sowie Konstruktionen nicht den Bestimmungen der VOB/C - DIN 18380³ Abschnitt 2, aber den anerkannten Regeln der Technik entsprechen, also in der Praxis bereits bewährt und anerkannt sind, bedarf es eines bestätigenden Gutachtens eines Materialprüfungsamtes bzw. einer vergleichbaren Einrichtung oder eines öffentlich bestellten und möglichst vereidigten Sachverständigen.

Die Verwendung von noch nicht in der Praxis im Sinne der anerkannten Regeln der Technik bereits bewährten und anerkannten Stoffen und Bauteilen sowie Konstruktionen darf nur dann zugelassen werden, wenn diese gegenüber denen, die den Bestimmungen der VOB/C-DIN 18380³ Abschnitt 2 bzw. den anerkannten Regeln der Technik entsprechen, erhebliche Vorteile erwarten lassen und eine ausreichende Erprobung aus besonderen Gründen nicht abgewartet werden kann. Vor Einsatz solcher Stoffe, Bauteile und Konstruktionen ist vom Bieter/Auftragnehmer die Vorlage eines Gutachtens eines öffentlich bestellten und möglichst vereidigten Sachverständigen oder eines Materialprüfungsamtes bzw. einer vergleichbaren Einrichtung über den dauerhaften und sicheren Gebrauchswert des jeweiligen Stoffes, Bauteils oder der Konstruktion zu fordern.

Um die Beständigkeit der Wärmeversorgungsanlage gegen innere Korrosion zu erhöhen, sollten möglichst wenig unterschiedliche und untereinander verträgliche Materialien verwendet werden. Hierzu liefert die Richtlinie VDI 2035 Blatt 2⁴ weitere Informationen.

Rohrleitungen, Armaturen, Apparate und Messstellen sind für einen sicheren und wirtschaftlichen Betrieb fach- und sachgerecht zu kennzeichnen.

³ DIN 18380:2019-09 VOB Vergabe- und Vertragsordnung für Bauleistungen - Teil C: Allgemeine Technische Vertragsbedingungen für Bauleistungen (ATV) - Heizanlagen und zentrale Wassererwärmungsanlagen

⁴ VDI 2035 Blatt 2:2009-08 Vermeidung von Schäden in Warmwasser-Heizungsanlagen – Wasserseitige Korrosion

Die Kennzeichnung von Absperr- und Reguliereinrichtungen muss gewerkeübergreifende einheitliche Bezeichnungen für Gebäude, Gebäudeteile, Anlagen, Heizkreise, Zonen und Stränge enthalten.

Über die richtige Kennzeichnung von Verrohrungen liefert die DIN 2403⁵ entsprechende Hinweise.

In ungehindert zugänglichen Bereichen sind für Armaturen und sonstige technische Einrichtungen ein angemessener Diebstahl- und Bedienschutz sicherzustellen.

1.1.6 Gesetzliche Anforderungen

Die Errichtung, Änderung oder Beseitigung von Anlagen der technischen Gebäudeausrüstung (Wärmeerzeugungsanlagen), ausgenommen freistehende Abgasanlagen mit einer Höhe von mehr als 10 m sind nach § 61 MBO verfahrensfrei. § 42 MBO regelt die baulichen Anforderungen an die Herrichtung und den Betrieb der Anlagen. Länderspezifische Bauordnungen sind zu berücksichtigen, da es Abweichungen zur MBO geben kann.

Losgelöst von den bauordnungsrechtlichen Anforderungen können die Errichtung und der Betrieb und damit auch die Änderung von Feuerungsanlagen (z. B. auf Liegenschaften der Bundeswehr) genehmigungspflichtig sein. Das gilt insbesondere dann, wenn Grenzwerte nach der 1. und 4. sowie der 44. Bundesimmissionsschutzverordnung (BlmschV) erreicht bzw. überschritten werden. Hier greifen dann die Regelungen nach:

- dem Bundesimmissionsschutzgesetz (BlmschG), Bundesimmissionsschutzverordnungen (BlmschV) siehe 9.1.2
- den Landesimmissionsschutzgesetzen (LmschG) und

Weiterhin können auch noch länderspezifische Regelungen gelten, wie z. B. in Nordrhein-Westfalen die Zuständigkeitsverordnung Umweltschutz NRW⁶ oder in Baden-Württemberg die Immissionsschutz-Zuständigkeitsverordnung⁷.

Bei Anlagen, die nur mit einem Energieträger und nicht mit mehreren Energieträgern (Mischfeuerungen) gleichzeitig betrieben werden können, gibt es hinsichtlich der Genehmigungsbedürftigkeit nur einen (Leistungs-) Grenzwert, der in der 4. BlmschV⁸ festgelegt ist.

Können in einer Wärmeerzeugungsanlage aber mehrere Energieträger (Mischfeuerungen bzw. Mehrstofffeuerungen) nebeneinander und damit kumulativ betrieben werden, kann dieser Umstand zur Genehmigungsbedürftigkeit nach der 4. BlmschV⁸ führen. In dieser „Gesamt“-Anlage, die aus mehreren jeweils für sich nicht genehmigungsbedürftigen Einzelanlagen zur Erzeugung von Strom oder Warmwasser besteht, müssen die Feuerungswärmeleistungen (FWL) der Einzelanlagen anteilig zu ihrer

⁵ DIN 2403:2018-10 Kennzeichnung von Rohrleitungen nach dem Durchflussstoff

⁶ Zuständigkeitsverordnung Umweltschutz NRW (ZustVU NRW) vom 03.02.2015)

⁷ Immissionsschutz-Zuständigkeitsverordnung (ImSchZuVO) vom 11.05.2010)

⁸ Vierte Verordnung zur Durchführung des Bundesimmissionsschutzgesetzes (Verordnung über genehmigungsbedürftige Anlagen - 4. BlmschV)

jeweiligen Genehmigungsgrenze (Schwelle) betrachtet werden. Eine Beispielrechnung ist in Abbildung 2 dargestellt.

Beispiel:

1 Gas/HEL Kessel mit einer FWL von 6,05 MW, 1 Gas/HEL Kessel mit einer FWL von 3,85 MW, 1 Pellet Kessel mit einer FWL von 900 KW und 1 BHKW von 670 KW

$$I_{Gesamt} = \sum_{i=1}^n (I_{FWL i} / I_{Schwelle i})$$

n = Anzahl der Aggregate; hier i = 4

$$I_{Gesamt} = I_{FWL1} / I_{Schwelle1} + I_{FWL2} / I_{Schwelle2} + I_{FWL3} / I_{Schwelle3} + I_{FWL4} / I_{Schwelle4}$$

$$= 6,05/20 + 3,85/20 + 0,9/1 + 0,67/1 = 2,065 \quad (\text{Summe } \geq 1)$$

Abbildung 2: Berechnungsbeispiel Wärmeerzeugungsanlagen mit mehreren Energieträgern

Erreicht bzw. überschreitet der so berechnete Wert die Schwelle von 1, so ist die Gesamtanlage genehmigungsbedürftig und es ist ein Genehmigungsverfahren nach der 4. BImSchV⁸ durchzuführen.

Diese „Quotienten“- Regelung wurde in der 108. Sitzung des Länderausschusses für Immissionsschutz (LAI) am 21.09.2004 festgelegt.

Zuständig für solche Genehmigungsverfahren nach dem BImSchG⁹ und den weiteren gesetzlichen Regelungen sind nach Art. 84 GG die jeweiligen Bundesländer, die zu dem im BImSchG⁹ geregelten Genehmigungsverfahren durch ihre jeweiligen Landesgesetze und Landesverordnungen die Einrichtung der hierfür zuständigen Behörden bestimmen. In den Bundesländern bestehen gegebenenfalls hierzu Regelungen in den Zuständigkeitsverordnungen zum Umweltschutz.

Entsprechend sind die Genehmigungsanträge nach dem BImSchG⁹ an die nach Landesrecht zuständigen Landesbehörden zu richten. Beispielsweise sind die Umweltschutzbehörden in NRW wie folgt gegliedert:

- das für Umwelt zuständige Ministerium als oberste Umweltschutzbehörde,
- die Bezirksregierungen,
- die Kreise und kreisfreien Städte als untere Umweltschutzbehörden.

Für den Vollzug können weitere Behörden nach Maßgaben des jeweiligen Landesrechts zuständig sein.

Die unteren Umweltschutzbehörden sind sachlich zuständig, soweit nichts Anderes im jeweiligen Bundesland bestimmt ist.

⁹ Gesetz zum Schutz vor schädlichen Umwelteinwirkungen durch Luftverunreinigungen, Geräusche, Erschütterungen und ähnliche Vorgänge (Bundes-Immissionsschutzgesetz - BImSchG)

ErP-Richtlinie

Die ErP-Richtlinie¹⁰ oder Ökodesign-Richtlinie legt Anforderungen an die umweltgerechte Gestaltung (Verringerung des Energieverbrauchs und der Emission von Treibhausgasen) energieverbrauchsrelevanter Produkte fest. Für diese Empfehlung sind dies die Produkte Heizkessel und Kombiboiler, Festbrennstoffkessel), Elektromotoren, Wasserpumpen, Umlaufpumpen und Einzelraumheizgeräte.

Auf Grundlage der EU-Rahmenrichtlinien 2009/125/EG (ErP-Richtlinie, Ökodesign-Richtlinie) und (EU) 2010/30 (Energieverbrauchskennzeichnung, Label) werden produktspezifische EU-Verordnungen erlassen. In Deutschland wurden die EU-Rahmenrichtlinien durch das Energieverbrauchsrelevante-Produkte-Gesetz (EVPG), das Energieverbrauchskennzeichnungsgesetz (EnVKG) und den jeweiligen nachfolgenden Verordnungen umgesetzt.

Die produktspezifischen EU-Verordnungen zu den einzelnen Produktgruppen sind auf der Homepage der beauftragten Stelle (EVPG), der Bundesanstalt für Materialforschung und -prüfung www.ebpg.bam.de einsehbar.

2 Wärmeerzeugungsanlage (WEA)

2.1 Allgemeines

Wärmeerzeugungsanlagen sind bei Vorhandensein eines Energiekonzeptes nach den dort getroffenen Festlegungen auszuwählen. Als Wärmeerzeuger werden empfohlen:

- Brennwert- oder Niedertemperatur-Heizkessel
- Kraft – Wärme – Kopplungsanlagen (KWK)
- Nah-/Fernwärmeversorgung
- Wärmepumpen
- Solarthermische Anlagen
- Wärmespeicher in Kombination mit einem Erzeuger
- Abwärmennutzung

2.1.1 Gebäude / Raum

Bei der baulichen Ausführung einer WEA sind die jeweiligen örtlichen bauordnungsrelevanten Bestimmungen (siehe Kapitel 1.1.4) zu beachten.

Die zentrale Wärmeerzeugungsanlage ist soweit wie möglich im Verbrauchsschwerpunkt (Wärmelastschwerpunkt) anzuordnen.

Der Platzbedarf einschließlich des notwendigen Wartungsraumes ist abhängig von der Art der Wärmeerzeugung (Öl- oder Gasbrenner, Festbrennstoffe, Wärmepumpe, BHKW) und der erforderlichen Heizleistung.

¹⁰ Richtlinie 2009/125/EG des Europäischen Parlaments und des Rates vom 21. Oktober 2009 zur Schaffung eines Rahmens für die Festlegung von Anforderungen an die umweltgerechte Gestaltung energieverbrauchsrelevanter Produkte (ErP-Richtlinie) oder Ökodesign-Richtlinie

Der Aufstellraum der WEA darf unbefugten Personen nicht zugänglich sein. Der Zugang des Betriebspersonals muss ständig gewährleistet sein.

Zur Durchführung von Instandhaltungsarbeiten müssen die Anlagen leicht zugänglich und mit ausreichenden Serviceflächen versehen sein. Für den Transport von Anlagenkomponenten sind geeignete Transportöffnungen vorzusehen.

Für die Anlieferung der Brennstoffe und ggf. den Abtransport von Verbrennungsrückständen sind geeignete Ver- und Entsorgungsmöglichkeiten zu berücksichtigen.

2.1.1.1 Technikzentralen in Gebäuden

Maßgebend für die Lage der WEA ist ggf. der günstigste Standort der Schornsteine (z. B. Anbindung an das jeweils höchste Gebäude).

WEA können auch im obersten Geschoss eines Gebäudes (Dachzentrale) angeordnet werden, wenn es wirtschaftlich oder bei Gefahr von Hochwasser notwendig ist. Auf bauliche Maßnahmen zur Einhaltung von Luft- und Körperschallrichtwerten ist besonders zu achten.

Für Technikzentralen in Gebäuden ist die Richtlinie VDI 2050¹¹ zu beachten.

2.1.1.2 Heizzentrale

In besonderen Fällen kann die Errichtung eines separaten Gebäudes für die Wärmeerzeugungsanlage zweckmäßig (große Leistung, örtliche Gegebenheit) oder durch Sicherheitsvorschriften erforderlich sein.

Im Vorfeld sind folgende planerische Leistungen erforderlich:

- Standortwahl (möglichst im Wärmelastschwerpunkt),
- Klärung der Boden-/Baugrundverhältnisse (Munition, Tragfähigkeit),
- Klärung von Zufahrtsmöglichkeiten für Montage- und Betriebsfahrzeuge sowie ggf. Lieferfahrzeuge für Energieträgerversorgung,
- Klärung der Außenanlagengestaltung,
- Klärung der Ver- und Entsorgung,
- Immissionsschutz.

Das Gebäude ist als technischer Zweckbau zu sehen, der in erster Linie dem Schutz der technischen Anlagen dient. Es sollte dabei nicht mit statischen Lasten technischer Anlagenteile beaufschlagt werden. Bei großen Gebäudeabmessungen können Systembauhallen eine wirtschaftliche Ausführung darstellen.

Wärmeschutz

An den Wärmeschutz bestehen keine besonderen Anforderungen (Kondenswasserschutz, keine Berücksichtigung des GEG (§ 2, Abs. 2, Nr. 9.a), $t_i < 12^\circ\text{C}$), Raumbeheizung dient lediglich dem Frostschutz).

¹¹ VDI 2050 Blatt 1:2013-11 Anforderungen an Technikzentralen - Technische Grundlagen für Planung und Ausführung

Brandschutz

Die Anforderungen des Brandschutzes sind in den Landesbauordnungen, ihren nachgeordneten Durchführungsverordnungen, Richtlinien sowie in den Feuerungsverordnungen verankert.

Schallschutz

Hinsichtlich des Schallschutzes sind die Vorgaben der TA-Lärm maßgeblich.

Blitzschutz

Ob und in welcher Qualität (Blitzschutzklasse) eine Blitzschutzanlage benötigt wird, ist durch eine Berechnung nach DIN EN 62305-2 (VDE 0185-305-2)¹² zu ermitteln.

Arbeitsschutz

Da die WEA keinen Arbeitsplatz im Sinne des §2 Abs. 4 der Arbeitsstättenverordnung erforderlich macht und das Gebäude bzw. die Anlage nur zu Bedien-, Wartungs- und Kontrollzwecken von Fachpersonal betreten wird, bestehen keine besonderen Anforderungen an den Brandschutz bzw. an eine natürliche Belichtung. Es ist lediglich der Brandschutz hinsichtlich angrenzender Bebauung zu prüfen und zu beachten.

Für die Bedienelemente der Anlage sind die entsprechenden Arbeitsmittel oder Arbeitsbühnen im erforderlichen Umfang in der Anlagentechnik zu berücksichtigen, besondere Bühnenkonstruktionen sind möglichst zu vermeiden.

Beim Einsatz von Erdgas und Fernwärme sind die technischen Anschlussbedingungen (TAB) des örtlichen Versorgungsnetzbetreibers (VNB) zu berücksichtigen.

Für den Einsatz von Heizöl-EL und Holzpellets sind Lager in unmittelbarer Nähe der WEA vorzusehen. Die Bevorratung von Heizöl-EL kann in einem oder mehreren oberirdischen (DIN EN 12285-2¹³) oder unterirdischen erdüberdeckten (DIN EN 12285-1¹⁴) Lagerbehältern erfolgen.

Zur Pelletlagerung gibt es unterschiedliche Lagerarten (u.a. GFK-Hochsilo, Gewebetanklager, V-Lager). Zur Schonung der Pellets ist der Transportweg zum Wärmeerzeuger möglichst kurz zu halten. Für die Anlieferung der Pellets als lose Ware muss eine für die Lieferfahrzeuge geeignete Rangierfläche vorhanden sein bzw. angelegt werden. Hierbei ist zu beachten, dass der Abstand zwischen Lieferfahrzeug und Lager max. 30 m (Schlauchlänge) beträgt. Es sind die entsprechenden Betriebs- und Sicherheitshinweise zur Gefährdung durch Kohlenmonoxid (CO), zu Belüftung, Einblasdruck etc.

¹² DIN EN 62305-2:2013-02; VDE 0185-305-2:2013-02 Blitzschutz - Teil 2: Risiko-Management

¹³ DIN EN 12285-2:2005-05 Werksgefertigte Tanks aus Stahl - Teil 2: Liegende zylindrische ein- und doppelwandige Tanks zur oberirdischen Lagerung von brennbaren und nichtbrennbaren wassergefährdenden Flüssigkeiten

¹⁴ DIN EN 12285-1:2018-12 Werksgefertigte Tanks aus Stahl - Teil 1: Liegende zylindrische ein- und doppelwandige Tanks zur unterirdischen Lagerung von brennbaren und nichtbrennbaren wassergefährdenden Flüssigkeiten

deutlich sichtbar anzubringen. Ebenso wichtig sind bauliche Vorkehrungen, sowie Betriebs- und Sicherheitshinweise zum Explosionsschutz.

2.2 Energieträgerversorgung

2.2.1 Allgemeines

Wenn keine besonderen Vorgaben zum Brennstoffeinsatz vorliegen, ist die Energieart nach wirtschaftlichen, ökologischen und gesetzlichen Vorgaben (siehe Kapitel 0) auszuwählen. Auf Elektrodirekt-Heizsysteme ist grundsätzlich zu verzichten. Ausnahmen stellen kleine Heizleistungen oder temporäre Beheizungen dar. Die verfügbaren Energieträger sind zu ermitteln. In Feuerungsanlagen dürfen nur Brennstoffe eingesetzt werden, die in § 3 1. BImSchV¹⁵ aufgeführt sind.

Kriterien für die Auswahl des Energieträgers sind:

- Lagermöglichkeiten
- Verfügbarkeit
- Umweltauflagen
- Grundlast/Spitzenlast
- Kombinationsmöglichkeiten
- Anschlussbedingungen
- Anlieferung und Entsorgung
- Nutztemperatur
- Nutzungsdauer

Hinweis: Energielieferverträge sind in regelmäßigen Abständen, insbesondere bei Vertragsänderungen, auf Wirtschaftlichkeit hin zu überprüfen.

2.2.2 Heizölversorgung

2.2.2.1 Allgemeines

Auf Grundlage des GEG ist grundsätzlich keine monovalente Heizöl EL-Versorgung vorzusehen. Aufgrund der Verabschiedung des Klimapaketes der Bundesregierung ist ab 2026 grundsätzlich keine Ölheizung mehr zu installieren (Neuanlagen). Eine Versorgung mit Heizöl EL kann derzeit noch zur Spitzenlastabdeckung genutzt werden.

Dabei sind folgende Bedingungen zu erfüllen:

- Zufahrt für ein Tankfahrzeug (Tragfähigkeit, Wendemöglichkeit, Durchfahrt etc.)
- Umschlagplatz für die entsprechende Lagermenge (siehe Kapitel 9.1.3 Wasserhaushaltsgesetz¹⁶ (WHG) und Kapitel 9.1.4 Technische Regeln für Betriebssicherheit (TRBS), Technische Regeln für Gefahrstoffe (TRGS), Technische Regeln brennbarer Flüssigkeiten (TRbF))
- Ausreichender Platz für Lagerkapazitäten

2.2.2.2 Heizöllagerung

¹⁵ Erste Verordnung zur Durchführung des Bundes-Immissionsschutzgesetzes (Verordnung über kleine und mittlere Feuerungsanlagen - 1. BImSchV)

Einzuhalten sind neben dem Baurecht die Regelungen zum Arbeits- und Gesundheitsschutz, dem Gewässerschutz sowie zum Brandschutz.

Das Wasserhaushaltsgesetz¹⁶ (WHG) wird in den Ländern durch Landeswassergesetze sowie durch die Verordnungen über Anlagen zum Umgang mit wassergefährdenden Stoffen (VAwS) konkretisiert.

Die Regelungen der Gefahrstoffverordnung werden durch die TRGS 509¹⁷ spezifiziert.

Möglich ist die Anordnung einer Öltankanlage innerhalb eines Gebäudes oder eine über- oder unterirdische Aufstellung im Außenbereich.

Das Lager sollte auch nach den Erfordernissen der Versorgungssicherheit ausgelegt werden.

Die für die Heizölversorgung empfohlenen Lagerkapazitäten sind in Tabelle 1 dargestellt.

Bei Heizöl mit biogenem Anteil (Heizöl EL A Bio 5 bis Bio 15 nach DIN SPEC 51603-6¹⁸) ist auf eine lichtgeschützte Lagerung zu achten. Die zeitlich begrenzte Lagerfähigkeit ist zu beachten.

Kesselleistung	Lagermenge
bis 0,1 MW	bis 1,0-facher Jahresbedarf
0,1–1,0 MW	etwa 0,7- bis 0,5-facher Jahresbedarf
über 1,0 MW	etwa 0,5- bis 0,15-facher Jahresbedarf

Tabelle 1: Empfohlene Lagermengen bei Heizölversorgung

In überflutungsgefährdeten Bereichen ist es notwendig, z. B. durch zusätzliche Verankerungen, einen Schutz gegen Auftrieb zu gewährleisten.

Zum Zwecke des Immissionsschutzes werden die Behälter diffusionsdicht ausgeführt.

Doppelwandige Tanks, meist in der Kombination Stahl/ Kunststoff oder Kunststoff/ Kunststoff angeboten, sollten bevorzugt eingebaut werden.

Heizöltanks können bis zu einem Nenninhalt von 5.000 l im Heizraum aufgestellt werden (vgl. § 11 MFeuV). Die für wiederkehrende Überprüfungen

¹⁶ Gesetz zur Ordnung des Wasserhaushalts (Wasserhaushaltsgesetz - WHG), 31.07.2009

¹⁷ TRGS 509 Technische Regeln für Gefahrstoffe – Lagern von flüssigen und festen Gefahrstoffen in ortsfesten Behältern sowie Füll- und Entleerungsstellen für ortsbewegliche Behälter

¹⁸ DIN SPEC 51603-6:2017-03 Flüssige Brennstoffe – Heizöle – Teil 6: Heizöl EL A Mindestanforderungen

einzuhaltenen Mindestabstände regelt die DWA-A 791-1¹⁹, zu beachten sind darüber hinaus die in den bauaufsichtlichen Zulassungen geforderten Aufstellvorschriften.

Ab einem Tankinhalt von 1.000 l ist eine Überfüllsicherung vorzusehen, welche mit Hilfe eines Grenzwertgebers die Abfüllsicherung des Tankwagens auslöst und den Betankungsvorgang unterbricht. Die Tankfülleinrichtung muss vor unbefugtem Zugriff gesichert werden.

Die bauaufsichtlichen Zulassungen enthalten konkrete Forderungen an Leckageerkennungssysteme. Diese müssen das Störmeldesignal in einem regelmäßig begangenen Gebäudebereich anzeigen. Die Störmeldungen sollten auf eine vorhandene GA-Anlage aufgeschaltet werden.

Für oberirdische Heizöllager im Freien werden grundsätzlich kein Wetterschutz und keine Beheizung gefordert. Nur oberirdische Heizölleitungen außerhalb von Gebäuden und Lagerbehälter an Orten mit Außentemperaturen unter - 14°C sollten stets mit Begleitheizung ausgestattet werden. Die Frostbeständigkeit des Heizöls ist durch Additive sicherzustellen.

Der Füllstand jedes Lagerbehälters muss über eine Füllstandsanzeige ermittelt werden können. Die Aufschaltung auf eine vorhandene GA-Anlage ist anzustreben.

Soweit es die bauaufsichtlichen Zulassungen gestatten, sollten schwimmende Ansaugungen für den Öltransport aus dem Tank zum Brenner des Wärmeerzeugers eingesetzt werden. Diese minimieren das Risiko des Ansaugens von Schwebstoffen aus dem Tankinhalt und verhindern somit ein frühzeitiges Verschmutzen des Ölfilters. Für den Transport des Heizöls vom Lagerbehälter bis zur Feuerungsanlage ist das sog. Einstrang-Saugsystem dem Zweistrangsystem möglichst vorzuziehen.

Be- und Entlüftungseinrichtungen verhindern die Entstehung eines Über- oder Unterdruckes in der Tankanlage.

Nicht zuletzt sei noch die Sicherheitseinrichtung zum Schutz vor Aushebern erwähnt. Diese verhindert, dass unkontrolliert Heizöl durch die Schwerkraft aus einem Rohrleitungsleck austritt.

Verbrauchsmesseinrichtungen sind gemäß Zählerkonzept zu installieren (siehe Kapitel 1.1.5.1 Monitoring / Zählerkonzept).

2.2.3 Flüssige Biomasse

2.2.3.1 Allgemeines

Es sollte nur flüssige Biomasse verwendet werden, die den Anforderungen der Biomassestrom-Nachhaltigkeitsverordnung (Biost-NachV) entspricht.

¹⁹ DWA-A 791-1 Technische Regel wassergefährdender Stoffe (TRWS) – Heizölverbraucheranlagen – Teil 1: Errichtung, betriebliche Anforderungen und Stilllegung von Heizölverbraucheranlagen (Februar 2015)

Zur Erfüllung der Anforderung des GEG an die Nutzung von Erneuerbaren Energien gemäß § 39 GEG i.V. § 10 Abs. 2 Nr. 3, wird die Einhaltung der Biost-NachV vorausgesetzt.

Feuerungseinrichtungen (Brenner) müssen für den Einsatz von Bioöl (als Beimischung im Heizöl) geeignet sein. Die Eignung ist durch eine entsprechende Konformitätserklärung/Übereinstimmungserklärung nachzuweisen.

2.2.3.2 Lagerung

Bei monovalenter Versorgung ist die gleiche Lagerkapazität wie für Heizöl (siehe Kapitel 2.2.2.2 Heizöllagerung) notwendig. Hierbei muss aber die zeitlich begrenzte Lagerfähigkeit des Bioheizöles berücksichtigt werden. Diese wird durch die Art des Öles und deren Lagerung beeinflusst.

Für eine bivalente Versorgung ist es am günstigsten, wenn das Bioöl als Beimischung im Heizöl genutzt wird (Mischung aus mineralölstämmigem, schwefelarmem Heizöl und Fettsäuremethylester (FAME) entsprechend DIN SPEC 51603-6¹⁸). Die Zumischung kann ca.5 % bis max. 10 % betragen.

Die Anforderungen für eine stabile Bioöllagerung sind

- Kühle Temperaturen (<20°C aber frostfrei) und
- Dunkelheit.

Für die Lagerung im Innenbereich sind schwarze Kunststofftanks aus Polyethylen (PE), Polyamid (PA) oder glasfaserverstärktem Kunststoff (GFK) geeignet.

Vorhandene Heizöltanksysteme mit kathodischen Innenkorrosionssystemen und aushärtenden Tankbeschichtungen sind nicht für die Verwendung von Bioölen geeignet. Gleiches gilt für Nitril-Butadien-Kautschuk (NBR), das für Dichtungen und Schläuche im Heizölbereich oftmals verwendet wurde. Diese Bauteile sind auszutauschen.

Füll- und Entlüftungsleitungen, Grenzwertgeber und Füllstandsanzeiger können i.d.R. wie im Heizölbereich ausgeführt werden.

Bei einer Verwendung von Bioheizöl sollte die Versorgung über ein Einstrangsystem erfolgen. Hierdurch werden zusätzliche Belastungen auf das Bioheizöl vermieden. Das Leitungssystem sollte aus Edelstahl ausgeführt werden.

Weiterhin gelten die in Kapitel 2.2.2 Heizölversorgung formulierten Anforderungen entsprechend.

2.2.4 Erdgasversorgung

2.2.4.1 Allgemeines

Eine Erdgasversorgung kann unter Berücksichtigung der Wirtschaftlichkeit erfolgen.

Die Möglichkeit über das Erdgasversorgungsnetz Biogas (im Sinne von Biomethan – CH₄) zu beziehen, sollte bei der Anlagenkonzeption zur Erfüllung des GEG mit einbezogen werden.

2.2.4.2 Erdgas – System

Die technischen Anschlussbedingungen (TAB) des Erdgasnetzbetreibers sind einzuhalten. Arbeiten an der Installation der Erdgasversorgung dürfen nur von zugelassenen Fachfirmen ausgeführt werden.

Grundsätzlich erfolgt der Anschluss an ein Niederdrucknetz. In Ausnahmefällen kann es bei großen Anschlussleistungen erforderlich sein, dass der Netzbetreiber eine Druckregelstation in der Nähe der WEA errichten muss.

Die Aufschaltung der Verbrauchsmesseinrichtung auf eine vorhandene GA-Anlage ist anzustreben (siehe Kapitel 1.1.5.1 Monitoring / Zählerkonzept).

2.2.5 Pelletversorgung

2.2.5.1 Allgemeines

Eine Pelletversorgung kann unter folgenden Bedingungen in Betracht gezogen werden:

- Geeignete Zufahrt für ein Tankfahrzeug (Tragfähigkeit, Wendemöglichkeit, Durchfahrt etc.)
- Ausreichender Platz für Lagerkapazitäten

Holzpellets sind zylindrische Presslinge aus trockenem naturbelassenem Restholz, in erster Linie aus Säge- und Hobelspänen und Holzstaub mit einem Durchmesser von 5–15 mm und einer Länge um 20 mm. Sie sind ein homogener, schütt-, pump- und saugfähiger Brennstoff. Auf Grund ihrer hohen Energiedichte von 5 kWh/kg benötigen sie ein geringeres Lagervolumen als Scheitholz oder Hackschnitzel.

Auf dem Markt sind Holzpellets in unterschiedlichen Qualitätsstufen erhältlich. Es wird empfohlen, nur Holzpellets mit dem Qualitätssiegel ENplus A1 zu verwenden, um Störungen, die auf minderwertige Pellets zurückzuführen sind, zu vermeiden. Bei Störungen handelt es sich oft um eine Blockade im Pelletfördersystem oder um Unterbrechungen des Pelletnachschiebes, wenn sich Hohlräume im Pelletlager gebildet haben. Beides ist i.d.R. auf eine schlechte Pelletqualität zurückzuführen. Weitere Regelungen sind in der DIN EN ISO 17225-2²⁰ getroffen.

2.2.5.2 Pelletlagerung

Für monovalente Versorgung sind in Tabelle 2 Lagerkapazitäten (Anhaltswerte) vorgegeben.

Kesselleistung	Lagermenge
bis 0,1 MW	bis 1,0-facher Jahresbedarf

²⁰ DIN EN ISO 17225-2:2014-09 Biogene Festbrennstoffe - Brennstoffspezifikationen und -klassen – Teil 2: Klassifizierung von Holzpellets

0,1–1,0 MW	etwa 0,5- bis 0,3-facher Jahresbedarf
------------	---------------------------------------

Tabelle 2: Lagerkapazitäten bei monovalenter Versorgung mit Pellets

Bei der Dimensionierung des Lagerraumvolumens hat die Größe der Liefermenge einen wesentlichen Einfluss auf den spezifischen Pelletpreis. Bei Lieferchargen von bis zu 30 t (Füllmenge eines Tanklastzuges) spielt die Bestellmenge eine Rolle beim Einkaufspreis. Überdimensionierte Lager bieten darüber hinaus keine weiteren Preisvorteile beim Pelleteinkauf. Dementsprechend sollte der Vorrat so ausgelegt werden, dass bei einer bivalenten Wärmeerzeugungsanlage (z.B. Heizöl und Pellets) der Pelletbetrieb für ca. 5 Tage bei Vollast aufrechterhalten werden kann und die o.g. Liefermenge möglichst erreicht wird.

Übliche Pelletsilos mit einer Kapazität von 40 m³ haben bei einem Durchmesser von ca. 3,0 m eine Höhe von ca. 10,0 m. Diese 40 m³ können von 1 Silofahrzeug beliefert werden.

Weitere Hinweise zur Auswahl von Lagermengen können der VDI 3464²¹ entnommen werden.

Als Faustregel für den benötigten Lagerraum für kleinere Anlagen kann mit folgenden Angaben gerechnet werden:

- 1 kW Heizlast = 0,9 m³ Lagerraum (inkl. Leerraum bei Lagerräumen mit Schrägboden)
- Lagerraumgrundfläche mindestens 2 m × 3 m
- Nutzbares Volumen im Lagerraum beträgt ca. 2/3

Bei bivalenter Versorgung wird der Energieträger Pellets für die Grundlast eingesetzt. Hierbei sollte das Lager nach den Erfordernissen der Versorgungssicherheit ausgelegt werden.

Lagerräume für Pellets müssen ganzjährig trocken sein. Bei Gefahr von feuchten Wänden sollten Gewebesilos eingesetzt werden. Die Richtlinie VDI 3464²¹ beschreibt die Mechanismen, die für Emissionen verantwortlich sind und wie Pellets sicher angeliefert und gelagert werden müssen.

Im Rahmen der Gefährdungsbeurteilung ist die Kohlenmonoxid-Emission bei der Lagerung von Holzpellets zu berücksichtigen. Neben einer vorschriftsgemäßen Kennzeichnung des Lagerraumes und der Unterweisung des Betriebs- und Wartungspersonals ist eine ausreichende Be- und Entlüftungsmöglichkeit einzurichten und zu nutzen. Da eine konkrete Einschätzung des Gefährdungspotentials ohne Messtechnik nicht möglich ist, wird der Einsatz von CO-Mess- bzw. Warngeräten empfohlen.

Aufstellung im Außenbereich:

- Oberirdische GfK-Lagertanks
- Unterirdische Lagertanks

²¹ VDI 3464:2015-09 Lagerung von Holzpellets beim Verbraucher - Anforderungen an Lager sowie Herstellung und Anlieferung der Pellets unter Gesundheits- und Sicherheitsaspekten

Aufstellung im Innenbereich:

- Schrägbodenlager mit Schneckenaustragung (siehe Abbildung 3)
- Gewebesilo

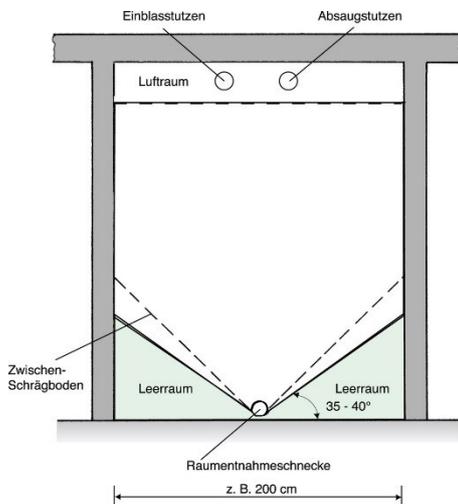


Abbildung 3: Schrägbodenlager

2.2.5.3 Pellettransportsystem

Transportsysteme zwischen Lager und Feuerungsanlage sollten zur Schonung der Pellets (Abrieb) möglichst kurz und mit wenigen Richtungsänderungen ausgeführt werden. Für Kleinanlagen (ca. 20 kW) können Saugsysteme, für mittlere Anlagen (ca. 80 kW) Spiralschneckensysteme vorgesehen werden. Darüber hinaus sollten grundsätzlich starre Schneckensysteme eingesetzt werden. Diese Transportsysteme verursachen im Betrieb Geräusche und Vibrationen, die bei der Planung zu berücksichtigen sind.

Bei größeren Anlagen kann es erforderlich sein, dass innerhalb des Transportsystems ein Vorlagebehälter eingeplant werden muss.

2.2.5.4 Rückbrandsicherung

Die Rückbrandsicherung verhindert, dass ein Brand von der Feuerung in die Brennstoffzuführung bzw. Pelletlagersystem übergreifen kann. Heizkessel nach DIN EN 303-5²² haben diese Vorgaben intern erfüllt. Für größere Heizkessel (>500 kW) sind vorrangig Brennstoffschleusen und Löschwassereinrichtungen als Rückbrandsicherung zu verwenden.

2.2.6 Holzhackschnitzelversorgung

2.2.6.1 Allgemeines

Holzhackschnitzel sind im Wesentlichen zerkleinertes Holz aus Waldholz und naturbelassenes Holz aus der Be- und Verarbeitung.

Eine Holzhackschnitzelversorgung kann unter folgenden Bedingungen in

²² DIN EN 303-5:2012-10 Heizkessel für feste Brennstoffe, manuell und automatisch beschickte Feuerungen, Nennwärmeleistung bis 500 kW – Begriffe, Anforderungen, Prüfungen und Kennzeichnung

Betracht gezogen werden:

- Geeignete Zufahrt für Lieferfahrzeug (Tragfähigkeit, Wendemöglichkeit, Durchfahrt etc.),
- ausreichender Platz für Lagerkapazitäten,
- Versorgungssicherheit bzw. gesicherter Nachschub (regionales Wirtschaftsgut).

Die Auswahl der Größe (Partikelgröße) und Qualität ist von der geplanten Transport- und Verbrennungstechnik abhängig.

Der Heizwert Q hängt von der Holzart (Weich-, Hartholz), dem Wassergehalt und im geringen Maß vom Aschegehalt ab, von 3,0 kWh/kg (bei 35 % Wassergehalt) bis 4,0 kWh/kg (bei 20 % Wassergehalt).

Definitionen der Hackschnitzelklassen sind der DIN EN ISO 17225-4:2014-05²³ und der ÖNORM C 4005²⁴ geregelt.

Die Tatsache, dass der Energieinhalt von Holzhackschnitzeln von vielen verschiedenen Faktoren abhängt, ergibt die Notwendigkeit, nicht nach gelieferter Brennstoffmenge abzurechnen, sondern nach erzeugter Wärmemenge.

2.2.6.2 Holzhackschnitzellagerung

Holzhackschnitzel erfordern auf Grund ihrer kleinen Schüttraumdichte von ca. 3 Sm³/t (Buche W30) und des geringen Heizwertes von 1,1 MWh/Sm³ relativ große Lagervolumina. Die Lagerraumgröße ist von mehreren Faktoren abhängig (z. B. Tagesbedarf der Feuerungsanlage bei Nennleistung, Anzahl Tagesbedarfe, Beschickungshäufigkeit) und muss für jeden Einzelfall individuell bestimmt werden.

Aufstellung im Außenbereich:

- Oberirdische offene, überdachte Lagerflächen entweder mit integriertem Schubboden als Gesamtlager
- mit getrenntem Tageslager mit Schubboden (Umschichtung mittels Fahrzeug)
- Containerwechsellanlagen

Aufstellung im Innenbereich:

- Unterirdische Hackschnitzelbunker mit Schubbodensystem (siehe Abbildung 4),
- Schrägbodenlager mit Federkernaustragung.

²³ DIN EN ISO 17225-4:2014-09 Biogene Festbrennstoffe – Brennstoffspezifikationen und -klassen – Teil 4: Klassifizierung von Holzhackschnitzeln

²⁴ ÖNORM C 4005:2016-01-15 Holzhackgut und Schredderholz für die energetische Verwertung in Anlagen mit einer Nenn-Wärmeleistung über 500 kW - Anforderungen und Prüfbestimmungen - Nationale Ergänzung zu ÖNORM

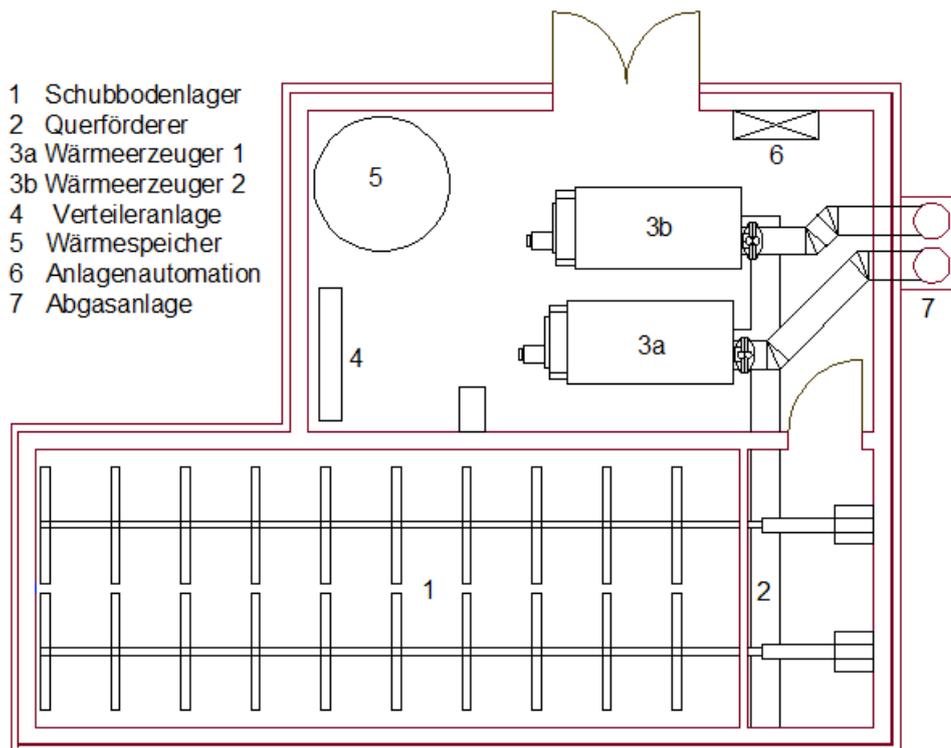


Abbildung 4: Hackschnitzelbunker mit Schubbodensystem

Aufgrund der Brennstofffeuchtigkeit ist unbedingt auf eine gute Be- und Entlüftung der Lagerräume zu achten, um eine Kondensat- und Schimmelpilzbildung zu vermeiden.

2.2.6.3 Holzhackschnitzeltransportsystem

Transportsysteme zwischen Lager und Feuerungsanlage bestehen i. d. R. aus einem Querförderer, der die Hackschnitzel vom Schubboden aufnimmt und in Richtung Feuerungsanlage transportiert. Bei kleineren Anlagen findet ein Schneckensystem Anwendung, bei größeren ein Kratzbodensystem.

Bei der Auswahl des Transportsystems ist auf jeden Fall die Holzhackschnitzelqualität zu berücksichtigen. Kratzbodensysteme sind robuster gegenüber grobstückigem Hackgut.

2.2.7 Biogas

In einer Biogasanlage wird aus verschiedensten Substraten durch einen anaeroben Gärprozess Methan gewonnen. Biogas kann in einer speziellen Aufbereitung auf Erdgasqualität (wesentliche Parameter: Heizwert, Brennwert, Wobbe-Index, CO₂-Gehalt, CH₄-Gehalt etc.) vergütet und in das Erdgasnetz eingespeist werden.

Die Vergütung bzw. Förderung für regenerativ erzeugten und eingespeisten Strom sowie Brennstoff in die öffentlichen Versorgungsnetze regelt das Erneuerbare-Energien-Gesetz. Darin werden Vergütungssätze je nach Anlagengröße und Konzept festgelegt. Weiterhin gibt es u. a. einen speziellen nachwachsenden Rohstoffe-Bonus für Biogasanlagen, bei denen hauptsächlich Pflanzen oder pflanzliche Bestandteile verarbeitet werden.

Weiterhin gelten die in Kapitel 2.2.4 Erdgasversorgung formulierten Anforderungen entsprechend.

2.2.8 Geothermie

Geothermische Energie ist die unterhalb der Erdoberfläche gespeicherte Energie.

Die thermische Nutzung des Untergrundes kann in Verbindung mit einer Wärmepumpe zur Bereitstellung von Wärme- und Kälteenergie, zur direkten Nutzung von Kälteenergie oder zur Energiespeicherung genutzt werden.

Bis ca. 15 m wird die Untergrundtemperatur von solaren Einflüssen bestimmt, darunter ist diese nicht mehr wirksam und es herrscht in Abhängigkeit von der Tiefe eine gleichbleibende Temperatur (7-12 °C, Temperaturzunahme ca. 3 K pro 100 m).

Bis 400 m Tiefe spricht man von oberflächennaher Geothermie, darunter von Tiefengeothermie.

Die Tiefengeothermie ist durch den hohen technischen Aufwand ein Sonderfall und wird hier nicht weiter beschrieben.

Im Wesentlichen kann die oberflächennahe Geothermie mit nachfolgenden Verfahren genutzt werden.

2.2.8.1 Erdwärmekollektoren

Beschreibung: In Rohrgräben oder in dem, ganzflächig abgetragenen Untergrund wird Kunststoffrohr (z. B. mäanderförmige Verlegung) als Kollektor verlegt und wieder verfüllt.

Bauart: Flächenkollektoren

Entzugsleistung: ca. 10 – 40 W/m²

Entzugsarbeit: ca. 50 – 70 kWh/(m²*a)

Verlegetiefe: ca. 1,2 – 1,5 m

Verlegeabstand: ca. 0,3 – 0,8 m

Standort: besonnt, unbebaut, unversiegelt,

Regeneration: durch Solarstrahlung und Niederschläge

Andere Bauarten: Grabenkollektoren, Spiralkollektor, Wärmekörbe

2.2.8.2 Erdwärmesonden

Beschreibung: In eine abgeteuft Bohrung wird die meist aus Kunststoffrohr bestehende Sonde (Rohrschleife) eingebracht. Der Bohrungsringraum wird von unten nach oben mit einer geeigneten aushärtenden Suspension verpresst.

Bauart: U-Sonden, Koaxialsonden

Entzugsleistung: ca. 25 – 85 W/m (gilt für Anlagen <30 kW)

Entzugsarbeit: ca. 100 – 150 kWh/(m*a)

Tiefe: ca. 10 bis 100 m, ab 100 m gilt das Bundesberggesetz (§ 4, Abs. 2 und § 127 BBergG)

Sondenabstand:	min. 5 m
Standort:	min. 2 m Abstand von bestehenden Gebäuden
Regeneration:	durch geothermischen Energiefluss, passive Kühlung im Sommer
Andere Bauarten:	Gründungspfähle für Gebäude als Wärmeübertrager („Energiepfähle“).
Hinweise:	Voreinschätzungen zur thermischen Leistungsfähigkeit können anhand von Karten der geologischen Landesämter und/oder durch Thermal Response Tests erstellt werden. Bei der Planung der Sonden ist auf die Grundwasserfließrichtung, auf die gegenseitige Beeinflussung der Sonden und auf eine ausreichende Regeneration zu achten. Die thermische Leistungsfähigkeit der Sonden kann standort- und nutzungsabhängig im Laufe des Betriebes nachlassen. Bei größeren Sondenfeldern ist ein geologisches Gutachten zu erstellen.

2.2.8.3 Brunnensysteme

Beschreibung:	Für die direkte Nutzung des Grundwassers als Wärmequelle sind mindestens zwei Brunnen (Förderbrunnen, Schluckbrunnen) erforderlich. Im Förderbrunnen wird durch eine Unterwasserpumpe das Grundwasser z. B. der Wärmepumpe zugeleitet und nach der Nutzung in den Schluckbrunnen wieder eingespeist. Die Grundwassernutzung ist genehmigungspflichtig.
Bauart:	Förderbrunnen, Schluckbrunnen
Entzugsleistung:	Pro kW wird ein Volumenstrom von ca. 0,25 m ³ /h Brunnenwasser bei der Nutzung durch eine Wärmepumpe benötigt. Die Temperaturveränderung bei der Grundwassernutzung sollte ca. 6 K nicht überschreiten.
Tiefe:	Abhängig vom Grundwasserspiegel
Hinweise:	Grundwasserqualitäten sind sehr unterschiedlich und müssen auf Eignung geprüft werden. Die Gefahr der Verockerung (Fe ₂ O ₃ -, MnO-Bildung) der Brunnen ist im Vorfeld zu klären. Auf die Grundwasserfließrichtung ist zu achten.

Je nach Bundesland unterliegen Anlagen zur Geothermienutzung behördlichen Auflagen und Genehmigungen nach dem Bergbau und/oder Wasserrecht.

Für die Projektierung von Anlagen zur Nutzung der Energie des Untergrundes wird auf die VDI 4640²⁵ verwiesen.

²⁵ VDI 4640 Thermische Nutzung des Untergrundes, Blatt 1 - 4“

2.2.9 Solarthermie

2.2.9.1 Allgemeines

Solarstrahlung kann durch geeignete Technologien in solarthermische Energie umgewandelt und für wärmetechnische Anwendungen genutzt werden. Hierfür sind Absorptionsflächen (schwarze Flächen) erforderlich, die die kurzwellige Solarstrahlung in langwellige Wärmestrahlung umwandeln. Die auf der Erdoberfläche in unseren Breitengraden maximal auftreffende Solarstrahlung beträgt ca. 1.000 W/m². Sie unterliegt jedoch sehr großen jahreszeitlich- und witterungsbedingten Schwankungen. Die jährliche Globalstrahlungssumme in Deutschland liegt bei ca. 930 bis 1120 kWh/m² a.

Zur unterstützenden Beheizung von Gebäuden, für die Bereitstellung von Trinkwarmwasser und zur Schwimmbadbeheizung können solarthermische Kollektoranlagen bzw. Absorber eingesetzt werden. Bezüglich der Qualität und Leistungsfähigkeit dieser Solaranlagen und ihrer Bauteile gelten die Normen DIN EN 12975-1²⁶, DIN EN 12976-1²⁷ und DIN EN 12977-1²⁸.

In der Regel wird zusätzlich zur thermischen Solaranlage ein zweiter von der Sonne unabhängiger Wärmeerzeuger benötigt. Dieser wird auf 100 % der Heizlast ausgelegt (z. B. Gaskessel).

Folgende Voraussetzungen sollten vorliegen:

- Wärmebedarf im Sommer (z. B. Schwimmbad, Duschanlagen)
- ungehinderte Besonnung der Absorptionsfläche, auch in den Wintermonaten

Als Wärmeträger ist in der Regel Wasser mit umweltverträglichen Frostschutzzusätzen zu verwenden. Auf ausreichenden Frostschutz ist zu achten.

Zur Nutzung der Solarstrahlung für wärmetechnische Anwendungen stehen im Wesentlichen nachfolgende Bauarten zur Verfügung.

2.2.9.2 Absorber

Beschreibung: Die einfachste Technik zur solarthermischen Nutzung stellen Solarabsorber dar. Sie bestehen i.d.R. aus aneinandergereihten Kunststoffrohrmatten ohne Abdeckung, die flach oder mit leichtem Gefälle auf Dachflächen verlegt werden und in einem Sammlerrohr münden. Als Rohrmaterial kommt meistens frostbeständiges EPDM zum Einsatz. Können die Anlagen problemlos entleert werden, kann auch Polypropylen verwendet werden. Die Rohrleitungen

²⁶ DIN EN 12975-1:2011-01 Thermische Solaranlagen und ihre Bauteile – Kollektoren - Teil 1: Allgemeine Anforderungen

²⁷ E DIN EN 12976-1:2018-10 Thermische Solaranlagen und ihre Bauteile - Vorgefertigte Anlagen – Teil 1: Allgemeine Anforderungen

²⁸ DIN EN 12977-1:2018-07 Thermische Solaranlagen und ihre Bauteile - Kundenspezifisch gefertigte Anlagen – Teil 1: Allgemeine Anforderungen an Solaranlagen zur Trinkwassererwärmung und solare Kombianlagen

werden entweder direkt vom Nutzmedium durchströmt oder enthalten ein Wasser-/Glykol-Gemisch, wenn sie als Wärmequelle für eine Wärmepumpe dienen. Solarabsorber werden vor allem im Niedertemperaturbereich eingesetzt.

Einsatzmöglichkeiten:	Schwimmbadwassererwärmung, Wärmequelle für Wärmepumpe
Ausrichtung:	nahezu beliebig, da i. d. R. horizontale Verlegung und überwiegend reine Sommernutzung bei hohem Sonnenstand
Neigung:	0° – 30°
Ertrag:	ca. 300 kWh/(m ² × a)
Deckungsgrad:	100 % bei Schwimmbadanlagen

2.2.9.3 Flachkollektor

Beschreibung:	<p>Der Flachkollektor besteht aus den Bauteilen:</p> <ul style="list-style-type: none">– Absorber, meist schwarze, selektiv beschichtete Kupferplatte mit integrierten Rohren, durch die die Wärmeträgerflüssigkeit strömt– Wärmedämmung auf der Rückseite des Absorbers und im Randbereich– Gehäuse, meist aus Aluminiumprofilen– Glasabdeckung mit reflexionsarmem Einscheiben-Sicherheitsglas (ESG) <p>Das gesamte System einer Solarkollektoranlage besteht zusätzlich noch aus folgenden Komponenten:</p> <ul style="list-style-type: none">– Solarstation (Pumpe, Armaturen, Sicherheitsventil, Ausdehnungsgefäß, Regler)– Rohrleitungssystem, i. d. R. aus Kupfer (bei Pressfittingsystemen mit glykolbeständigen Spezialdichtungen)– Wärmeträgerflüssigkeit (Gemisch aus Wasser und Frostschutzmittel im Verhältnis 60/40 bis 50/50 %)– Warmwasserspeicher, Pufferspeicher oder Kombination aus beiden, je nach Einsatzzweck– Evtl. Frischwasserstation in Kombination mit Pufferspeicher
---------------	--

Der Kollektor kann bei einem Schrägdach sowohl auf als auch in das Dach montiert werden. Auf Flachdächern können die Kollektoren mit Hilfe von Montagegestellen aufgeständert werden. In allen Fällen sind die statischen Voraussetzungen vorher zu prüfen und die Windlasten zu berücksichtigen. Es sollten nur SOLAR KEYMARK - zertifizierte Kollektoren verwendet werden.

Einsatzmöglichkeiten: Trinkwassererwärmung und Heizungsunterstützung
 Ausrichtung: Südost bis Südwest; optimal = Süden
 Neigung: zwischen 20° und 80°, abhängig vom Einsatzzweck
 Ertrag: ca. 500 kWh/(m² × a)
 Deckungsgrad: ca. 60 % des Warmwasserbedarfs bei ca. 1 m² Kollektorfläche pro Person

2.2.9.4 Vakuum-Röhrenkollektor

Beschreibung: Beim Vakuum-Röhrenkollektor befindet sich die Absorberfläche in einem evakuierten Glasrohr. Dadurch werden Wärmeverluste gegenüber einem Flachkollektor reduziert, was bei gleichem Einsatzzweck zu einem kleineren Flächenbedarf führt. Der Wirkungsgradunterschied gegenüber Flachkollektoren ist umso höher, je größer die Temperaturdifferenz zwischen Wärmeträgerflüssigkeit und Umgebungsluft ist. Die Vakuum-Röhrenkollektoren sind mit höheren Investitionskosten behaftet. Es sollten nur SOLAR KEYMARK - zertifizierte Kollektoren verwendet werden.

Einsatzmöglichkeiten: Warmwasserbereitung, Heizungsunterstützung, Prozesswärmeerzeugung

Ausrichtung: Südost bis Südwest, jedoch geringere Einbußen bei Abweichung von Süden als beim Flachkollektor (Röhren sind drehbar ± 45 °)

Neigung: zwischen 0° und 90°; stehende oder liegende Montage möglich, z. B. auch auf Flachdächern oder an Fassaden

Ertrag: ca. 650 kWh/(m² × a)

Deckungsgrad: ca. 60 % des Warmwasserbedarfs bei ca. 0,5 m² Aperturfläche pro Person

2.2.10 Umweltwärme

Aus der Umwelt lassen sich in der Regel folgende Energiequellen nutzen:

- Erdreich (siehe 2.2.8 Geothermie)
- Grundwasser (siehe 2.2.8 Geothermie)
- Sonne (siehe 2.2.9 Solarthermie)
- Oberflächenwasser (siehe 2.3.10 Wärmepumpen)
- Luft (siehe 2.3.10 Wärmepumpen)

Um die Umweltenergiepotenziale direkt oder nach einer Temperaturerhöhung (Wärmepumpe) in einem Heizungssystem nutzen zu können, sind große Wärmeübertragungsflächen und kleine Temperaturspreizungen (2 - 4 K) notwendig bzw. sinnvoll. Die technische Nutzung ist für die einzelnen Quellen in den jeweiligen Kapiteln (siehe Verweise) beschrieben.

2.2.11 Abwärme

Die Nutzung von in einer Liegenschaft anfallender Abwärme kann eine wirtschaftliche und den Primärenergiebedarf reduzierende Form der

Wärmeversorgung darstellen. Dabei ist allerdings zu beachten, dass die Vermeidung von Abwärme durch z. B. gewissenhaften, effizienten Einsatz von Energie und Optimierung der Betriebsweise grundsätzlich der Nutzung der Abwärme vorzuziehen ist. Soll eine Abwärmenutzung in Betracht gezogen werden, sind die Potentiale der Quellen zu untersuchen. Zusätzlich sind detaillierte Kenntnisse über die Wärmeverbraucher in einer Liegenschaft Bedingung für die Abschätzung einer möglichen Nutzung. Dies kann auch im Rahmen eines Energiekonzeptes realisiert werden. Dabei sind zunächst folgende Punkte zu berücksichtigen:

- Temperaturniveaus der Abwärmequellen und Wärmesenken
- Wärmeträgermedium der Abwärme
- verfügbare und benötigte Wärmemengen und -leistungen
- zeitliche Verläufe des Wärmeangebots und -bedarfs und
- örtliche Gegebenheiten, wie Platzverhältnisse und Distanz von Quelle zu Senke bzw. Einkopplungsstelle ins System

Als mögliche Quellen kommen beispielhaft in Betracht:

- Druckluftanlagen
- Kälteanlagen
- Abwasser oder
- Rechnerräume.

Die in der Abwärme enthaltene Wärmeenergie kann je nach Temperaturniveau und dem Wärmeträgermedium unterschiedlich genutzt werden. Hierbei lässt sich zwischen direkter oder indirekter Nutzung unterscheiden. Bei der direkten Nutzung wird das Wärmeträgermedium der Abwärmequelle (z. B. erhitzte Abluft) der Wärmesenke zugeführt (z. B. Warmluftheizung). Dies setzt voraus, dass der Wärmeträger von solcher Qualität ist, dass er unbedenklich in der Senke nutzbar ist. Bei der indirekten Nutzung wird dem Wärmeträger der Abwärmequelle die Wärme je nach benötigtem Temperaturniveau mittels eines Wärmeübertragers oder einer Wärmepumpe entzogen und über einen weiteren Wärmeträger der Nutzung zugeführt. Die häufigsten Anwendungsbereiche zur Einbindung von Abwärme sind:

- Warmluftheizung
- Heizung und Heizungsunterstützung
- Brauchwarmwasserbereitung und Vorwärmung
- Sorptionskältemaschinen
- Prozesswärmeerzeugung
- (seltener) Stromerzeugung (z. B. ORC-Prozess, Stirlingmotor)

Die Anwendungsmöglichkeiten sind im Einzelfall kritisch bzgl. der erforderlichen Temperaturniveaus und der Wärmemengen auf Erzeuger- und Abnehmerseite mit ihren zeitlichen Verläufen zu prüfen. Insbesondere diese Faktoren haben direkten Einfluss auf den anlagentechnischen Aufwand (evtl. Wärmepumpe, Wärmespeicher) und somit auf die Wirtschaftlichkeit der Maßnahme. Bei der Erwärmung von Trinkwasser sind geeignete Wärmeübertrager zu verwenden.

In der folgenden Aufzählung sollen beispielhaft typische Nutzungskonzepte für die Einbindung anfallender Abwärme aufgezeigt werden.

Druckluftanlagen:

- Direkte Luftheizung mit Kühlluft des Verdichters (Qualität der Kühlluft beachten)
- Heiz- oder Brauchwassererwärmung über geeignete Wärmeübertrager (ggf. Wärmepumpe)

Kälteanlagen, Maschinenkühlung:

- Einbindung der Wärmesenken in den Kühlkreislauf
- Wärmeübertrager zwischen Verdichter und Verflüssiger

Abluft:

- Nutzung mittels WRG (siehe AMEV RLT-Anlagenbau)
- Abluft-Wärmepumpe

Abwasser:

- Wärmeübertrager im Gebäude (ggf. Wärmepumpe)
- Wärmeübertrager im Kanalsystem (ggf. Wärmepumpe)
- d. R. niedriges Temperaturniveau

Abwärme ist entsprechend dem GEG § 42 ebenfalls geeignet, die geforderte Nutzung von erneuerbarer Energie zu ersetzen. Entgegen der Pflicht zur Nutzung von erneuerbarer Energie bei einem bestehenden öffentlichen Gebäude (GEG § 52) kann Abwärme als Ersatzmaßnahme (GEG § 53) genutzt werden.

2.2.12 Nah-/Fernwärme

Bei Verfügbarkeit ist die Nah-/Fernwärmeversorgung grundsätzlich eine zu prüfende Planungsoption. Die Emissionsfaktoren für Nah-/Fernwärme sind in der Anlage 9 des GEG ausgewiesen. Ein Nah-/Fernwärmeanschluss zeichnet sich im besonderen Maße durch die permanente Verfügbarkeit der Anschlussleistung aus.

Vorteile einer Nah-/Fernwärmeversorgung:

- Guter Wirkungsgrad bei KWK Technik
- Niedrige Umweltbelastungen wie CO₂-Emissionen
- Ggfls. niedrige Investitionskosten
- Geringer Platzbedarf in der Hausstation
- Geräusch und erschütterungsfrei
- Geringe Wartungskosten
- Hohe Lebensdauer
- In der Regel niedriger Primärenergiefaktor
- In der Regel Erfüllung des GEG (§ 44, § 53, § 62, § 109)

Nachteile einer Fernwärmeversorgung:

- Nicht überall verfügbar
- Meist hohe Verbrauchskosten
- Baukostenzuschuss
- Vertragsbindung (lange Vertragslaufzeiten)
- Unflexibel bei Vertragsanpassung (Lieferleistung und Jahresabnahmemenge)
- Ggf. Anschlusszwang

2.3 Wärmeerzeuger WEA

2.3.1 Allgemeines

Bei großen Wärmeerzeugern sollte darauf geachtet werden, dass zur Erreichbarkeit von Armaturen und Sicherheitstechnischen Einrichtungen eine begehbare Kesselabdeckung vorhanden ist. Hierdurch kann dann oftmals auf eine aufwändige Bühnenkonstruktion verzichtet werden.

Für Heizkessel und Kombiboiler zur Raumheizung gilt die ErP-Richtlinie (Ökodesignrichtlinie). Siehe 1.1.6 Gesetzliche Anforderungen.

2.3.2 Erfüllung GEG durch Nutzung von Erneuerbaren Energien

Für Neubauten (GEG Teil 2, Abschnitt 4) und bestehende öffentliche Gebäude (GEG Teil 3, Abschnitt 2) wird eine anteilige Nutzung von Erneuerbaren Energien für die Deckung des Wärme- und Kälteenergiebedarfes gefordert.

Da Wärmeerzeuger, die mit erneuerbaren Energien betrieben werden, aus betriebstechnischen Gründen (Grundlast) möglichst lange und kontinuierlich betrieben werden sollten, kann auch mit einer kleinen installierten Leistung eine große Wärmemenge produziert und auf diese Weise der geforderte Anteil erfüllt werden.

2.3.3 Auslegung Wärmeerzeuger als Neuerrichtung

Die Gesamtnennwärmeleistung der WEA wird im Wesentlichen aus der Temperierung von Gebäuden (Norm-Heizlast) bestimmt.

Die Ermittlung der erforderlichen Norm-Heizlast einer neu zu errichtenden WEA, erfolgt nach dem Standardverfahren der DIN EN 12831-1²⁹ i.V. mit den in der DIN/TS 12831-1³⁰ (Nationale Ergänzung) definierten Eingangsgrößen.

Die benötigte Wärmeleistung von Raumluftechnischen Anlagen richtet sich nach vorgegebener Nutzung. Hierbei wird auf die AMEV RLT Anlagenbau hingewiesen.

Hinweise zur Wärmeleistung von Trinkwassererwärmungsanlagen werden unter Punkt 5.5 behandelt.

2.3.3.1 Norm-Heizlast und zusätzliche Aufheizleistung

Die Norm-Heizlast (= stationäre Wärmezufuhr bzw. Leistung zur Bereitstellung der geforderten Norm-Innentemperatur unter Norm-Außenbedingungen) für Gebäude ist nach der DIN/TS 12831-1 und deren nationalen Ergänzungen zu berechnen. Dabei werden die gesamten Transmissionsverluste nach außen, und die Lüftungswärmeverluste des Gebäudes berücksichtigt. Die Norm-Heizlast stellt eine Maximalsituation dar, die nur selten über einzelne Stunden im Jahr erreicht wird, jedoch zur Bestimmung der Gesamtnennwärmeleistung einer WEA geeignet ist.

²⁹ DIN EN 12831-1:2017-09 Energetische Bewertung von Gebäuden - Verfahren zur Berechnung der Norm-Heizlast - Teil 1: Raumheizlast, Modul M3-3

³⁰ DIN/TS 12831-1:2020-04 Verfahren zur Berechnung der Raumheizlast - Teil 1: Nationale Ergänzungen zur DIN EN 12831-1

$$\Phi_{\text{Norm-Heizlast (HL)}} = \underbrace{\sum_i^n (\Phi_{\text{Transmission}} + \Phi_{\text{Lüftung}})}_{\text{Wärmeverluste}} + \underbrace{\sum_i^n (\Phi_{\text{Aufheiz}})}_{\text{Zusätzliche Wärme}}$$

Abbildung 5: Berechnung der Norm-Heizlast

Die in DIN EN 12828³¹ Ziff. 4.1 genannten Auslegungskriterien sind zwischen Planer und Auftraggeber projektspezifisch zu klären und abzustimmen. Vereinbarungen zu den Auslegungskriterien sind projektspezifisch zu dokumentieren. Das Formblatt Vereinbarungen (V) der DIN/TS 12831-1 sollte hierfür angewandt werden.

Eine zusätzliche Aufheizleistung kann nur in besonders begründeten Einzelfällen berücksichtigt werden, wenn davon ausgegangen werden kann, dass sie gleichzeitig und unter Norm-Außenbedingungen auftritt.

Bei Gebäuden mit niedriger Norm-Heizlast kann die erforderliche Leistung für die Warmwasserbereitung höher sein als rein zur Beheizung des Gebäudes nötig wäre, so dass die Wärmeerzeugungsanlage bereits eine Aufheizreserve enthält.

Wärmegewinne durch solare Einstrahlung, Personen oder Maschinen werden weiterhin bei der Berechnung der Norm-Heizlast nicht berücksichtigt.

2.3.4 Auslegung Wärmeerzeuger im Bestand

Für die Ermittlung oder Überprüfung der erforderlichen Gesamtnennwärmeleistung einer bestehenden WEA, können folgende Möglichkeiten zur Berechnung / Ermittlung der Norm-Heizlast oder Gesamtnennwärmeleistung angewandt werden.

1. Auswertung von stündlichen Verbrauchsdaten mittels Wärmelastdiagramm (siehe Pkt.2.3.4.1).
2. Bestimmung des Wärmeverlustkoeffizienten aus Einzelwerten der Erzeugerleistung und der Außentemperatur (siehe vereinfachtes Verfahren nach Abschnitt 7.2, DIN/TS 12831-1).
3. Umrechnung der Jahresenergiemenge auf Basis von Vollbenutzungsstunden (siehe vereinfachtes Verfahren nach Abschnitt 7.3, DIN/TS 12831-1).

Die Schritte für die Ermittlung der Gesamtnennwärmeleistung nach Pkt.2 und Pkt.3, werden folgend nicht weiter betrachtet.

2.3.4.1 Ermittlung mittels Wärmelastdiagrammen

Liegen bei großen Wärmeversorgungsanlagen die stündlichen Verbrauchswerte (z. B. Erdgasverbrauch vom Versorgungsnetzbetreiber, Wärmemengenmessung) für ein komplettes, repräsentatives Betriebsjahr vor, so kann die nach Kapitel 2.3.3 berechnete Leistung plausibilisiert bzw. optimiert (korrigiert) werden.

³¹ DIN EN 12828:2014-07 Heizungsanlagen in Gebäuden - Planung von Warmwasser-Heizungsanlagen

Hierzu sind die stündlichen Verbrauchswerte in einer ungeordneten als auch geordneten Jahresdauerlinie darzustellen.

Diese berücksichtigt sämtliche die Heizlast beeinflussenden Faktoren wie Nutzerverhalten, Umwelteinflüsse (Sonne, Regen, Wind etc.) sowie Wärmeverteilverluste für das repräsentative Betriebsjahr. Zu empfehlen ist die Betrachtung von mindesten 3 Jahren, um das repräsentative Betriebsjahr zu identifizieren.

Beispiel Jahresdauerlinien:

In Abbildung 6 ist exemplarisch eine ungeordnete Jahresdauerlinie dargestellt. Anhand dieser Darstellung sind durch Störungen (z.B. kurzzeitiger Leistungsabfall) kurzzeitig verursachte, jedoch für die zu ermittelnde Leistung nicht relevante, Leistungsspitzen identifizierbar. Zudem ist anhand einer zeitgleichen Gegenüberstellung der Außentemperaturen eine belastbare Aussage zur erforderlichen Leistung möglich, da damit erkennbar ist, ob und über welchen Zeitraum die für die Leistungsfindung maßgebliche Norm-Außentemperatur vorgelegen hat. Ist die Norm-Außentemperatur nicht erreicht worden, so ist die aus dieser Darstellung identifizierte Leistung dahingehend zu extrapolieren.

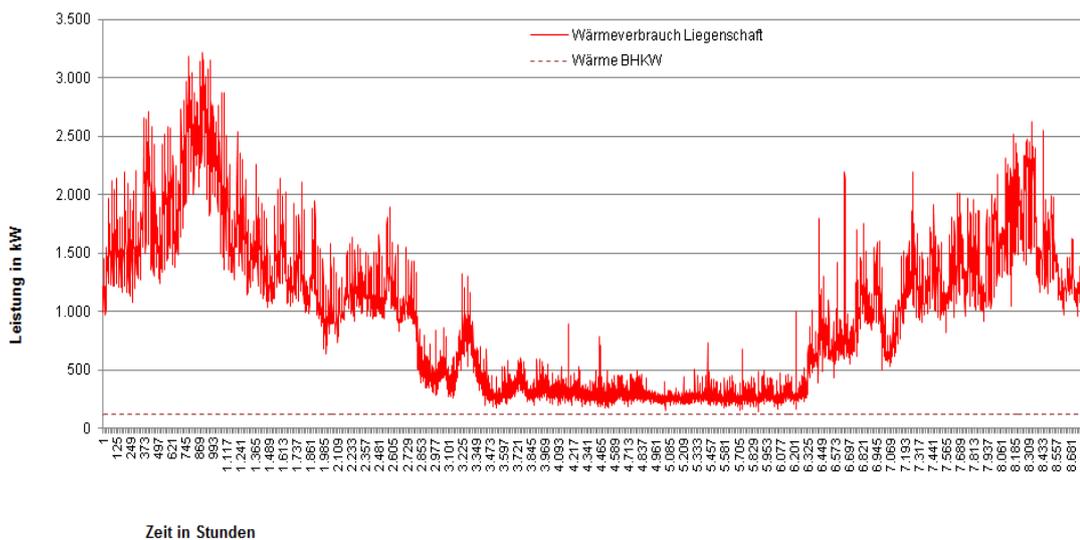


Abbildung 6: ungeordnete Jahresdauerlinie

Anhand einer geordneten Jahresdauerlinie (Abbildung 9) können die möglichen Betriebsstunden als auch produzierbare Wärmemengen in der Grundlast (z.B. KWK-Anlage) als auch in der Mittellast genauer ermittelt werden.

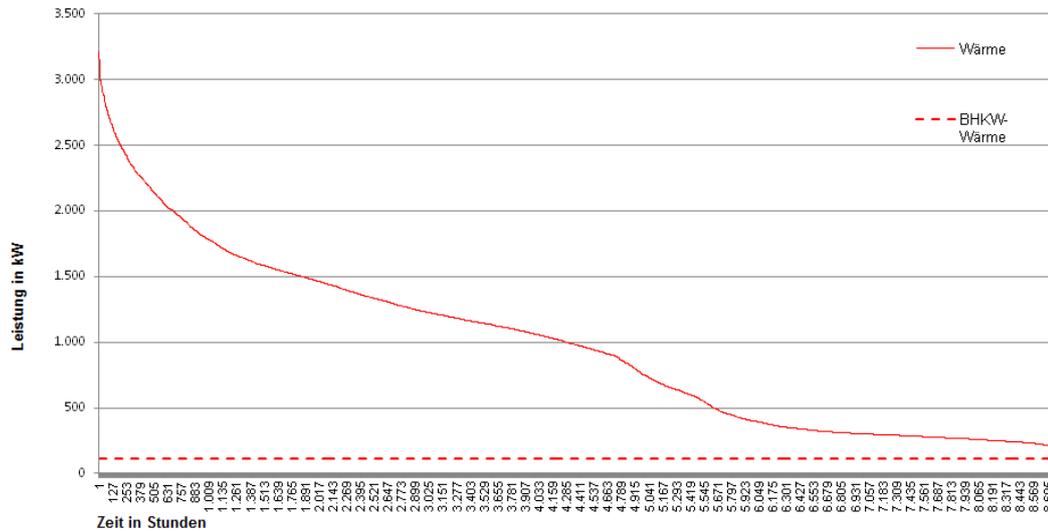


Abbildung 7: geordnete Jahresdauerlinie

Aufteilung der Wärmeleistungen

Die Anzahl, Art und Größe der Wärmeerzeuger ergibt sich aus der Wirtschaftlichkeitsbetrachtung und unter Berücksichtigung des GEG. Die Aufteilung der Gesamtleistung ergibt sich aus der Kombination unterschiedlicher Wärmeerzeuger, wie z. B. KWK-Anlagen, Wärmeerzeuger unter Nutzung regenerativer sowie konventioneller Energie.

Als Anhalt für die Aufteilung der Wärmeleistung einer eigenen WEA gilt folgendes:

- bis 0,6 MW: 1 bis 2 Wärmeerzeuger, mit bevorzugter Nutzung regenerativen Energien und/oder KWK
- über 0,6 MW: 2 bzw. mehrere Wärmeerzeuger incl. Grund- und Mittellastnutzung regenerativer Energien und/oder KWK

Diese Empfehlungen berücksichtigen Kosten für spätere Betriebsaufwendungen (wie z. B. Bedienung, Wartung, Instandsetzung).

Kleine Anlagen (≤ 0,6 MW)

- Vier mögliche Varianten:
1. 250 kW Pelletkessel
 2. 10 kW Erdgas-KWK Grundlast. + 240 kW Erdgaskessel (Spitzenlast)
 3. 75 kW Pelletkessel Grundlast + 175 kW Heizölkessel (Spitzenlast)
 4. 250 kW Fernwärmeversorgung mit KWK-Anteil

Große Anlagen (über 0,6 MW)

Hier ist die Aufteilung der Gesamtleistung an Hand der Jahresdauerlinie unter Berücksichtigung der Grundlast und der Schwachlast (Sommerbetrieb) zu optimieren. Dieses wird erreicht, indem man mit relativ geringer Wärmeerzeugerleistung einen möglichst großen Anteil an der Jahreswärme erzeugt. Um die Anzahl der Wärmeerzeuger möglichst gering zu halten, kann

zur Abdeckung kurzfristiger Lastspitzen ein Wärmespeicher siehe Punkt 2.8 eingeplant werden.

Hierbei sind die Eigenschaften der Wärmeerzeuger zu beachten:

Beispiel:

Beim Einsatz von fester Biomasse und KWK Anlage ist in Tabelle 3 eine sinnvolle Leistungsaufteilung aufgeführt. Der Wertebereich ist als Empfehlung zu sehen.

Wärmeerzeuger (Beispiel)	Einsatzbereich	Leistung [KW]	Leistungsanteil [%]	Wertebereich [%]
KWK Anlage	Grundlast	180	5,5	2 - 6
Biomassekessel	Grundlast/ Mittellast	650	20	15 - 35
NT-/BW-Kessel I	Schwach- /Spitzenlast	950	29	20 – 40
NT-/BW-Kessel II	Spitzenlast	1500	45,5	40 - 60
Summe		3280	100	100%

Tabelle 3: Leistungsaufteilung beim Einsatz von fester Biomasse in Kombination mit KWK

Die Aufteilung der Wärmeerzeuger ist in Abbildung 8 beispielhaft dargestellt.

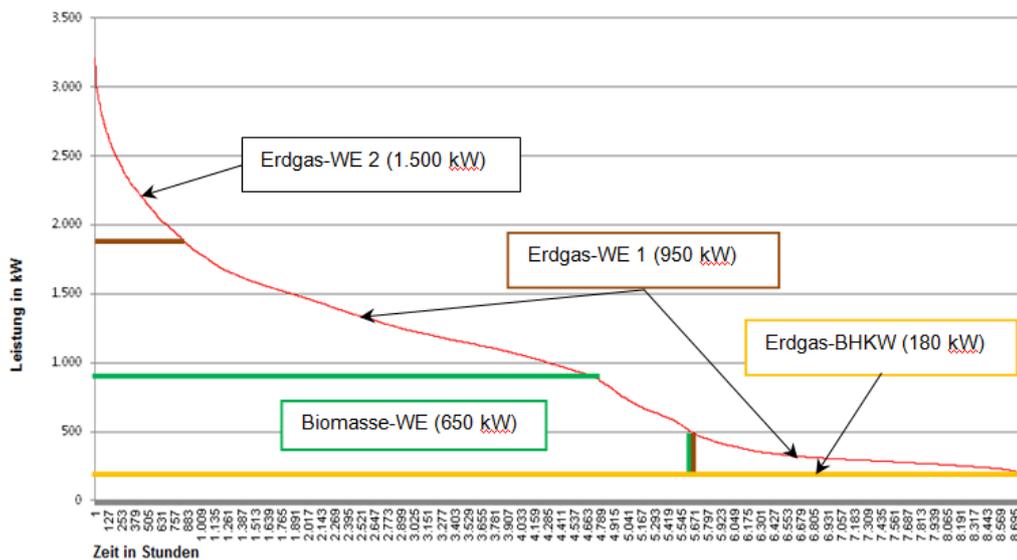


Abbildung 8: Jahresdauerlinie mit Aufteilung der WE-Leistungen

Bei der Leistungsabstufung ist zu berücksichtigen, dass KWK Anlagen und Biomassekessel möglichst lange und kontinuierlich laufen. Für die NT-/BW-Kessel als Spitzenlastkessel ist ein möglichst langer modulierender Betrieb der einzelnen Wärmeerzeuger gewährleistet. So ist bei den NT-/BW-Kessel insbesondere auf eine optimale Kessel-/Brennerkonstellation zu achten, um einen möglichst großen Modulationsbereich zu erreichen.

In Tabelle 4 sind für verschiedenen Wärmeerzeuger die Modulationsbereiche (unter optimalen Betriebsbedingungen) aufgeführt.

Wärmeerzeuger	Modulationsbereich
BHKW (thermisch)	60% - 100%
Holzhackschnitzel-Kessel	30% - 100%
Pelletkessel	25% - 100%
NT-/BW-Kessel, Heizöl-EL	30% - 100%
NT-/BW-Kessel, Erdgas	20% - 100%

Tabelle 4: Modulationsbereiche für verschiedene Wärmeerzeuger

Des Weiteren sind in der Kesselfolgeschaltung Mindestlaufzeiten zu berücksichtigen bzw. Tages-Mindestlaufzeiten anzustreben (siehe Tabelle 5).

Wärmeerzeuger	Mindestlaufzeit	Mindest-Tages-Laufzeit
BHKW	1 h	12 h
Biomassekessel	1 h	12 h
NT-/BW-Kessel I	-	4 h
NT-/BW-Kessel II	-	4 h

Tabelle 5: Mindestlaufzeiten von Wärmeerzeugern bei Kesselfolgeschaltungen

2.3.5 Auslegung Wärmeerzeuger für mehrere Gebäude

Bei der Leistungsbilanzierung der Norm-Heizlasten werden exakt oder überschlägig ermittelte Heizlasten aufaddiert und mit Faktoren bewertet (siehe Abbildung 9: Bilanzierung der Norm-Heizlasten).

$$\Phi_{HL,f,ges} = f_1 * (f_2 * f_3 * \sum_{i=1}^n \Phi_{HL,Geb_i} + \sum_{j=1}^m \Phi_{HL,TB_j})$$

Abbildung 9: Bilanzierung der Norm-Heizlasten

$\Phi_{HL,Gebi}$: Heizlast des Gebäudes i nach DIN/TS 12831-1, früher: Normwärmebedarf nach DIN 4701 oder vereinfachten Hüllflächenverfahren

n: Anzahl der Gebäude

$\Phi_{HL,TBj}$: Zusätzliche Heizlasten (Einzelfallbetrachtungen)

m: Anzahl der technischen Bereiche

f_1 : Gleichzeitigkeitsfaktor in Abhängigkeit der Anzahl von Gebäude n.

Faktor	Gebäudeanzahl
--------	---------------

1,0	bis 10
0,9	bis 30
0,8	bis 60
0,7	über 60

Tabelle 6: Anhaltswerte für den Faktor f1 in Abhängigkeit zur Anzahl der Gebäude

f₂: Zuschlagsfaktor für die Wärmeverteilverluste im WVN

Zustand WVN	Faktor
neu bzw. überwiegend im Erdreich verlegte WVN	1,03 bis 1,05
alt bzw. überwiegend in Kanälen verlegten WVN	1,05 bis 1,10

f₃: Spitzenlastzuschlag für Trinkwassererwärmung: Kann in der Regel gleich 1,0 gesetzt werden, da bei Dimensionierung der WEA die kurzen zeitgleichen Spitzenanforderungen zur Trinkwassererwärmung vernachlässigbar sind.

2.3.6 Fern- und Nahwärmeübergabestation

Bei der Auslegung der Wärmeübergabestation (Volumenstrom) ist folgendes zu berücksichtigen:

- Gesamtnennwärmeleistung (siehe Punkt 2.3.3.1)
- Betriebszustand (Schwachlast) im Sommer:
 - Trinkwassererwärmung
 - Geringe Temperaturspreizung
 - niedrigere Vorlauftemperatur

Gleiches gilt für die Bemessung der vertraglich festgelegten Anschlussleistung (z. B. Volumenstrombegrenzung).

Die Wärmeübergabe mittels Dampf oder Heizwasser erfolgt direkt (Wärmeversorgung mit Heizwasser aus dem Netz des Wärmelieferers) oder indirekt (hydraulische Trennung über Wärmetauscher).

Anforderungen zur Sicherheitstechnischen Ausrüstung sind der DIN 4747-1³² zu entnehmen.

Die Technischen Anschlussbedingungen des Fernwärmeversorgers (TAB) und das Regelwerk „Der Energieeffizienzverband“ für Wärme, Kälte und KWK e. V. (AGFW) sind zu beachten.

³² DIN 4747-1:2003-11 Fernwärmeanlagen - Teil 1: Sicherheitstechnische Ausrüstung von Unterstationen, Hausstationen und Hausanlagen zum Anschluss an Heizwasser-Fernwärmenetze

2.3.7 Niedertemperaturheizkessel

2.3.7.1 Allgemein

Niedertemperaturheizkessel (NT-Kessel) sind vielfach noch im Bestand vorhanden. Sie sind charakterisiert durch eine universelle Einsetzbarkeit, sowohl im unsanierten Gebäudebestand zur Deckung der gesamten Heizlast als auch im Neubaubereich als Spitzenlast-Wärmeerzeuger bei Mehrkesselanlagen. Im Unterschied zu Brennwertkesseln muss jedoch die Rücklauftemperatur oberhalb der Kondensationstemperatur liegen (bei Erdgas 55 °C, bei Heizöl 45 °C), um Schäden durch Korrosion zu vermeiden.

NT-Kessel bis 400 kW Nennleistung dürfen nicht mehr eingesetzt werden, weil sie die Effizienzanforderungen der ErP-Richtlinie (siehe Kapitel 1.1.6 Gesetzliche Anforderungen, ErP-Richtlinie) nicht mehr erfüllen. Somit ist der Einsatz von NT-Kessel auf eine Nennleistung auf größer 400 kW beschränkt.

Der Einsatz von NT-Kessel ist auf Grund der deutlich geringeren Energieeffizienz gegenüber einem Brennwert-Wärmeerzeuger auf den Ausnahmefall beschränkt. NT-Kessel können in Verbindung mit Abgaswärmetauschern den technischen Wirkungsgrad eines Brennwert-Kessel erreichen (siehe hierzu Kapitel 2.3.8 Brennwertkessel).

2.3.7.2 Einsatzmöglichkeiten und Ausführungshinweise

Der Einsatz von NT-Kessel kann in Mehrkesselanlagen bzw. Wärmeerzeugungsanlagen zur Deckung der Spitzenlast gewählt werden, in denen ein oder mehrere Wärmeerzeuger die Grundlast decken und damit das gesamte Potential der niedrigen Heizwassertemperatur bereits ausgenutzt ist. Über die hydraulische Einbindung und die Regelung ist dafür zu sorgen, dass sich der Betrieb des NT- Kessel nicht negativ auf den Betrieb des Grundlast-WE mit Bedarf an niedrigen Rücklauftemperaturen auswirkt (Strömungen des Heizwassers beachten). Gleichzeitig ist durch geeignete Maßnahmen dafür Sorge zu tragen, dass bei NT-Kessel in nicht korrosionsgeschützter Ausführung keine Kondensation auftritt, z. B. durch eine Rücklauf Temperaturanhebung des Kesselkreises.

NT-Kessel mit Heizölbetrieb können mit einem Normnutzungsgrad von 89 bis 92 % in eine überschlägige Berechnung für die Heizung und die Trinkwassererwärmung einfließen. Für NT-Kessel mit Erdgasbetrieb liegen diese Werte um ca. 2 % höher.

Bei einem Heizkesselaustausch ist neben der Überprüfung der erforderlichen Wärmeleistung auch die Verträglichkeit des neuen WE zum vorh. Heizungswasser zu prüfen.

2.3.8 Brennwertkessel

2.3.8.1 Allgemein

Die Brennwerttechnik ist zurzeit die effizienteste Wärmeerzeugung mittels Feuerungsanlage.

Bei einem Kesselaustausch ist eine Leistungsanpassung an den tatsächlichen Bedarf durchzuführen. Bei Kesselleistungen kleiner 400 kW sind grundsätzlich Brennwertkessel einzusetzen, weil NT-Kessel die Effizienzanforderungen der ErP-Richtlinie (siehe Kapitel 1.1.6 Gesetzliche Anforderungen und Kapitel 2.3.7 Niedertemperaturheizkessel) nicht mehr erfüllen.

Die Kosten für einen Brennwert-Kessel liegen im Vergleich zu einem Niedertemperatur-Kessel geringfügig höher.

Brennwert WE sind ohne Rücklauftemperaturenanhebung in die Anlagenhydraulik einzubinden. In einer Mehrkesselanlage ist ein Brennwertkessel hydraulisch so einzubinden, dass er das kälteste Rücklaufwasser erhält und nicht durch einen zugeschalteten NT-Kessel hydraulisch gestört wird.

2.3.8.2 Bauformen

Ein Brennwertkessel kann, wenn es die Gebäudestatik und die Zugänglichkeit erlaubt, im Keller oder in jeder anderen Etage bis hin zum Dach installiert werden. Kleinere Anlagen (bis ca. 100 kW Wärmeleistung) können platzsparend als wandhängende Geräte (geringer Wasserinhalt) installiert werden. Bodenstehende Kessel (höherer Wasserinhalt) benötigen einen größeren Platz. Sie sind als Kompaktkessel bis ca. 1.200 kW erhältlich.

Brennwertkessel für Leistungsgrößen bis ca. 1.200 kW sind aus kondensatbeständigem Material (meist Edelstahl) gefertigt.

Bei größeren WE (ab ca. 1.200 kW) wird die Brennwerttechnik durch Niedertemperatur-Kessel mit einem zusätzlichen Abgaswärmetauscher erreicht - dementsprechend sind die Investitionskosten höher. Dabei kann der Abgas-WT in der Kesseleinheit integriert oder als separates Bauteil im Abgasweg nachgeschaltet sein.

2.3.8.3 Eigenschaften

Das anfallende Kondensat aus einem Brennwertkessel oder dem Abgaswärmetauscher sowie der nachgeschalteten Abgasanlage muss kontrolliert abgeleitet werden (siehe Kapitel 2.4 Abgassystem und Kapitel 2.6 Kondensatsystem). Der Abgaswärmetauscher benötigt, wie Wärmeerzeuger, ebenfalls eine sicherheitstechnische Einrichtung nach DIN EN 12828³¹.

2.3.8.4 Besondere Brennstoffeigenschaften

Für den Brennstoff Erdgas kann die Brennwerttechnik mit einem Gebläsebrenner nach DIN EN 676³³ und bei der Verwendung von Heizöl schwefelarm mit einem Ölbrenner nach DIN EN 267³⁴ eingesetzt werden. Neben diesen Bauarten gibt es natürlich auch noch diverse herstellereigenspezifische Brenner-Bauformen und -arten, die vor allem in Kompaktkesseln Anwendung finden.

³³ DIN EN 676:2017-02 Automatische Brenner mit Gebläse für gasförmige Brennstoffe

³⁴ DIN EN 267:2017-02 Automatische Brenner mit Gebläse für flüssige Brennstoffe

Werden Wärmeerzeuger mit Zweistofffeuerung (Erdgas/Heizöl) betrieben, muss der Abgaswärmetauscher (wenn es nicht sichergestellt ist, dass nur schwefelarmes Heizöl verwendet wird) mit einem Bypass versehen werden. Bei Brennstoffwechsel auf Heizöl muss automatisch auf diesen Bypass umgeschaltet werden.

Schwefelarmes Heizöl (max. 50 ppm = 0,005 w-%) hat im Gegensatz zu Heizöl EL (0,1 w-% Schwefel) aufgrund der geringeren Aggressivität einen Vorteil bei einer möglichen Brennwertnutzung.

2.3.8.5 Auslegung

Bei der Auslegung des Abgas-WT sollte der Temperaturunterschied zwischen Heizwasserein- und -austritt im Bereich von ca. 5 K bis 10 K liegen.

Ein nachgeschaltet eingebauter Abgas-WT muss last- und spannungsfrei im Abgassystem eingebaut sein.

Brennwertwärmeerzeuger verbessern gegenüber Niedertemperaturwärmeerzeugern die Wirkungsgrade bei Gas- bzw. HEL - Feuerungen um folgende Werte (Überschlagswerte, siehe Tabelle 7):

Rücklauftemperatur in °C	Wirkungsgradverbesserung in %	
	Heizöl EL	Erdgas
> 50	bis zu 2	bis zu 2
50	bis zu 3	bis zu 5
40	bis zu 5	bis zu 7
35	bis zu 6	bis zu 9

Tabelle 7: Wirkungsgradverbesserung von Brennwertwärmeerzeuger zu Niedertemperaturwärmeerzeuger

2.3.9 Biomassekessel

Mit fester Biomasse (Holzpellets (HPE), Holzhackschnitzel (HHs)) betriebene Wärmeerzeuger sind insbesondere in Verbindung mit KWK Anlagen vorrangig zur Abdeckung der Mittellast einzusetzen (siehe VDI 6012 Blatt 2.1³⁵). Durch sie kann mit geringer Leistung eine relativ große Jahreswärmemenge erzeugt werden und gelangt seltener in den unteren Teillastbereich bzw. Gluterhaltungsbetrieb. In diesem Einsatzbereich sind in der Regel gute 4.000 Vollbenutzungsstunden erzielbar.

Die Leistungsabstufung und der Betrieb der Anlage sind entscheidend dafür, wie lange der Biomassekessel in Betrieb bleiben kann. In den Sommermonaten kann es von Vorteil sein, den Biomassekessel außer Betrieb zu nehmen, wenn ein zu häufiges Absenken in den Gluterhalt zu erwarten ist. Für einen

³⁵ VDI 6012 Blatt 2.1:2015-12 Regenerative und dezentrale Energiesysteme für Gebäude - Thermische Systeme; Biomasse-Feuerungsanlagen

wirtschaftlichen, materialschonenden und emissionsarmen Betrieb ist eine kontinuierliche Fahrweise anzustreben. Hierfür ist ein ausreichendes Pufferspeichervolumen vorzuhalten (siehe Kapitel 2.8).

Rückbrandsicherung (siehe Kapitel 2.2.5.4)

Eine Zellradschleuse sorgt z. B. dafür, dass nur eine geringe Menge an Pellets gleichzeitig den Brennraum erreicht und deckt die Zuführung ab, was die Gefahr eines Rückbrandes reduziert.

Zur Rückbrandsicherung gehört oft auch ein automatisches Löschesystem mit Wasser - der Brennraum wird im Notfall geflutet.

2.3.9.1 Pelletkessel

Zur Verfeuerung von Pellets unterscheidet man folgende Wärmeerzeugerbauarten:

- Pelletöfen, Leistungsbereich von 5 – 30 kW
 - Wärmeabgabe über Konvektion und Strahlung
 - Wärmeabgabe zusätzlich über eine sogenannte „Wassertasche“ an das PWW-Heizungssystem
- Pelletkessel, Leistungsbereich von 4 kW – mehrere 100 kW
 - Nur Pelletverfeuerung möglich
 - Pellet-Scheitholz-Kombikessel

Im Weiteren wird nur noch die Bauart Pelletkessel zur reinen Pelletverfeuerung betrachtet.

Pelletkessel sind für einen automatischen Betrieb konzipiert, vergleichbar dem eines Gas- oder Ölkessels. Dennoch ist der Betreuungsaufwand etwas höher. Verursacht wird dies durch gelegentliche Störungen, die in den meisten Fällen im Bereich der Fördereinrichtung zu finden sind (siehe Kapitel 2.2.5.1).

Pelletkessel eignen sich sehr gut für einen monovalenten Betrieb als Ein- oder Mehrkesselanlage. In bivalenten Anlagen sollten Pelletkessel als Grund- oder Mittellastkessel eingesetzt werden. Der vorzusehende Modulationsbereich wird in Tabelle 4 beschrieben. Übliche Kesselwirkungsgrade von Pelletkesseln liegen bei ca. 90 %.

Bei der Auswahl des Pelletkessels ist insbesondere auf folgende Merkmale zu achten:

- Großer Modulationsbereich
- Kesselwirkungsgrad $\geq 90\%$
- Verbrennungsregelung mittels Lambda-Sonde
- Automatische Reinigung der Rauchgaswärmetauscher
- Automatische Entaschung

Biomassekessel unterliegen, wie alle Feuerungsanlagen ab 4 kW, der Messpflicht gemäß 1. BImSchV (Kleinfeuerungsanlagenverordnung). Der Geltungsbereich reicht bei Einsatz von naturbelassenem Holz bis zu einer Feuerungsleistung von 1 MW. Feuerungsanlagen für feste Brennstoffe sind so zu errichten und zu betreiben, dass sie vorgegebene Emissionsgrenzwerte für

Staub und Kohlenmonoxid nicht überschreiten. Grenzwerte für Staub und CO sind in der 1. BImSchV¹⁵ vorgegeben.

2.3.9.2 Holzhackschnitzelkessel

Ein monovalenter Betrieb eines Holzhackschnitzelkessels ist i. d. R. nicht zu empfehlen. Bei bivalentem Betrieb wird der Energieträger Holzhackschnitzel für die Grund- und Mittellast eingesetzt.

Holzhackschnitzelkessel (HHS-Kessel) müssen auf die speziellen Eigenschaften wie Grobanteil, max. Querschnitt bzw. Länge und Wassergehalt der Hackschnitzel (siehe Kapitel 2.2.6 Holzhackschnitzelversorgung) sein. Sie erfordern aufgrund unterschiedlicher Brennstoffeigenschaften angepasste Einstellungen.

Beim Betrieb von HHS-Kesseln ist ein personeller Mehraufwand zu berücksichtigen. Um diesen personellen Aufwand zu reduzieren, sind größere Anlagen mit einem erhöhten Automatisierungsgrad auszustatten.

Grundsätzlich ist aufgrund der Brennstofflagerung von einem höheren Raumbedarf gegenüber fossilen Wärmeerzeugern auszugehen.

Für HHS-Kessel mit ≤ 500 kW Nennwärmeleistung gilt die DIN EN 303-5²². Für größere HHS-Kessel kann sie vergleichbar ausgelegt werden. Ihre Gestaltung hinsichtlich:

- Entlüftung des Wasserraumes
- Reinigung der Heizflächen
- Erkennbarkeit der Flamme
- Wasserseitige Dichtheit
- Austauschteile, Anschlüsse, Wärmedämmung
- Wasserseitiger Widerstand
- Brennstoffvorratsbehälter, Füll- und Ascheraum

hat den Beschreibungen der DIN EN 303-5²² zu entsprechen.

Der Kesselhersteller muss eine Risikobewertung entsprechend der Beschreibung in der DIN EN 303-5²² nachweisen können.

Diese Wärmeerzeuger sollten möglichst mit Voll- bzw. Dauerlast betrieben werden (ca. 3.500 Vollbenutzungsstunden pro Jahr). Ergänzt werden diese WE i. d. R. durch Spitzenlast WE.

Der vorzusehende Modulationsbereich wird in Tabelle 4 beschrieben. Übliche Kesselwirkungsgrade von HHS Kesseln liegen bei ca. 85 % in Abhängigkeit von der Qualität der Holzhackschnitzel.

Der Leistungsanteil der HHS-Anlage sollte dabei im Bereich zwischen 5 und 20 % der Gesamtanlagenleistung liegen. Höhere Anteile (bis 30 %) lassen sich i. d. R. nur mit einem zusätzlichen Wärmespeicher realisieren, wodurch Abnahmeschwankungen ausgeglichen werden.

2.3.9.3 Hinweise zum Konformitätsbewertungsverfahren (EG-Konformitätserklärung)

Die nachfolgenden Hinweise stellen keine rechtsverbindliche und allgemeingültige Beurteilung des Sachverhaltes hinsichtlich der Anwendung der Maschinenrichtlinie und des Konformitätsbewertungsverfahrens dar. Sie dienen der ersten Information beim Umgang mit Heizkesselanlagen, die aus mehreren unvollständigen Maschinen zu einer vollständigen Maschine gemäß Maschinenrichtlinie (MRL) zusammengebaut werden, wie es typischerweise bei Heizkesseln für feste Brennstoffe der Fall ist.

Grundsätzlich ist davon auszugehen, dass Heizkesselanlagen für feste Brennstoffe in den Anwendungsbereich der MRL fallen. Hilfestellung für die Zuordnung im Einzelfall gibt das Interpretationspapier des Bundesministeriums für Arbeit und Soziales (BMAS) unter: <https://www.bmas.de/DE/Themen/Arbeitsschutz/interpretationspapier-gesamtheit-von-maschinen.html>

Heizkessel für feste Brennstoffe werden nach bzw. in Anlehnung an DIN EN 303-5: 2012-10 „Heizkessel für feste Brennstoffe, manuell und automatisch beschickte Feuerungen, Nennwärmeleistung bis 500 kW – Begriffe, Anforderungen, Prüfungen und Kennzeichnung“ geprüft und erhalten die CE-Kennzeichnung nach der MRL. Das Konformitätsbewertungsverfahren, ggf. mit EG-Konformitätserklärung und Anbringen des CE-Kennzeichens, wird vom Hersteller oder seinem Bevollmächtigten durchgeführt. Die EG-Konformitätserklärung ist als Teil der technischen Dokumentation dem Besteller zu übergeben, siehe auch EN ISO/IEC 17050: 2010 bzw. 2004 „Konformitätsbewertung - Konformitätserklärung von Anbietern - Teil 1: Allgemeine Anforderungen“ und „...Teil 2: Unterstützende Dokumentation“. Bei Holzfeuerungsanlagen in Holzheizwerken, bestehend aus Feuerung mit Einschub und Kessel, erklärt häufig der Hersteller die Übereinstimmung mit der MRL, der Richtlinie für Niederspannungsgeräte, der Richtlinie über elektromagnetische Verträglichkeit und der Druckgeräterichtlinie.

Bei der Bestellung einer "unvollständigen Maschine" gemäß MRL, z.B. eines Antriebssystems, muss der Hersteller eine Risikobewertung durchführen aber kein Konformitätsbewertungsverfahren; die Einhaltung der Anforderungen gemäß MRL muss mittels Einbauerklärung bestätigt werden.

Wird z.B. durch eine Montagefirma aus der unvollständigen Maschine und weiteren Komponenten eine vollständige Maschine gemäß MRL montiert, muss i.d.R. diese als Inverkehrbringerin vor deren Inverkehrbringen ein Konformitätsbewertungsverfahren durchführen, die EG-Konformitätserklärung ausstellen und das CE-Kennzeichen anbringen.

Empfehlung:

Zur Vereinfachung der Überprüfung und Einhaltung der gesetzlichen Vorgaben, wird es als sinnvoll erachtet, den Beschaffungsvorgang so zu gestalten, dass immer eine vollständige Maschine gemäß MRL beschafft wird, zu welcher der Hersteller oder Lieferant zwingend auch die EU-Konformitätserklärung mitliefern sollte. Soweit die im Verfahren erarbeitete Risikobeurteilung nicht Teil der Hersteller- bzw. Lieferantendokumentation ist, kann diese auf Verlangen beim Hersteller bzw. Lieferanten eingesehen werden.

2.3.10 Wärmepumpe

2.3.10.1 Allgemein

Mit einer Wärmepumpe (WP) wird Wärme unter Aufwendung von Arbeit auf ein höheres Temperaturniveau angehoben. So lässt sich Wärme aus der allgemeinen Umwelt (Wärmequelle) wie z. B. Grundwasser oder Außenluft nach dem Anheben des Temperaturniveaus durch die WP zur Gebäudebeheizung (Wärmesenke) nutzen. Aus thermodynamischen Gründen (Carnot Prozess) ist eine möglichst geringe Temperaturdifferenz zwischen Wärmequelle und Wärmesenke (Heizmittel) anzustreben, um dadurch eine möglichst hohe Energieeffizienz zu erreichen.

Das Funktionsprinzip der Wärmepumpe ist dem der Kältemaschine gleich. Siehe hierzu die aktuelle AMEV-Empfehlung „Kälte“.

Beim Einsatz von Außenluft als Wärmequelle sind die Schallemissionen durch den Lüftereinsatz in Verbindung mit Außenluftverdampfern besonders zu beachten.

2.3.10.2 Bauformen

Einteilung der Wärmepumpen nach dem Antrieb:

Kompressionswärmepumpen (Mechanischer Antrieb)

Funktionsprinzip: Carnot-Prozess

Elektromotor:

In der Regel werden Wärmepumpen mit einem Elektromotor als Antrieb für den Kältemittel-Verdichter eingesetzt.

- Leistungsbereich: ca. 2 – 100 kW

Gasmotor:

Wird der Verdichter der Wärmepumpe von einem Gasmotor angetrieben, kann zusätzlich die Verbrennungswärme an das Heizsystem abgegeben werden. Die Nutzung eines Gasmotors trägt, wie bei der Kraft-Wärme-Kopplung, zu einer hohen Primärenergieausnutzung bei. Die Gasmotoren sind durch die breite KWK-Nutzung technisch ausgereift. Oftmals werden diese mit Heiz- und Kühlfunktion angeboten. Mit Gasmotoren betriebene Wärmepumpen bieten den Vorteil, dass sie höhere Systemtemperaturen liefern können.

- Sensible Wärme Abgas: ca. 600 °C (100 °C im Wärmetauscher)
- Kühlwasserwärme: 90 °C
- Kondensatorwärme: 40 - 50 °C
- Leistungsbereich: ca. 20 kW – 1,2 MW

Sorptionswärmepumpen (Thermischer Antrieb)

Absorption:

Absorption = Stoffpaarung Flüssigkeit / Gas

Die in Gasabsorptionswärmepumpen entstehende Wärme wird zusätzlich zur Umweltwärme dem nutzbaren Wärmekreislauf zur Verfügung gestellt.

- Leistungsbereich: ca. 20 kW – 40 kW

Adsorption:

Adsorption = Stoffpaarung Feststoff / Flüssigkeit, Gas

Bei den gegenwärtig auf dem Markt befindlichen (Gas-)Geräten wird als Feststoff Zeolith (Siedestein ist ein keramikähnliches Material aus Aluminiumoxid und Siliziumoxid) verwendet. Bei diesen Geräten wird das Erdreich oder ein Solar-Kollektor als Wärmequelle genutzt. Die Geräte arbeiten fast ohne bewegliche Bauteile und sind dadurch geräusch- und wartungsarm. Die auf dem Markt befindlichen Geräte besitzen ein integriertes Gasbrennwertheizgerät zur Deckung der Spitzenlast.

- Leistungsbereich: ca. 2 kW – 15 kW

Einteilung von Wärmepumpen nach der Art der Wärmeträger:

Der erste Begriff bezeichnet den Wärmeträger in der Wärmequelle. Der zweite Begriff bezeichnet den Wärmeträger in der Wärmesenke (Wärmenutzung):

- Luft/Luft-Wärmepumpe
- Luft/Wasser-Wärmepumpe
- Wasser/Wasser-Wärmepumpe
- Wasser/Luft-Wärmepumpe
- Sole/Wasser-Wärmepumpe
- Sole/Luft-Wärmepumpe

2.3.10.3 Begriffe/Kennzahlen:

Monovalenter Betrieb

Der gesamte Wärmebedarf wird allein von einer Wärmepumpe abgedeckt.

Bivalenter Betrieb

Die Wärmepumpe deckt die Grundlast des Wärmebedarfes ab. Spitzenlasten werden durch zusätzliche Heizgeräte abgedeckt. Diese können in der Wärmepumpe entweder integriert oder zusätzlich installiert sein.

Monoenergetischer Betrieb

Beim monoenergetischen Betrieb wird ab dem Bivalenzpunkt einer Wärmepumpe mit der gleichen Energie direkt zugeheizt. In der Regel mit elektrischer Energie durch einen Heizstab.

Bivalenzpunkt

Der Bivalenzpunkt dient der monoenergetischen und bivalenten Betriebsplanung einer Wärmepumpe. Dieser Betriebspunkt beschreibt nicht die Norm-Außentemperatur, sondern die Außentemperatur bei der die maximale Heizleistung der Wärmepumpe der momentanen Heizlast des Gebäudes entspricht. Sinkt die Außentemperatur weiter ab, so muss ein zweiter Wärmeerzeuger zugeschaltet werden.

Leistungszahl (COP = Coefficient of Performance)

Die Leistungszahl ist der Quotient aus dem bei bestimmten Betriebsbedingungen abgegebenen Nutzwärmestrom einer Elektrowärmepumpe im Heizbetrieb und der eingesetzten elektrischen Leistung für den Antrieb des Verdichters und der Hilfsantriebe nach DIN EN 14511³⁶.

$$COP = \frac{\text{Heizleistung}}{\text{elektrische Leistungsaufnahme}}$$

Die Leistungszahl wird bei den folgenden normierten Bedingungen ermittelt:

- Luft/Wasser-Wärmepumpen:
A2 / W35 (Lufttemperatur 2 °C / Heizungsvorlauftemperatur 35 °C)
- Sole/Wasser-Wärmepumpen:
B0 / W35 (Soletemperatur 0 °C / Heizungsvorlauftemperatur 35 °C)
- Wasser/Wasser-Wärmepumpen:
W10 / W35 (Grundwassertemperatur 10 °C / Heizungsvorlauftemperatur 35 °C)
- erdgekoppelte Direktverdampfungswärmepumpen:
E4 / W35 (Erdreichtemperatur 4 °C / Heizungsvorlauftemperatur 35 °C)

A=AIR (Luft); B=BRINE (Sole); E=EARTH (Boden); W=WATER (Wasser)

Jahresarbeitszahl (JAZ oder SFP = Seasonal Performance Factor)

Die Effizienz der (Elektro-) Wärmepumpe im realen Betrieb wird durch die Jahresarbeitszahl ausgedrückt. Dies ist der Quotient aus bereitgestellter thermischer Energie und aufgewendeter elektrischer Energie. Dabei ist die Systemgrenze der Wärmepumpenanlage (WPA) zu beachten. Ermittlung nach VDI 4650 Blatt 1³⁷.

$$SFP = \frac{\text{(Jahres –)Wärmearbeit}}{\text{eingesetzte elektrische (Jahres –)Energie}}$$

Heizzahl (PER – Primary Energy Ratio)

Die Effizienz für gasbetriebene Wärmepumpen wird durch die Heizzahl ausgedrückt. Dies ist der Quotient aus bereitgestellter thermischer Energie und der Summe aus aufgewendeter Brennstoffenergie (Gas) und aufgewendeter elektrischer Energie. Ermittlung nach VDI 4650 Blatt 2³⁸ bezogen auf die Zeiteinheit.

$$PER = \frac{\text{Heizleistung}}{\text{Brennstoffleistung} + \text{elektrische Leistungsaufnahme}}$$

³⁶ DIN EN 14511 „Luftkonditionierer, Flüssigkeitskühlsätze und Wärmepumpen für die Raumbeheizung und –kühlung und Prozess-Kühler mit elektrisch angetriebenen Verdichtern (Teil 1 – 4)

³⁷ VDI 4650 Blatt 1: 2019-03 Berechnung der Jahresarbeitszahl von Wärmepumpenanlagen - Elektrowärmepumpen zur Raumheizung und Trinkwassererwärmung

³⁸ VDI 4650 Blatt 2:2013-01 Kurzverfahren zur Berechnung der Jahresheizzahl und des Jahresnutzungsgrads von Sorptionswärmepumpenanlagen - Gas-Wärmepumpen zur Raumheizung und Warmwasserbereitung

Jahresheizzahl

Die Jahresheizzahl bei gasbetriebenen Wärmepumpen ist der Quotient aus abgegebener Jahreswärmemenge und der Summe aus Heizwert der eingesetzten Jahresbrennstoffmenge und der für den Betrieb der Wärmepumpe eingesetzten Jahresstrommenge.

$$\text{Jahresheizzahl} = \frac{(\text{Jahres -})\text{Wärmearbeit}}{(\text{Jahres -})\text{Brennstoffmenge} + \text{eingesetzte elektrische (Jahres-)Energie}}$$

Jahreszeitbedingte Raumheizungs-Energieeffizienz (nach VERORDNUNG (EU) Nr. 813/2013 Ökodesign)

Die „jahreszeitbedingte Raumheizungs-Energieeffizienz“ (η_s) bezeichnet den Quotienten aus dem von einem Heizgerät gedeckten Raumheizwärmebedarf für eine bestimmte Heizperiode und dem zur Deckung dieses Bedarfs erforderlichen jährlichen Energieverbrauch in %.

$$\text{jahreszeitbed. Raumheiz. -Energieeff.} =$$

$$\frac{\text{Raumheizwärmebedarf}}{\text{erforderlichen jährlichen Energieverbrauch}}$$

2.3.10.4 Effizienzanforderungen

ErP-Richtlinie (siehe auch Kapitel 1.1.6)

Die Verordnungen (EU) Nr. 813/2013 und Nr. 811/2013 unter der ErP-Richtlinie definieren Anforderungen an Raumheizgeräte mit Wärmepumpen, wie bspw. den Schalleistungspegel und die jahreszeitbedingte Raumheizungs-Energieeffizienz. Die Geräte müssen mit der jeweilig erreichten Effizienzklasse (A++ bis G) gekennzeichnet sein.

Klassen für die jahreszeitbedingte Raumheizungs-Energieeffizienz Wärmepumpen		
Energieeffizienz Klasse	Energieeffizienz Wärmepumpe (55°C), η_s in %	Energieeffizienz Niedertemperatur-Wärmepumpe (35°C), η_s in %
A +++	$\eta_s \geq 150$	$\eta_s \geq 175$
A ++	$125 \leq \eta_s < 150$	$150 \leq \eta_s < 175$
A +	$98 \leq \eta_s < 125$ seit 27.09.2017 Mindestanforderung: >110	$123 \leq \eta_s < 150$ seit 27.09.2017 Mindestanforderung: >125

Tabelle 8: Effizienzklassen Wärmepumpen

Mindestens zu erreichende Effizienzwerte

Der COP-Wert elektrisch betriebener Wärmepumpen, sowie die Heizzahl PER bei Gasmotor- oder Gasabsorptionswärmepumpen sollten die Mindestwerte in der Tabelle 9 einhalten.

COP von elektrisch betriebenen Wärmepumpen Stand 2019 BAFA				
Wärmequelle	Wärmesenke	Temperaturen	Nennwärmeleistung	COP min.
Luft	Wasser	A2 / W35	2 – 50 kW	3,1
Sole	Wasser	B0 / W35	5 – 90 kW	4,3
Wasser	Wasser	W10 / W35	7 – 99 kW	5,1
Erdgekoppelter Direktverdampfer	Wasser	E4 / W35	5 – 95 kW	4,0
Heizzahlen von Gasmotor- oder Gasabsorptionswärmepumpen Stand 2019 BAFA				
Wärmequelle	Wärmesenke	Temperaturen	Nennwärmeleistung	Heizzahl PERmin.
Luft	Wasser	A2 / W35	2 – 50 kW	1,24
Sole	Wasser	B0 / W35	5 – 90 kW	1,72
Wasser	Wasser	W10 / W35	7 – 99 kW	2,04

Tabelle 9: Mindestanforderungen an COP und PER von Wärmepumpen

Für Luft / Luft Wärmepumpen ist die Wirtschaftlichkeit im Einzelfall nachzuweisen.

2.3.10.5 Kältemittel

Wärmepumpen mit Kompressionsantrieb (elektrisch- oder gasbetrieben) sind auf ein Kältemittel zur Übertragung von Wärme aus der Umwelt auf das Heizungsmedium angewiesen. Vor dem Hintergrund der internationalen Verpflichtungen zum Klimaschutz (KYOTO – Protokoll) wurde unter anderem das Inverkehrbringen und die Verwendung fluorierte Treibhausgase (F-Gase) neu geregelt. Die EU-Verordnung Nr. 517/2014 (F-Gase-Verordnung) vom 16.04.2014 regelt das Inverkehrbringen halogenierter Kältemittel. Die darin enthaltene Mengenbeschränkung führt zu einer starken Erhöhung der Marktpreise von Kältemitteln mit einem hohen Treibhausgaspotenzial (GWP).

Es ist daher bei der Auswahl von Wärmepumpen darauf zu achten, dass Modelle zum Einsatz kommen, die entweder mit natürlichen Kältemitteln oder mit Kältemitteln mit einem möglichst niedrigen GWP arbeiten und als zukunftssicher bis 2030 eingestuft sind. Eine ausführliche Abhandlung hierzu ist in der AMEV-Empfehlung Kälte enthalten.

2.3.10.6 Auslegung

Voraussetzung für die Nutzung einer Wärmepumpe zur Gebäudeheizung ist ein niedriges Temperaturniveau in der Heizungsanlage. Das Heizungssystem soll im Auslegungsfall mit einer Vorlauftemperatur von 35 °C, in Ausnahmefällen mit max. 55 °C, betrieben werden. Ob eine monovalente oder bivalente Betriebsweise sinnvoll ist, muss geprüft werden. Bei Nennwärmeleistungen ab 50 kW ist in der Regel eine bivalente Betriebsweise sinnvoll. Die Planung von Wärmepumpenanlagen sollte nach DIN EN 15450³⁹ erfolgen.

Die Effizienz einer Wärmepumpe hängt stark von der Temperaturdifferenz zwischen Wärmequelle und -senke ab. Die Wärmequelle sollte folgende Kriterien erfüllen:

- möglichst hohes Temperaturniveau
- annähernde Temperaturkonstanz
- ausreichendes Energiereservoir
- ausreichende Regenerationsfähigkeit
- günstige Erschließung

Als mögliche Wärmequellen kommen in Frage:

- Wärme aus dem Erdreich (siehe Kapitel 2.2.8 Geothermie): Erdreich -5 bis +10 °C, Grundwasser 8 bis 12 °C, Erdsonden 7 bis 12 °C
- Solarthermie (siehe Kapitel 2.2.9 Solarthermie): Solarabsorber >20 °C
- Wärme aus See- oder Flusswasser (wasserrechtliche Genehmigung erforderlich): Oberflächenwasser 2 bis 15 °C
- Wärme aus Außenluft: -18 bis +25 °C
- Abwärme (siehe Kapitel 2.2.10 Umweltwärme): Fortluft 20 bis 30 °C, Abwasser 25 bis 35 °C, Kühlwasser aus technischen Prozessen 20 bis 50 °C

Weiterhin hat auch die Leistungsregelung einen positiven Einfluss auf die Effizienz einer Wärmepumpe. Neben zweistufigen Anlagen, die mit zwei Verdichtern ausgestattet sind, werden zunehmend Wärmepumpen mit modulierend arbeitenden Kompressoren (Inverter-Drehzahlregelung oder Digital Scroll) auf dem Markt angeboten. Sie sind den einstufigen Anlagen vorzuziehen.

2.3.11 Kraft-Wärme-Kopplung (KWK)

Kraft-Wärme-Kopplung ist die gleichzeitige Umwandlung von eingesetzter Brennstoff-Energie in elektrische Energie und in Nutzwärme in einer ortsfesten technischen Anlage.

Es lässt sich eine wesentlich bessere Nutzung der eingesetzten Primärenergie erreichen, wenn Wärme und Strom direkt dort erzeugt werden, wo diese auch benötigt werden. Der energetische Effizienzvorteil der gekoppelten Strom- und Wärmeerzeugung mittels KWK gegenüber der getrennten Erzeugung hängt vom Einzelfall ab und liegt zwischen ca. 15 % bis 30 %.

³⁹ DIN EN 15450:2007-12 Heizungsanlagen in Gebäuden – Planung von Heizungsanlagen mit Wärmepumpe

Hinweise zur Steuerlichen Bewertung von KWK Anlagen befinden sich im Kapitel 9.1.8 Gesetzliche Rahmenbedingungen bei KWK-Anlagen.

2.3.11.1 Klassifizierung KWK-Anlagen

Eine gesetzlich definierte Einteilung nach Größen existiert nicht.

Das KWK-Gesetz stuft die finanzielle Förderung in folgende Gruppen ein, wobei KWK-Anlagen bis 2 MW_{el} als kleine KWK-Anlagen bezeichnet werden:

- bis 50 kW_{el}
- 50 – 100 kW_{el}
- 100 kW_{el} – 250 kW_{el}
- 250 kW_{el} - 2 MW_{el}
- > 2 MW_{el}

In Produktunterlagen von Herstellern werden für kleinere Anlagen häufig vom KWK-Gesetz abweichende Unterscheidungen getroffen:

- Mikro-KWK: < 2 kW_{el}
- Mini-KWK: 2 – 15 kW_{el}
- Kleinst-KWK: 15 – 50 kW_{el}
- Klein-KWK: 50 kW_{el} – 350 kW_{el}

2.3.11.2 Technologien

Grundsätzlich stehen zwei Basistechnologien zur Verfügung:

1. Wärme-Kraft-Maschinen

- interne Verbrennungsmotoren (z. B. Ottomotor, Dieselmotor)
- externe Verbrennungsmotoren (Stirlingmotor, Dampfexpansionsmaschine)
- Mikrogasturbinen / Dampfturbinen

2. Brennstoffzellen

Die Brennstoffzelle wandelt die chemische Energie eines Brennstoffes in einem elektrochemischen Prozess direkt in Elektrizität und Wärme um. Grundsätzlich besteht diese aus einer Anode, einer Kathode und einem trennenden Elektrolyten. Der Anode wird Wasserstoff zugeführt, dieser wird in einem Katalysator in Elektronen und Protonen zerlegt. Die Protonen wandern durch den Elektrolyten zur Kathode. Die Elektronen laufen über einen Stromkreis, wo sie elektrische Arbeit verrichten, zur Kathode. An dieser verbinden sich Elektronen und Protonen mit Sauerstoff zu Wasser.

Bei der Verwendung von Erdgas wird der Brennstoffzelle ein Reformer vorgeschaltet. Dieser wandelt das Erdgas zu Kohlendioxid und Wasserstoff um.

Technische Spezifika unterschiedlicher KWK-Technologien werden in der nachfolgenden Tabelle 10 dargestellt.

	Verbrennungskraftmaschine	Stirlingmotor	Dampfexpansion	Mikrogasturbine	Brennstoffzelle
elektrische Leistung in kW	1 – 20.000	1 - 40	2	1 – 1000	1 – 5
elektrischer Wirkungsgrad in %	19 - 49	10 - 30	10 – 15	10 - 33	bis 34 %
Gesamtwirkungsgrad in %	ca. 90	ca. 85	ca. 90	ca. 83	bis 96 %
Teillastverhalten	gut	schlecht	gut	gut	sehr gut
Brennstoff	Erdgas, Flüssiggas, Diesel, Biogas, Bioöle	Erdgas, Flüssiggas, Biogas, Holz, Wärme aus Prozessen	Erdgas, Biogas, Bioöle	Erdgas, Biogas, Diesel, Bioöle	Erdgas, Biogas, Methanol
Entwicklungsstand	ausgereifte Technik, Serienprodukte	Kleinserien	Kleinserie	Kleinserie	Prototyp /Kleinserie
Wartungsaufwand	hoch	gering	gering	gering	keine Erfahrungen

Tabelle 10: Darstellung unterschiedlicher KWK-Technologien

Gegenwärtig ist die KWK-Technik mit Otto-/Dieselmotoren die bewährteste, am meisten eingesetzte und in einem großen Leistungsbereich vorhandene Technik.

Stirlingmotoren mit Gasbrennwertthermen als Unit und Brennstoffzellen werden von einigen wenigen Herstellern in einem Leistungsbereich von ca. 1 kW_{el} angeboten und sind durch den kleinen Leistungsbereich nur beschränkt einsetzbar.

Dampfexpansionsmaschinen bietet zurzeit nur ein Hersteller an.

Die Technik der Mikrogasturbinen ist bewährt, wird aber wenig verwendet.

2.3.11.3 Auslegung

Die Wirtschaftlichkeit einer KWK-Anlage steigt mit der Jahreslaufzeit und dem Anteil an eigen genutztem Strom. Als Richtwert (Erfahrungswert) kann hier ein Wert ab ca. 5.000 h/a (Vollbenutzungsstunden) genannt werden. Grundsätzlich sollte ein ganzjähriger Wärme- und Strombedarf vorhanden sein, der ermittelt werden muss.

- Wärmeverbrauchswerte

Die Wärmeverbrauchswerte sollten möglichst als Stundenwerte vorliegen. Die Werte müssen grafisch als ungeordnete und geordnete Jahresdauerlinie aufbereitet werden. In der Regel wird für die Auslegung der KWK-Anlage die ganzjährig vorliegende Wärmegrundlast berücksichtigt. Für die Auslegung einer KWK-Anlage, auch unter Berücksichtigung mehrerer Wärmeerzeuger, siehe Kapitel 2.3.3 Auslegung Wärmeerzeuger.

- Stromverbrauchswerte

Die Stromverbrauchswerte sollten als ¼-Stundenwerte vorliegen. Auch diese Werte müssen grafisch als ungeordnete und geordnete Jahresdauerlinie (siehe Abbildung 6 und Abbildung 7) aufbereitet werden.

Die Wirtschaftlichkeit einer KWK-Anlage hängt maßgeblich von den Erträgen für den selbstgenutzten bzw. vom eingespeisten Strom ab:

- KWK-Zuschlag
- Vermiedene Netznutzungsentgelte
- Einspeisevergütung
- Differenz Strombezugskosten
- Stromeigenerzeugungskosten

Die einzelnen Vergütungen können auf Grund der sich ständig ändernden Rahmenbedingungen hier nicht aufgeführt werden.

2.3.11.4 Hydraulische Einbindung

In der Regel benötigen die Aggregate eine Rücklauftemperatur von $< 70\text{ °C}$. Oberhalb dieser Temperatur schalten die Geräte häufig ab, da die Motoren nicht mehr ausreichend gekühlt werden. Die Schalthysteresen und -phasen der verschiedenen Aggregate sind zu berücksichtigen. Zur Vermeidung von hohen Taktfrequenzen ist es empfehlenswert, ein entsprechendes Speichervolumen vorzuhalten.

Das Speichervolumen sollte die thermische Energie einer Betriebsstunde des BHKWs aufnehmen. Das Volumen großer Wärmeversorgungsnetze (innerhalb einer Liegenschaft) kann ggfls. als Speicher genutzt werden.

2.3.11.5 Elektrische Einbindung

Unterschiedliche Anwendungsregeln für die Integration von KWK-Anlagen in das öffentliche Stromnetz (u.a. Wirkleistungsregelung, Netztrennung, dynamische Netzstützung, Blindleistungsregelung, Netzüberwachung, Konformitätsnachweis) erfordern bereits in den frühen Planungsphasen eine Klärung mit dem örtlichen Verteilnetzbetreiber (VNB).

Bei der Planung, Errichtung, Anschluss und Betrieb von elektrischen Anlagen ist die Anwendungsregel VDE-AR-N 4100 „TAR Niederspannung“ anzuwenden.

In Abhängigkeit der Summenwirkleistung (ΣP_{Amax}) der Erzeugungsanlagen und Energiespeicher gelten folgende VDE-Anwendungsregeln:

- $\Sigma P_{Amax} < 135\text{ kW}$ VDE-AR-N 4105
- $\Sigma P_{Amax} \geq 135\text{ kW bis } 950\text{ kW}$ VDE-AR-N 4110

Zur Einhaltung der Netzstabilität muss dem VNB-Strom grundsätzlich ein vom Hersteller der KWK-Anlage erstelltes Einheitszertifikat vorgelegt werden. Zusätzlich zum Einheitszertifikat ist in Abhängigkeit des Leistungsbereiches ein Anlagenzertifikat erforderlich:

- $\sum P_{Amax} 135 \text{ kW} \leq 950 \text{ kW}$ Anlagenzertifikat B (vereinfachtes Verfahren)
- $\sum P_{Amax} > 950 \text{ kW}$ Anlagenzertifikat A

Das Anlagenzertifikat bestätigt die Einhaltung der Anforderungen aus der VDE - AR- N 4110 gegenüber dem VNB-Strom und ist verpflichtend.

Die Anschlussart hat erheblichen Einfluss auf die BHKW-Ausrüstung und die Netzstruktur. So können u.U. zusätzliche Schaltorgane, Überwachungseinrichtungen, Rundsteuerempfänger, Lastgangzähler etc. erforderlich werden.

2.3.11.6 Betriebsarten

Bei der KWK werden folgende Betriebsarten unterschieden:

- Wärmegeführte Betriebsart
mit und ohne Überschusseinspeisung in das öffentliche Stromnetz

Die Anlage deckt die thermische Grundlast ab. Als Anhaltswert kann für die Dimensionierung von 15 % – 30 % der Spitzenlast ausgegangen werden. Der produzierte Strom wird überwiegend selbst verbraucht, die Überschüsse werden in das Stromnetz eingespeist.

Diese Betriebsart erzielt einen hohen Gesamtnutzungsgrad. Bei einer Einspeisung des Stromes in das Netz ist die Steuerpflicht zu beachten (Gründung eines Betriebs gewerblicher Art).
- Stromoptimierte Betriebsart

Mit Einsatz eines Wärmespeichers ist es möglich, Wärmeerzeugung und -nutzung zeitlich in gewissem Maße zu trennen. Hiermit wird kurzfristig eine Entkopplung von Strom- und Wärmeerzeugung möglich. Dies kann sinnvoll sein, wenn ein hoher Strombedarf vor Ort möglichst gut abgedeckt werden soll und gleichzeitig eine möglichst ganzjährige Wärmenutzung gegeben ist.
- (Rein) stromgeführte Betriebsart

Bei dem rein stromgeführten Betrieb wird die Anlage nach dem jeweiligen Strombedarf gefahren. Die anfallende Wärme deckt die Wärmelast. Überschüssige Wärme wird zwischengespeichert oder ungenutzt (Rückkühlwerk erforderlich!) abgeführt. Hierbei liegt dann temporär keine KWK-Erzeugung vor. Diese Betriebsart sollte daher nur kurzzeitig und in Ausnahmefällen gewählt werden, zumal auch für die Vergütung im Rahmen des KWK-Gesetzes (KWKG) ein jährlicher Mindestbrennstoffnutzungsgrad erforderlich ist.
- Strompreisgeführte Betriebsart

Bei dieser Sonderform bestimmen die Stundenpreise des Strommarktes die Fahrweise. Die Steuerung der KWK-Anlage übernimmt i. d. R. ein Stromhandelsunternehmen, welches in Hochpreiszeiten KWK-Anlagen

zuschaltet und neben der Stromerzeugung für den Eigenverbrauch Strom in das öffentliche Netz einspeist.

Sinnvoll erscheint diese Betriebsart ebenfalls nur, wenn eine möglichst ganzjährige Wärmenutzung gegeben ist, die jedoch zeitlich nicht mit der Stromerzeugung zusammenfallen muss. Für eine ausreichende Pufferung der Wärme muss gesorgt werden.

Zusätzlich zur Optimierung der Stromerzeugung kann durch die Anlage Regelenergie als weitere Einnahmequelle bereitgestellt werden. Sie dient der Stabilisierung des Netzes und ist für Versorgungsnetzbetreiber vor allem bei Verfügbarkeit größerer Leistungsreserven (mehrere 100 kW_{el}) von Interesse.

2.3.11.7 Wartung und Instandhaltung

Zur Aufrechterhaltung des Sollzustandes auch nach der Verjährungsfrist für Mängelansprüche (Gewährleistungszeit) empfiehlt es sich, einen Instandhaltungsvertrag zu vereinbaren, der die Wartung, Inspektion und Instandsetzung beinhaltet. Geeignete Vertragsmuster sind z. B. „Instand BHKW 2020“⁴⁰ oder der Full-Service-Vertrag nach VDI 4680⁴⁰.

Die Kosten für einen Instandhaltungsvertrag werden meist auf Basis der erzeugten elektrischen Arbeit in Cent/kWh_{el} berechnet. Die Bandbreite bei Erdgas-BHKWs in der Kategorie von 100 bis 1.000 kW_{el} bewegt sich netto zwischen 1 und 2 Cent/kWh_{el}.

2.3.11.8 Power-to-heat

Power-to-heat (P2H) wird definiert als die Umwandlung von elektrischer Energie in Nutzwärme.

Die wichtigsten Technologien hierbei sind verschiedene Formen der Widerstandsbeheizung, des Elektrodenheizkessels und der Wärmepumpe. Der Begriff P2H wird allgemein für Anlagen benutzt, die negative Regelleistung für Stromnetzbetreiber zur Verfügung stellen. Regelenergie dient dazu, unvorhergesehene Abweichungen in der Stromerzeugung oder Stromabnahme auszugleichen, um Netzinstabilitäten im Stromnetz zu vermeiden.

P2H-Anlagen werden nicht gebaut, um einen Wärmebedarf zu decken, sondern um eine Regelleistung zu vermarkten, welche meist erst ab einer Leistung von ca. 1 MW möglich ist. Trotz des Ausbaus der regenerativen Stromerzeugung ist die Nutzung der Stromnetzbetreiber von Regelleistung in den letzten Jahren rückläufig. Die beschriebene Anwendung wird nicht empfohlen.

2.3.12 Sonderformen der Wärmeerzeugung

Zur Beheizung von Hallen bieten sich direkt befeuerte Warmluftferzeuger wie auch direkt befeuerte Strahlungsheizungen an. Grundsätzlich sind direkt befeuerte Heizgeräte immer dann anwendbar, wenn keine Anforderungen an den Ex-Schutz gestellt werden. Richtig ausgelegt, bieten beide Systeme eine vergleichbare Wirtschaftlichkeit.

⁴⁰ VDI 4680:2011-04 Blockheizkraftwerke (BHKW) - Grundsätze für die Gestaltung von Serviceverträgen

Bei der Planung der Hallenheizung wird zunächst die Norm-Heizlast nach DIN/TS 12831-1³⁰ ermittelt, die zur Deckung der Wärmeverluste durch Transmission, Lüftung sowie ggfls. von Zusatz-Schnellaufheizleistung erforderlich ist. Beim Einsatz von Wärmestrahlern kann zusätzlich in Anlehnung an die DIN EN 18599-1⁴¹ ein Abschlag aufgrund der Wärmeübertragung durch Strahlung erfolgen, der jedoch gerätespezifisch ausfällt und von den Herstellern genannt werden muss. Für die Berechnung der Heizlast ist daher zu unterscheiden, ob der Raum mit Strahlern oder mit Warmlufterzeugern beheizt werden soll.

Beide Gerätearten benötigen eine Brennstoffzufuhr, eine Verbrennungsluftzuführung, einen elektrischen Anschluss, eine Temperaturregelung und eine Abgasabführung. Es ist darauf zu achten, dass die Systeme aus Erzeugung, Abgasanlage und Verbrennungsluftzuführung aufeinander abgestimmt sind.

2.3.12.1 Direktbefeuerte Strahlungsheizungen

Beim Einsatz von Wärmestrahlern ist neben der Deckung des Wärmebedarfes die Ausstrahlungscharakteristik äußerst wichtig. Es reicht nicht aus, einen oder wenige große Strahler mit hoher Leistung zu installieren. Diese decken zwar den Wärmebedarf, führen aber aufgrund der großen Abstände zu ungewollten Strahlungsasymmetrien. Das bedeutet: Unter dem Strahler ist es heiß, während es zwischen den Strahlern oder an der Außenwand kalt ist.

Bei den direkt befeuerten Strahlungsheizgeräten unterscheidet man zwischen Hellstrahlern und Dunkelstrahlern.

Sowohl Hell- als auch Dunkelstrahler werden häufig in großer Höhe montiert. Es muss darauf geachtet werden, dass die Zugänglichkeit für Wartungs- und Instandsetzungsarbeiten jederzeit gewährleistet bleibt.

– Hellstrahler

Hellstrahler arbeiten mit einer relativ kleinen, glühenden Oberfläche, deren Temperatur bis zu 900 bis 950 °C betragen kann. Damit geben sie eine kurzwellige Infrarotstrahlung mit hoher Intensität ab. Bereits kurze Zeit nach dem Einschalten der Hellstrahler geben sie ihre volle Wärmeleistung ab.

– Dunkelstrahler

Bei den Dunkelstrahlern gibt es verschiedene Bauarten. Grundsätzlich unterscheidet man zwischen Strahlungsbändern und Einzelstrahlern. Bei den Strahlungsbändern handelt es sich um Strahlungsrohre mit einem Durchmesser von 150 bis 400 mm, die als lang gezogenes U angeordnet sind. Wärmeverluste sind durch die Bauart und die Geräteanordnung zu minimieren. Wichtig ist auch, dass die Außenblenden der Gehäuse weit unter die Rohrunterkante gezogen sind. Damit werden die Konvektionsverluste an den heißen Rohren aufgefangen und können nicht zur Decke entweichen.

⁴¹ DIN V 18599-1:2018-09, Energetische Bewertung von Gebäuden – Berechnung des Nutz-, End- und Primärenergiebedarfs für Heizung, Kühlung, Lüftung, Trinkwarmwasser und Beleuchtung – Teil 1: Allgemeine Bilanzierungsverfahren, Begriffe, Zonierung und Bewertung der Energieträger

Jedes Strahlungsband wird mit einem eigenen Brenner befeuert. Die Oberflächentemperatur der Strahlrohre liegt bei 300 bis maximal 350 °C. Die Strahlungsbander erlauben eine sehr gleichmäßige Wärmeverteilung. Voraussetzung ist jedoch eine korrekte Planung und Anordnung der Strahlungsbander.

Die zweite verbreitete Dunkelstrahler-Bauart sind die Einzelstrahler mit einem Durchmesser von 80 bis 100 mm. Wie das vorher beschriebene System hat auch hier jeder Strahler einen eigenen Brenner. Die Rohre sind nebeneinander in U-Form oder hintereinander in Linearform angeordnet. Hinsichtlich der Temperaturverteilung in der Halle muss die Auslegung und Anordnung der Dunkelstrahler besonders sorgfältig erfolgen. Bei den Linearstrahlern muss der deutliche Temperaturabfall über die Strahlerlänge beachtet werden. Nach oben sind die Rohre mit einem Reflektor abgedeckt, der die Wärmestrahlung der Rohroberseite in den Aufenthaltsbereich zurückstrahlt. Die Oberflächentemperatur der Strahlrohre liegt bei den Einzelstrahlern normalerweise bei 400 bis 450 °C, in Ausnahmefällen bis zu 700 °C. Aufgrund ihrer Bauart haben die Einzelstrahler höhere Konvektionsverluste als die Strahlungsbander. Eine Wärmedämmung des Reflektors kann die Wärmeverluste nur bedingt verhindern.

2.3.12.2 Direktbefeuerte Warmluftzeuger

Direkt befeuerte Warmluftzeuger unterteilt man grob in atmosphärische (Gas-) Geräte und solche mit Öl- oder Gasgebläsebrenner. Die atmosphärischen Geräte lassen sich sehr flexibel einsetzen und arbeiten relativ leise. Mit dem Geräteventilator wird die Raumluft über den Wärmetauscher geführt und mit einstellbaren, horizontalen und vertikalen Luftlenklamellen in den Raum zurückgeführt. Die Warmluftzeuger können mit oder ohne Kanalsystem als Umluft-, Mischluft oder reine Außenluftgeräte betrieben werden. Moderne Geräte erreichen feuerungstechnische Wirkungsgrade von über 92 %. Geregelt werden diese Systeme über einen Raumtemperaturregler, der mit einer Zeitsteuerung für die Nacht- und Wochenendabsenkung ausgestattet sein sollte. Soweit keine Frostschutzfunktionen an Installationen erforderlich sind, kann bei Nichtbenutzung der beheizten Zonen statt einer Absenkung auch eine Abschaltung sinnvoll sein.

Die Installation erfolgt in der Regel an der Wand auf Konsolen. Der Leistungsbereich der atmosphärischen Warmluftzeuger liegt zwischen ca. 8 und 100 kW, der Leistungsbereich der Geräte mit Öl- oder Gasgebläsebrenner zwischen 30 und 600 kW.

Beide Arten der Warmluftzeuger können mit einem Kanalsystem oder als Zuluftgeräte mit Außenluftanschluss versehen werden. Um eine homogene Temperaturverteilung in einem Raum zu erreichen, sollte mindestens ein 2,5 bis 3,5-facher Luftwechsel (Umluft) vorgesehen werden.

2.4 Abgassystem

2.4.1 Allgemeines/Anforderung

Oberbegriff für alle Arten der Abgasführung ist die Abgasanlage, die in der DIN V 18160-1⁴², definiert ist. Sie beinhaltet u. a. Schornstein, Verbindungsstücke, Abgasleitung oder ein Luft-Abgas-System für die Ableitung der Abgase von Feuerstätten ins Freie. Abgasanlagen sind auch Anlagen zur Abführung von Verbrennungsgasen ortsfester Verbrennungsmotoren. Für jede Feuerungsanlage ist in der Regel ein eigener, auf das Abgas hinsichtlich Menge, Zusammensetzung, Temperatur sowie den Druckverhältnissen zugelassener und abgestimmter Abgasweg einzurichten. Zu unterscheiden ist dabei zwischen Unterdruck- und Überdruck-Abgasanlagen. Während bei der Naturzugfeuerung allein der durch die heißen Abgase resultierende Kamineffekt den Auftrieb der Abgase erzeugt, werden bei Einsatz eines Überdruckkessels bestehende Strömungswiderstände mit Hilfe eines in den Brenner integrierten Gebläses zusätzlich überwunden. Eine Sonderform bilden Luft-Abgassysteme (LAS), diese ordnen die Abgasabführung und die Verbrennungsluftzuführung in einem gemeinsamen Schacht an. Abgasanlagen müssen entsprechend ihren Einsatzbedingungen temperatur-, druck-, kondensat-, korrosions-, rußbrand- sowie feuerbeständig sein. Die DIN EN 13384-1⁴³ hat das Ziel, Abgasanlagen so zu bemessen, dass Druck- und Temperaturbedingungen erfüllt werden.

Rechtliche Regelungen für den Bau und Betrieb einer Feuerungsanlage und des zugehörigen Abgassystems enthalten u. a.:

- Landesbauordnungen
- Feuerungsverordnungen der Länder
- die Erste Verordnung zur Durchführung des Bundes-Immissionsschutzgesetzes (Verordnung über kleine und mittlere Feuerungsanlagen – 1. BImSchV¹⁵)
- die Vierte Verordnung zur Durchführung des Bundes-Immissionsschutzgesetzes (Verordnung über genehmigungsbedürftige Anlagen – 4. BImSchV)
- die 44. Verordnung zur Durchführung des Bundes-Immissionsschutzgesetzes (Verordnung über mittelgroße Feuerungs-Gasturbinen- und Verbrennungsmotorenanlagen – 44. BImSchV)
- die Verordnung über die Kehrung und Überprüfung von Anlagen (Kehr- und Überprüfungsordnung – KÜO)
- das Gesetz über das Berufsrecht und die Versorgung im Schornsteinfegerhandwerk (Schornsteinfeger-Handwerksgesetz – SchfHWG)
- TA Lärm, TA Luft

Eine Feuerstätten-Schau ist spätestens 1 Monat vor der ersten Inbetriebnahme oder einer wesentlichen Änderung zu veranlassen. Im Ergebnis der Feuerstätten-Schau des bevollmächtigten Bezirksschornsteinfegermeisters wird ein Feuerstätten Bescheid erlassen, welcher die wiederkehrend in

⁴² DIN V 18160-1:2006-01 Abgasanlagen - Teil 1: Planung und Ausführung

⁴³ DIN EN 13384-1:2019-09 Abgasanlagen - Wärme- und strömungstechnische Berechnungsverfahren - Teil 1: Abgasanlagen mit einer Verbrennungseinrichtung

Verantwortung des Betreibers zu veranlassenden Kehr- und Überprüfungsarbeiten benennt.

Das Schornsteinfegerregister des Bundesamtes für Wirtschaft und Ausfuhrkontrolle (BAFA) gibt Auskunft darüber, welcher Schornsteinfeger die Zulassungsvoraussetzungen erfüllt sowie welche(r) bevollmächtigte Bezirksschornsteinfegermeister(in) im konkreten Fall zur Verfügung steht. Dieses Register kann ausschließlich auf der Internetplattform des BAFA abgerufen werden.

2.4.1.1 Abgasrohre

Abgasrohre sind die Verbindungen zwischen den Feuerungsanlagen und dem Schornstein. Sie sind spannungsfrei zu verlegen. In Abgasrohren darf sich kein Kondensat sammeln. Abgasrohre mit hohen Temperaturen müssen zum Schutz des Betriebspersonals im zugängigen Bereich mit einem Berührungsschutz ausgestattet sein. Diese Schutzfunktion lässt sich in der Praxis mit einer energetisch sinnvollen Wärmedämmung verbinden.

2.4.1.2 Abgasschalldämpfer

Kesselanlagen dürfen durch ihren Betrieb keine Geräuschbelästigungen hervorrufen. Die Grundlagen aus den Umweltauflagen nach TA Lärm, DIN 4109⁴⁴ und VDI 2715⁴⁵ sind zu beachten. Bei der Auswahl von Schalldämpfern sind die Dämpfungseigenschaften und die Lebensdauer zu berücksichtigen. Vorrangig sind Serien-Schalldämpfer einzusetzen, deren Einfügungsdämpfungen nach DIN EN ISO 7235⁴⁶ geprüft sind. Die verwendeten Materialien eines Abgasschalldämpfers müssen auf die zum Einsatz kommenden Brennstoffe und die zu erwartenden Temperaturen abgestimmt sein. Bei Großanlagen kann es u. U. sinnvoll sein, die Abgasschalldämpfer nach der Inbetriebnahme des Heizkessels auszulegen. In diesem Fall muss der Platz für den nachträglichen Einbau eines Schalldämpfers eingeplant werden!

2.4.1.3 Abgasreinigung / Entstaubung

Für die Abgasreinigung biomassebefuerter Kesselanlagen werden zur Einhaltung der Emissionswerte aus den Abgasen Staubabscheider erforderlich. Pellets- bzw. Holzhackschnitzel-Anlagen, die nicht nach Bundesimmissionsschutzgesetz (BImSchG⁹) genehmigungsbedürftig sind, müssen die Staub-Grenzwerte der 1. BImSchV¹⁵ einhalten. Als erste Stufe einer Abgasreinigung sind Fliehkraftabscheider (Zyklonabscheider) einzusetzen, die in vielen Fällen bereits Bestandteil des Wärmeerzeugers sind. Können mit dieser Einrichtung die erforderlichen Grenzwerte nicht erreicht werden, so sind zusätzliche Elektrofilter erforderlich. Sie können auch durch entsprechende Ausführungen im Außenbereich aufgestellt werden. Der im Elektrofilter anfallende Staub ist zu sammeln und gesondert zu entsorgen (Sondermüll).

⁴⁴ DIN 4109-1:2018-01 Schallschutz im Hochbau; Mindestanforderungen

⁴⁵ VDI 2715:2011-11 Schallschutz an heiztechnischen Anlagen

⁴⁶ DIN EN ISO 7235:2010-01 Akustik - Labormessungen an Schalldämpfern in Kanälen - Einfügungsdämpfung, Strömungsgeräusch und Gesamtdruckverlust (ISO 7235:2003)

Eine Staubbelastung durch den Abtransport muss vermieden werden. Nähere Hinweise sind im Abschnitt „Aschentsorgung“ zu entnehmen.

2.4.1.4 Abgaswärmetauscher

Abgaswärmetauscher dienen der Energierückgewinnung und kühlen die Abgase. Ihr Einsatz ist im Kapitel 2.3.7.1 Niedertemperaturheizkessel beschrieben.

2.4.1.5 Abgasventilatoren

Abgasventilatoren unterstützen den Abgasaustrag bei unzureichender Thermik. Sofern abgasseitige Widerstände wie Reinigungsstufen (z. B. Biomasse-Anlagen) etc. oder zu niedrige Abgastemperaturen den freien Austrag der Abgase behindern, ist es erforderlich, Ventilatoren einzusetzen. Zugverstärker transportieren einen Teilstrom des Abgases mit Hilfe eines Ventilators und blasen diesen in die Abgasanlage ein.

2.4.1.6 Schornsteinanlagen

Der senkrechte Teil einer Unterdruck-Abgasanlage wird als Schornstein bezeichnet. Feuerstätten für feste Brennstoffe müssen an rußbrandbeständige Schornsteine angeschlossen werden. Abhängig von verschiedenen Faktoren, z. B. der Feuerungsleistung, kann es erforderlich sein, die Höhe eines Schornsteines aufgrund einer Immissionsprognose gemäß BImSchG⁹ und den darauf basierenden Verordnungen festzulegen. Die Notwendigkeit einer Wartungsbühne muss unter Berücksichtigung der örtlichen Gegebenheiten überprüft werden. Bei Verfügbarkeit einer geeigneten mobilen Hubbühne kann ggf. auf eine fest installierte Konstruktion verzichtet werden.

2.5 Ascheentsorgung

Bei der Verbrennung von naturbelassenem Holz ist in Abhängigkeit der Aschequalität bei Pellets DINplus A1 mit einem Aschegehalt von $\leq 0,7$ Masse-% trocken (auf trockener Basis bzw. im wasserfreien Zustand) bzw. DINplus A2 $\leq 1,5$ Masse-% trocken und bei Holzhackschnitzel mit 1–3 Masse-% trocken zu rechnen. Die Aschequalität ist abhängig von der Brennstoffqualität (z. B. Rinden- und Grünanteil) sowie von der Anlagentechnik (Ausbrand, Feuerraumtemperatur, Temperatur beim Ascheanfall usw.) und enthält sowohl verwertbare Nährstoffe als auch Schadstoffe.

Im Sinne des Kreislaufwirtschaftsgesetzes (KrWG) handelt es sich bei der Asche um Abfall. Sie ist daher geordnet zu verwerten bzw. zu beseitigen. Die Verwertung von Abfällen (industrielle Nutzung wie z. B. als Zuschlag- oder Rohstoff für Zement, Verwertung im Straßenbau, Verwendung als Dünger) ist im Düngegesetz (DüngG) sowie der Düngemittelverordnung (DüMV) geregelt und hat Vorrang vor der Beseitigung (Deponierung).

In Feuerungsanlagen lässt sich die Asche in drei Aschefractionen aufteilen und unterliegt folgendem Abfallschlüssel gem. Abfallverzeichnis-Verordnung (AVV)⁴⁷:

⁴⁷ Verordnung über das Europäische Abfallverzeichnis (Abfallverzeichnis-Verordnung – AVV)

Asche- fraktion	Herkunft	Anteil in %	Abfall- schlüssel gem. AVV	Schad- stoff- belastung	Verwertung
Feuerraum- asche	Grob-, Rost, Brennraum- asche	60 - 90	10 01 01	gering	möglich
Zyklon- asche	Fein- und Flugasche, die im Zyklon anfällt	10 – 35	10 01 03	leicht erhöht	bedingt möglich; bei Einsatz eines nach- geschalteten Elektro- oder Gewebe-filters
Filterasche	Feinstflug- asche, die im Elektro- /Gewebe-filter anfällt	2 – 10	10 01 18 bzw. 10 01 19	hoch	nicht möglich

Tabelle 11: Abfallschlüssel gem. AVV

Für die Feuerraum- (10 01 01) und Zyklonasche (10 01 03) besteht eine Überwachungsbedürftigkeit nur bei der Beseitigung, nicht jedoch bei der Verwertung der Aschen. Aschen mit dem AVV-Schlüssel 10 01 18 unterliegen der Nachweisverordnung (NachwV)⁴⁸ und es besteht eine Register- und Nachweispflicht für die Beseitigung.

Ob die anfallenden Aschefraktionen verwertet oder beseitigt werden, ist abhängig vom Ergebnis der Ascheanalyse. Die Verwertung von Aschen aus der letzten filternden Einheit im Rauchgasweg ist nicht zulässig (z. B. Zyklonasche, wenn kein E-Filter nachgeschaltet ist). Erfolgt keine Ascheanalyse so gilt die Asche als belastet und ist somit dauerhaft auf einer Deponie (Deponieklasse (DK) I bis IV) zu beseitigen.

Ist unter Einhaltung der Mindestanforderungen der länderspezifischen DÜMV für die Feuerraumasche als auch für die Zyklonasche eine Verwendung der Asche als Dünger vorgesehen, so ist eine getrennte Sammlung erforderlich.

Es wird empfohlen, die bei der Verbrennung anfallende Asche vom Energieträgerlieferanten entsorgen und mittels Nachweis über die Verwertung oder Beseitigung bestätigen zu lassen.

Bei der Lagerung und dem Umschlag von Aschen sind Staubemissionen so gering wie technisch möglich zu halten.

Für den Beprobungsumfang zur Beurteilung der Aschen gibt es keine generelle Regelung, da er abhängig ist von dem beabsichtigten Entsorgungsweg und den damit verbundenen Rechts- und Analysevorschriften.

Die private Verwertung von Holzaschen unterliegt dem Bundes-Bodenschutzrecht. Da die Schadstoffgehalte der Aschen beim privaten

⁴⁸ Verordnung über die Nachweisführung bei der Entsorgung von Abfällen (Nachweisverordnung - NachwV)

Entsorger im Normalfall nicht bekannt sind, ist von einer Verwertung im Garten abzusehen.

Zur Verwertung und Beseitigung von Holzaschen aus der Verbrennung von naturbelassenem Holz wird an dieser Stelle auf das Merkblatt „Verwertung und Beseitigung von Holzaschen“ des Bayerischen Landesamtes für Umwelt (Stand 2009) hingewiesen, welches ausführlich Möglichkeiten der Verwertung beschreibt.

2.6 Kondensatsystem

2.6.1 Allgemeines

Das Kondensatsystem beschreibt den Bereich vom Kondensatanschluss des Wärmeerzeugers bis zur Einleitung in das Abwassersystem.

Die entstehende Kondensatmenge bei flüssigen oder gasförmigen Brennstoffen hängt im Wesentlichen vom Wasserstoffanteil im Brennstoff ab. Bei Methan als Hauptbestandteil des Erdgases beträgt der massenbezogene Anteil des Wasserstoffes 25 %, bei Propan 18,2 %. Erdgas als Naturprodukt schwankt in seiner Zusammensetzung; im Mittel kann von einem Wasserstoffanteil von 23 % ausgegangen werden.

Bei Heizöl EL mit ebenfalls schwankender Zusammensetzung beträgt der Anteil an Wasserstoff etwa 13 %. Der Wasserdampfgehalt der Verbrennungsluft trägt nur in der Größenordnung von 10 % zum Kondensatanfall bei.

Für die überschlägige Berechnung des Kondensatanfalls können folgende brennstoffspezifische Werte angenommen werden:

- Bei gasbetriebenen Anlagen im Mittel etwa 0,15 kg/kWh
- Bei heizölbetriebenen Anlagen etwa 0,088 kg/kWh

Im anfallenden Kondensat lösen sich Verbrennungsprodukte (z. B. CO₂, Schwefeloxide, Stickoxide, HCL) und bilden Kohlensäure, schweflige Säure, Schwefelsäure, Salpetersäure und Salzsäure.

Die Verbindungsleitung zwischen Brennwertgerät und Abwassersystem, in der unverdünntes Kondensat vorliegt, ist vorrangig aus Kunststoff oder Edelstahl auszuführen, ansonsten sind andere nach DIN 1986-4⁴⁹ zugelassene Werkstoffe zu verwenden. Kupfer, Messing oder verzinkte Stahlleitungen sind nicht zu verwenden. Eine Probeentnahmemöglichkeit ist vorzusehen.

Ist eine direkte Einleitung des Kondensates in das Abwassersystem nicht zulässig, muss eine Nachbehandlung (Neutralisation) erfolgen. Die Neutralisation des Kondensates erfolgt über eine Anlage im Durchflussprinzip. Die Anlagen werden meist mit Granulaten aus Kalkstein oder ähnlichen Materialien befüllt. Das Granulat wird nach und nach aufgebraucht und muss regelmäßig ergänzt werden. Bedingt durch die Kesselaufstellung kann es

⁴⁹ DIN 1986-4:2019-08 Entwässerungsanlagen für Gebäude und Grundstücke - Verwendungsbereiche von Abwasserrohren und -formstücken verschiedener Werkstoffe

erforderlich sein, dass das neutralisierte Kondensat mittels einer Pumpe über die Abwasserrückstauenebene angehoben werden muss.

Bei einer installierten Gebäudeautomation sind die Betriebs- und die Störmeldungen aufzuschalten.

Bei Feuerungswärmeleistungen < 200 kW kann das Kondensat von Gas- bzw. Ölbrennwertgeräten in der Regel direkt in die Kanalisation eingeleitet werden.

Folgende Anlagen stehen zur Verfügung:

- Granulat-Neutralisationsanlage mit Aktivkohlefilter für ölbefeuerte Heizkessel mit ca. 10 – 50 l Kondensat pro Stunde
- Granulat-Neutralisationsanlage für gasbefeuerte Heizkessel mit 50 – 200 l Kondensat pro Stunde
- Flüssig-Neutralisationsanlage für gas- oder ölbetriebene Heizkessel mit > 400 l Kondensat pro Stunde

Folgende Regelwerke gelten als Richtlinien für die Behandlung und Einleitung von Kondenswasser aus Brennwertkesseln in die öffentliche Kanalisation.

- Regionale Abwassersatzung
- Arbeitsblatt DWA-A 251⁵⁰
- DVGW-VP 114⁵¹:

Darüber hinaus können von der zuständigen unteren Wasserschutzbehörde zusätzliche Anforderungen gestellt werden. Im Rahmen der Planung sollte die untere Wasserschutzbehörde mit einbezogen werden.

2.7 Sicherheitstechnische Einrichtungen der Wärmeerzeugungsanlage

2.7.1 Allgemeines

Wärmeversorgungsanlagen mit Heizungswasserbetrieb sind mit einer Sicherheitstechnik auszustatten, die der DIN EN 12828³¹ entspricht. Für Wärmeerzeuger mit Feuerungsanlage besteht die Sicherheitstechnik aus den Komponenten der Temperatur- und Druckabsicherung.

Folgende Wärmeerzeuger erfordern eine sicherheitstechnische Einrichtung nach DIN EN 12828³¹:

- Wärmeerzeuger mit Feuerungstechnik
- BHKW
- Wärmepumpe
- Solaranlagen

2.7.2 Druckhaltesysteme

2.7.2.1 Allgemeines

In geschlossenen Wärmeversorgungsanlagen gehört das Druckhaltesystem zur sicherheitstechnischen Ausrüstung gemäß DIN EN 12828³¹. Es dient dazu:

⁵⁰ Arbeitsblatt DWA-A 251 Kondensate aus Brennwertkesseln

⁵¹ DVGW-VP 114:1996-07 Neutralisationseinrichtungen für Gasfeuerstätten; Anforderungen und Prüfung

- den Druck an jeder Stelle des Heizungssystems in den zulässigen und erforderlichen Grenzen zu halten
- die Ausdehnung bei Erwärmung des Heizungswassers aufzunehmen und bei einer Abkühlung den Druck so zu halten, dass kein Unterdruck im System entsteht.

Der maximale Systemdruck sollte kleiner 6 bar (PN 6) sein, um günstige Systemkomponenten einsetzen zu können.

Druckhaltesysteme sind in den Rücklauf des Heizwassersystems einzubinden, um zum Schutz der Membran Belastungstemperaturen von $> 70\text{ °C}$ zu vermeiden. Andernfalls ist ein Vorschaltgefäß als kühlende Wasservorlage zu installieren.

Jeder Wärmeerzeuger muss mit einer Druckhaltung verbunden sein. Ein oder mehrere Wärmeerzeuger können über eine gemeinsame nicht absperrbare Druckhaltung abgesichert werden. Der Einbau eines gesicherten Absperrorgans (Kappenventil; Schutz vor unbeabsichtigter Trennung) in der Ausdehnungsleitung ist erforderlich, um wiederkehrende Prüfungen durchzuführen oder im Notfall einen problemlosen Austausch der Druckhaltung zu gewährleisten. Zusätzlich ist jeder Wärmeerzeuger zur Druckabsicherung bzw. gegen unzulässigen Überdruck mit einem Sicherheitsventil auszustatten.

Für die überschlägige Bestimmung der Anlagen-Wassermenge können folgende Werte angenommen werden:

- Konvektoren 5,2 Ltr./kW
- Plattenheizkörper 8,7 Ltr./kW
- Gussradiatoren 12,0 Ltr./kW
- Stahlradiatoren 15,0 Ltr./kW
- Fußbodenheizungen 18,5 Ltr./kW

Als überschlägige Betrachtung kann mit Druckhaltesystemen folgender Art gerechnet werden.

Druckhaltesysteme	bevorzugte Anwendung für Anlagenleistungen
Membranausdehnungsgefäß	$< 1.000\text{ kW}$
pumpengesteuerte Druckhalteanlage	
mit Einzelpumpe	$1.000\text{ kW} < 4.000\text{ kW}$
mit Doppelpumpen	$4.000\text{ kW} < 8.000\text{ kW}$
und zusätzlichen Behältern	$\geq 8.000\text{ kW}$
kompessorgesteuerte Druckhalteanlage	
mit Einzelkompressor	$1.000\text{ kW} < 2.000\text{ kW}$
mit zwei Kompressoren	$\geq 2.000\text{ kW}$
die Tabelle dient lediglich einer Orientierung, sie ersetzt nicht die anlagenspezifische Berechnung/Auslegung	

Tabelle 12: Druckhaltesysteme

In der Regel werden zur Druckhaltung Membranausdehnungsgefäße eingesetzt. Im Einzelfall ist zu prüfen, ob der Einsatz von Druckhaltestationen aufgrund des Platzbedarfes bzw. der Investitionskosten wirtschaftlicher ist.

2.7.2.2 Membranausdehnungsgefäße

Der Einsatzbereich von Membranausdehnungsgefäßen (MAG) erstreckt sich auf alle Wasser-Heizungssysteme und gehört zur Sicherheitstechnischen Ausrüstung nach DIN EN 12828³¹.

Diese Druckhaltung stellt die einfachste Art dar und ist vorrangig einzusetzen. Erst wenn die nachfolgend aufgeführten Nachteile überwiegen, sollte ein automatisches Druckhaltesystem eingesetzt werden.

Vorteile:

- kostengünstig und einfache Montage
- geringer Wartungsaufwand
- Betrieb ohne Hilfsenergie
- Keine Betriebsgeräusche

Nachteile:

- hoher Platzbedarf bei größeren Anlagen
- Druckgeräte mit einem maximal zulässigen Druck (PS) über 0,5 bar unterliegen in Abhängigkeit vom PS und dem maßgeblichen Volumen wiederkehrenden Prüfungen nach der Betriebssicherheitsverordnung (§ 16 BetrSichV)
- wiederkehrende manuelle Kontrolle des Gasvordruckes bei entleertem Behälter erforderlich
- separate Nachspeiseeinrichtung erforderlich

Zur Dimensionierung ist zunächst der Wasserinhalt des Heizungssystems zu ermitteln. Daraus lässt sich unter Berücksichtigung der maximalen Systemtemperatur die Ausdehnungsmenge berechnen, die kleiner sein muss als die mögliche Wasseraufnahmemenge des zu wählenden Gefäßes. Die Dimensionierung des Ausdehnungsgefäßes erfolgt danach unter Berücksichtigung des Ansprechdruckes des Sicherheitsventiles sowie des Gasfülldruckes, welcher unter Berücksichtigung der maximalen statischen Höhe der Anlage festzulegen ist, Eine konkrete Produktauswahl erfolgt anhand von Herstellerdatenblättern und Berechnungstools.

Für eine erste überschlägige Abschätzung der Größe des MAG für eine Einzelabsicherung von Heizkesseln sind die Volumina in Tabelle 13 angegeben.

Nennleistung Kessel	Volumen MAG
50 bis 100 kW	30 Ltr.
bis 300 kW	50 Ltr.
bis 500 kW	80 Ltr.
bis 1.000 kW	140 Ltr.

Tabelle 13: Einzelabsicherung von Heizkesseln

Alle in das System einbezogenen Anlagenkomponenten müssen in allen Betriebszuständen hydraulisch mit der Druckhalteeinrichtung verbunden sein. Um unzulässige Unterdrucksituationen im Normalbetrieb zu verhindern, ist bei großvolumigen Wärmespeichern eine unbeabsichtigte Systemtrennung, z. B. durch geschlossene Absperr- oder Regelventile, auszuschließen.

2.7.2.3 Druckhaltestationen

Um in größeren Wärmeversorgungsanlagen den Platzbedarf für die Druckhaltung zu reduzieren, können automatische Druckhaltestationen (DHSt) eingesetzt werden. Ist eine Gebäudeautomation installiert, sind die Betriebs- und die Störmeldung aufzuschalten.

Zur Größenbestimmung dient die maximale Volumenänderung des Heizungswassers.

2.7.2.4 Pumpengesteuerte Druckhaltestation

Die pumpengesteuerte Druckhaltung speichert das Ausdehnungsvolumen drucklos in einem Vorlagebehälter. Durch eine oder mehrere Pumpen wird bei Abkühlung des Heizungssystems Wasser aus dem Behälter nachgespeist. Beim Aufheizen strömt das Ausdehnungswasser über Überströmventile in den Vorlagebehälter zurück. Häufige Druckschaltungen der Pumpen können durch den Einsatz eines zusätzlichen MAG minimiert werden.

Vorteile:

- integrierte Entgasung des Anlagenwassers möglich
- Druck- und Leckageüberwachung
- einfache Abstimmung auf den Systemdruck
- geringere Betriebsgeräusche als bei kompressorgesteuerten DHSt
- schnelles Regelverhalten

Nachteile:

- Druckschwankungen ($\pm 0,5$ bar) unter allen Betriebsverhältnissen
- höherer Installationsaufwand
- Betriebskosten durch Wartung und Hilfsenergie

2.7.2.5 Kompressorgesteuerte Druckhaltestation

Die kompressorgesteuerte Druckhaltestation kann das Behältervolumen im Gegensatz zum MAG mit mehr als 95 % ausnutzen. Das Gefäß (oder mehrere Gefäße) der Anlage ist mit einer Blasenmembran ausgestattet, die das Ausdehnungswasser aufnimmt. Das den notwendigen Druck haltende Luftpolster wird durch Zuführen oder Ablassen von Luft konstant gehalten. Diese Anlage besteht im wesentlichen aus Druckschalt- und Anzeigeeinheiten, Kompressor/en, Luftablassventil und Gefäß/en.

Im Gegensatz zu einfachen MAG's kann zur Auslegung die Durchschnitts- bzw. Mitteltemperatur herangezogen werden. Dies ist möglich, weil die maximale Kompressorleistung nie im Beharrungszustand der Heizanlage, sondern immer in der Abkühlphase benötigt wird.

Vorteile:

- einfache Abstimmung auf den Systemdruck
- konstanter Druck ($\pm 0,2$ bar) unter allen Betriebsverhältnissen, druckschwankende Beanspruchungen der Heizungsanlagenbauteile werden reduziert
- Druck- und Lecküberwachung

Nachteile:

- Betriebskosten durch Wartung und Hilfsenergie
- Druckgeräte mit einem maximal zulässigen Druck (PS) über 0,5 bar unterliegen in Abhängigkeit vom PS und dem maßgeblichen Volumen wiederkehrenden Prüfungen nach der Betriebssicherheitsverordnung (§15 BetrSichV)!
- höherer Installationsaufwand
- höhere Betriebsgeräusche

2.8 Wärmespeicher/-puffer

2.8.1 Allgemeines

Wärmespeicher dienen dazu, kurzfristige Differenzen zwischen Wärmeerzeugung und -bedarf auszugleichen. Insbesondere in den Sommermonaten und in den Übergangszeiten kann bei auftretenden kurzzeitigen Spitzen der Wärmeabnahme die Zuschaltung eines Spitzenlast-WE vermieden werden. Das BHKW bzw. der Biomasse-WE bietet die Möglichkeit, den Wärmespeicher nach der thermischen Spitzenlast wieder zu laden, dadurch erhöhen sich die Laufzeiten. Durch reduzierte Taktungen wird der Verschleiß von BHKWs bzw. Biomasse-WE verringert.

Ein Pufferspeicher ist in der Regel ein Kurzzeitspeicher.

Bei entsprechender hydraulischer Einbindung kann der Pufferspeicher die Aufgaben einer hydraulischen Weiche übernehmen, vgl. hierzu Kapitel 2.9.2.

2.8.2 Bauform

Pufferspeicher sollten eine schlanke Bauform haben, damit eine gute Schichtung des Heizwassers entstehen kann. Zur Erzielung einer guten Schichtung sind entsprechende Einbauten zur Strömungsberuhigung erforderlich. Die Anschlüsse sind auf die Ein- und Ausström-Durchflüsse abzustimmen. Ein Pufferspeicher muss mit einer Wärmedämmung ausgerüstet sein. Zwischen Pufferspeicher und Druckhaltung ist eine gesicherte Absperrarmatur vorzusehen.

2.8.3 Wärmespeicher in der WEA

Die Auslegung erfolgt i. d. R. nach der Leistung der angeschlossenen Wärmeerzeuger.

Folgende Werte zur Festlegung des Speicher-/ Puffervolumens werden zurzeit empfohlen:

- Biomassekessel*: mind. 30 l/kW (Nennwärmeleistung)
- BHKW: ca. 40 l/kW_{th} bei einer Spreizung von 20 K
ca. 28 l/kW_{th} bei einer Spreizung von 30 K
- Wärmepumpe*: mind. 30 l/kW (Nennwärmeleistung)

- Solaranlage*: Vakuurröhren- und Vakuumflachkollektoren:
mind. 50 l/m² (Bruttokollektorfläche),
Flachkollektoren:
mind. 40 l/m² (Bruttokollektorfläche)

* Quelle: Bundesamt für Wirtschaft und Ausfuhrkontrolle (BAFA)

Wird ein BHKW thermisch auf < 5 % der WEA-thermischen Gesamtleistung dimensioniert, so kann u. U. ein zur Verfügung stehendes Wärmeversorgungsnetz diese Speicherkapazität besitzen, so dass auf einen separaten Pufferspeicher verzichtet werden kann. Dies gilt ebenso bei einem Holzpelletkessel dessen Wärmeleistung < 15 % der thermischen Gesamtleistung beträgt. Dabei wird dieser Kessel in den Sommermonaten ggf. außer Betrieb genommen.

2.8.4 Wärmespeicher in der wärmetechnischen Hausstation (WH)

In der WH können Heizwasser-Wärmespeicher eine unzureichende Anschluss- oder Wärmeerzeugungsleistung ersetzen, die für eine kurzzeitige Spitzenlastabdeckung bei der Trinkwassererwärmung erforderlich wäre.

Durch diesen Einsatz lassen sich Frischwassersysteme (Trinkwassererwärmung im Durchflussprinzip) mit hoher Leistung installieren.

2.9 Wärmeverteilung

2.9.1 Allgemeines

Die Wärmeübergabe in einer Wärmeerzeugungsanlage besteht aus den Anlagenkomponenten, die zwischen der Baugruppe Wärmeerzeugung und der Baugruppe Wärmeverteilung installiert sind.

Im Wesentlichen besteht die Wärmeübergabe aus verbindenden Rohrleitungen und ggfls. weiteren Komponenten wie z. B. zentrale Druckhaltung, zentrale Netzpumpenanlage, Hydraulische Weiche, Wärmespeicher.

Um kompakte Anlagen zu erzielen, ist auf eine übersichtliche Konzeption zu achten. Absperrarmaturen sind hierbei auf das notwendige Maß zu reduzieren.

Die Wärmeverteilung innerhalb der Wärmeerzeugungsanlage dient der Vorkonditionierung (Druck, Temperatur und evtl. Aufteilung in Teilwärmeströme) des erzeugten Gesamtwärmestroms, der anschließend über das Wärmeversorgungsnetz den zu versorgenden Gebäuden zugeführt wird.

2.9.2 Hydraulische Weiche

Die Funktion der hydraulischen Weiche besteht darin, die Wärmeerzeugerseite (Primärseite) von der Wärmeverbraucherseite (Sekundärseite) hydraulisch zu trennen.

Wenn die Volumenströme der Primärseite (Mehrkesselanlagen, moderne Kessel mit geringem Wasservolumen oder nach dem Austausch eines alten Kessels) gegenüber der Sekundärseite (Verbraucher) stark variieren, ist der Einbau einer hydraulischen Weiche empfehlenswert. Sie sollte möglichst

stehend installiert werden. Die Weiche bildet den hydraulischen Anlagen-Nullpunkt.

Die Dimensionierung sollte so erfolgen, dass bei max. Volumenstrom (Volllast) eine Fließgeschwindigkeit von 0,2 m/s in der Weiche nicht überschritten wird. Ziel ist eine turbulenzarme Durchströmung (geringer Widerstand) der Weiche. Es kann sich so eine thermische Schichtung einstellen und eine Durchmischung von Vor- und Rücklaufwasser wird vermieden. Aufgrund der thermischen Schichtung sind Temperaturmessstellen gegebenenfalls nur in den Anschlussverrohrungen vorzusehen. Gleichzeitig kann über die Weiche eine Entgasung und Entschlammung der Anlage unterstützt werden.

Bei besonders niedrig geplanten Rücklauftemperaturen in der Wärmeerzeugung (z. B. Brennwerttechnik) muss darauf geachtet werden, dass bei Einsatz einer hydraulischen Weiche die geplanten Rücklauftemperaturen eingehalten werden – hierzu sind entsprechende hydraulische Schaltungen erforderlich.

Überschlägig kann die Dimension (Querschnittsfläche) einer hydraulischen Weiche wie folgt bestimmt werden:

$$A[m^2] = \frac{\dot{V} \left[\frac{m^3}{h} \right]}{3600 \times 0,2 \left[\frac{m}{s} \right]}$$

A: Durchströmte Querschnittsfläche in m²

\dot{V} : max. Volumenstrom in m³/h

Die Aufgabe der hydraulischen Weiche kann auch durch einen Pufferspeicher erfüllt werden.

2.9.3 Netz- / Strangpumpenanlagen

2.9.3.1 Allgemeines

Man unterscheidet zwischen Netz- und Strangpumpenanlage. Netzpumpen werden vor einem Hauptverteiler angeordnet und versorgen die nachgeordneten Stränge des Wärmeversorgungsnetzes mit dem gleichen Druck. Strangpumpen befinden sich hinter dem Hauptverteiler und können einzelne Stränge mit unterschiedlichen Drücken versorgen.

Grundsätzlich sind leistungsgeregelte Pumpen einzusetzen (siehe Kapitel 5.6 Pumpensystem).

Aufgrund von teilweise mehr als 8.000 Betriebsstunden/Jahr ist zu überprüfen, ob der Einsatz von Netz- oder Strangpumpen energetisch günstiger ist. Dabei sind nicht nur die Investitionskosten einschl. der erforderlichen Armaturen und Regelungstechnik sondern auch die hohen Betriebskosten (Strom) zu berücksichtigen.

Um Fehlströmungen im System zu vermeiden, sollten Rückschlagklappen druckseitig der Pumpen installiert werden.

Damit Geräusche und Schwingungen der Pumpen nicht auf das System bzw. Gebäude übertragen werden, sind besonders bei großen Pumpen Vorkehrungen in Form von Schwingungsdämpfern und Rohrkompensatoren zu treffen.

Als Richtwert für ein Fundamentgewicht wird ca. 1,5 - fache Pumpengewicht vorgeschlagen.

2.9.3.2 Netzpumpen

Für den effizienten Einsatz einer zentralen Netzpumpe sind einige Punkte zu beachten:

- möglichst gleiche Vorlauftemperaturen der angeschlossenen Gebäude
- wechselnde Massenströme (z. B. Sommer-/Winterbetrieb) müssen vom Kennfeld der Pumpe abgedeckt werden können
- Optimierung auf den unteren Teillastbereich
- um eine gewisse Redundanz zu ermöglichen, kann eine Netzpumpe auch als Doppelpumpe ausgeführt werden

2.9.3.3 Strangpumpen

Energetisch günstiger als eine Netzpumpe können oftmals Strangpumpen sein, da bei deren Einsatz ggf. Abgleichwiderstände (Strangreguliertventile) entfallen können. Ein weiterer Vorteil von Strangpumpen ist die zur Verfügungstellung von unterschiedlichen Vorlauftemperaturen in den einzelnen Strängen bzw. auch der kompletten Außerbetriebnahme einzelner Stränge (Winter-/Sommerbetrieb).

2.10 Absperreinrichtungen

Um ein Auswechseln ohne Entleeren der Anlage zu ermöglichen, müssen Pumpen, Regelventile und ähnliche Armaturen mit Absperreinrichtungen versehen werden. Dabei sollten zur Einsparung von Absperreinrichtungen mehrere Anlagenteile zusammengefasst werden. Es sind wartungsfreie Armaturen zu verwenden.

2.10.1 Entleerungs- und Entlüftungseinrichtungen

Eine zentrale oder teilzentrale Entlüftung der Gebäudeheizung ist - soweit wirtschaftlich - anzustreben. Ansonsten ist eine Entlüftungsmöglichkeit an den Heizflächen vorzusehen.

Automatische Be- und Entlüfter sollten nicht eingesetzt werden.

Sollten automatische Entlüfter notwendig sein, sind nur solche mit Schwimmerventilen in Metallausführung zulässig. Auf gute Zugänglichkeit sowie Frostfreiheit ist zu achten.

2.10.2 Strangabsperungen

Strangreguliertventile ermöglichen die Volumenstromanpassung der Strangleitungen untereinander. Differenzdruckregler halten innerhalb eines regeltechnisch notwendigen Proportionalbandes den Differenzdruck im Strang konstant. Primärseitige Differenzdruckregler sollten nur bei hohen

Druckschwankungen durch das Fernwärmenetz eingebaut werden. Durchflussregler werden für die konstante Regelung des eingestellten Durchflusses, unabhängig von den Druckverhältnissen, installiert.

2.10.3 Entlüftung, Entgasung und Reinhaltung von Heizwassersystemen

Luft im Heizungswasser führt zu innerer Korrosion und einer Behinderung der Wasserzirkulation und damit zu Fehlfunktionen. Sie gelangt mit dem Heizungsfüllwasser und über Undichtigkeiten in das System. Alle lösbaren Verbindungen in Heizungsanlagen sind wasser- aber nicht gasdicht. Über sie gelangt vor allem bei Unterdruck Luft in die Anlage.

Es ist daher zu verhindern, dass Luft oder andere Gase im regulären Betrieb in das System gelangen. Die Qualität des Füll- und Ergänzungswassers hat dabei einen besonders hohen Stellenwert und ist unter Beachtung der VDI-Richtlinie 2035 und den Herstellerangaben aufzubereiten. Im laufenden Betrieb sind konstruktive Maßnahmen zur Abscheidung von Luft und Gasen vorzusehen:

- Steigung der Rohrleitungen zu Steigungs- und Entlüftungspunkten
- Wahl und richtige Positionierung von Lufttöpfen
- richtiger Anlagen- und Abblasdruck des Sicherheitsventils (häufig wird der Anlagendruck zu hoch gewählt)
- richtige Dimensionierung der Druckhaltung (Größe, Vor- und Arbeitsdruck, Arbeitsvolumen des Ausdehnungsgefäßes)
- automatische Schnellentlüfter sind als Notlösungen anzusehen und sollten nicht zur Regelentlüftung eingesetzt werden.

Mikroblasen können durch Abscheider oder Vakuumentgaser an den heißesten Stellen reduziert werden. Bei großen statischen Druckhöhen lassen sich gelöste Gase nur schwer ausscheiden.

Hinweis zur Druckhaltung:

Bei zu kleinen Ausdehnungsgefäßen oder defekter Membran ist der Arbeitsbereich zu klein und der Anlagendruck steigt bei Erwärmung über den Abblasdruck des Sicherheitsventils an, das dann anspricht. Durch das so verlorene Anlagenwasser entsteht bei Abkühlung ein Unterdruck im System und Luft wird über die lösbaren Verbindungen eingesaugt. Dieser Mangel bleibt häufig lange Zeit unentdeckt und fällt oft erst bei gravierenden Funktionsstörungen auf, z.B. wenn Pumpen durch Kavitationsschäden ausfallen. Die Auslegung des Ausdehnungsgefäßes erfordert daher besondere Sorgfalt.

Hinweis zu Lufttöpfen:

Damit Lufttöpfe ihre Funktion erfüllen, müssen sie richtig konstruiert sein:

- Positionierung an Hochpunkten
- Durchmesser ca. 3-5 Dimensionen größer als die angeschlossene Rohrleitung
- Länge ca. 6-8 mal Nenndurchmesser der angeschlossenen Rohrleitung
- Die angeschlossene Rohrleitung ist im vollen Durchmesser von unten anzuschließen

- Die Entlüftungsleitung ist oben anzuschließen und mit einer Absperrung am Ende zu versehen.
- Bei liegenden Lufttöpfen sind die angeschlossenen Rohrleitungen unten ein- und auszuführen.

Lufttöpfe sind zum Befüllen nicht geeignet.

Hinweis zur Reinhaltung des Heizungswassers:

Schmutz und andere Partikel in Heizungsanlagen können zu Störungen führen. Neuanlagen sind vor der Füllung daher gründlich zu spülen. Schmutzfänger filtern Partikel im laufenden Betrieb aus und bedürfen einer regelmäßigen Wartung bzw. Reinigung.

Hinweis zur Vakuumentgasung:

Vakuumentgaser sind nicht als Standardsystem zur Abscheidung von gelösten Gasen vorzusehen. Sie können betrieblich notwendig werden, wenn die Druckhaltung in großen und verzweigten Netzen nicht ausreichend funktioniert.

2.11 Heizwasseraufbereitung und Zuführung

2.11.1 Analyse

Heizungswasseraufbereitungsanlagen sollen nur zum Einsatz kommen, wenn sie zum Schutz der Wärmeversorgungsanlagen vor innerer Korrosion und Steinbildung erforderlich sind.

Allgemein ist die Richtlinie VDI 2035⁵² zu beachten. Es muss insbesondere geprüft werden, ob die Forderungen des Kessel- und Apparateherstellers an die Wasserqualität erfüllt sind. Diese Forderungen haben Vorrang. Die Wasserqualität in Heizsystemen ist vor der Inbetriebnahme den gestellten Anforderungen anzupassen. Wegen der komplexen Zusammenhänge ist die Einschaltung einer geeigneten Untersuchungsstelle notwendig, wenn die Beurteilung der Wasserqualität nicht selbst vorgenommen werden kann.

Für die Auswahl der evtl. notwendigen Wasseraufbereitungsanlage und der Chemikalien ist eine Wasseranalyse nach DIN 50930-6⁵³ erforderlich.

Wasseraufbereitungsanlagen sind auf die Nachspeisemenge im Betrieb auszulegen. Erstbefüllungen und größerer Ausgleichsmengen sind mit Hilfe größerer mobiler Anlagen durchzuführen.

2.11.1.1 Wasseruntersuchungsgeräte

Es ist mit dem Betreiber zu klären, in welchem Umfang zur Betriebsführung (Anlagenbuch, VDI 2035⁵²) Wasseruntersuchungsgeräte bauseits zu beschaffen sind.

⁵² VDI 2035 Vermeidung von Schäden in Warmwasser-Heizungsanlagen, Blatt 1 und 2

⁵³ DIN 50930-6:2013-10 Korrosion der Metalle - Korrosion metallener Werkstoffe im Innern von Rohrleitungen, Behältern und Apparaten bei Korrosionsbelastung durch Wässer - Teil 6: Bewertungsverfahren und Anforderungen hinsichtlich der hygienischen Eignung in Kontakt mit Trinkwasser

Sofern der Betreiber die regelmäßigen Wasseruntersuchungen nicht extern in Auftrag gibt, sind für die laufende Wasseruntersuchung in Heizzentralen über 1,0 MW in einem geeigneten Wandschrank bauseits Geräte und Reagenzien für nachfolgende Untersuchungen mitzuliefern. Hierbei sind die Art der Wasseraufbereitung und die Art des Heizmediums zu berücksichtigen:

- die Härte
- den Phosphatgehalt
- die Dosierchemikalien
- der pH-Wert
- die elektrische Leitfähigkeit
- die Alkalität (p- und m-Wert)
- der Korrosionsproduktespiegel von Eisen und Kupfer (z. B. kolorimetrisches Messverfahren)

Soweit zweckmäßig und wirtschaftlich können auch elektronische Messgeräte (z. B. für die elektrische Leitfähigkeit) eingesetzt werden.

2.11.2 Aufbereitungsverfahren

Durch die Analyse wird festgestellt, ob und ggf. in welchem Umfang Maßnahmen zum Schutz vor Schäden durch Korrosion und/oder Steinbildung zu treffen sind. Auf die Angemessenheit des gewählten Aufbereitungsverfahrens ist zu achten.

2.11.2.1 Enthärtungsanlagen

Diese Anlagen sind als wasserqualitätsgesteuerte Halbautomaten einzubauen (Auslösung des Regenerationsvorganges von Hand, danach erfolgt automatischer Ablauf). Die stündliche Wasserdurchsatzmenge ist nach bisherigen Erfahrungen anhand betriebsbedingter und systembezogener Wasserverluste auf die jeweils erforderliche Nachspeisemenge zu bemessen. Zwischen zwei Regenerationen soll ein ausreichender Zeitraum liegen. Dafür sind bei der Auslegung der Enthärtungsanlage die Wasseranalyse, die Qualitätsanforderungen der Wärmeerzeuger und die Betriebsweise zu berücksichtigen.

Beim Einsatz von Ionenaustauschern sind zeitgesteuerte Umwälzpumpen für einen Kurzschlussbetrieb - zur Vermeidung von Härteschüben nach längeren Stillstandszeiten - einzubauen.

2.11.2.2 Dosieranlagen

Ist die Zugabe von Chemikalien zum Heizungswasser erforderlich, so ist für jede Chemikalie ein eigener Ansetzbehälter mit regelbarer Dosierpumpe vorzusehen. Die Größe der Ansetzbehälter soll eine Entnahme über 70 Betriebsstunden ermöglichen.

Durch Umschaltventile ist sicherzustellen, dass die Chemikalien wahlweise dem Kesselspeisewasserbehälter oder dem Kessel bzw. dem Wärmeversorgungsnetz zugeführt werden können. Die Chemikalienzugabe zum Kesselspeisewasser ist automatisch - nach Möglichkeit in Abhängigkeit

von der Wasserqualität - vorzunehmen. Die Zugabe zum Umlaufwasser ist in der Regel manuell, nach Wasseranalyse vorzunehmen.

Hydrazin oder ähnliche toxikologisch bedenkliche Substanzen sind auch wegen der Gefahr eines Übertritts in das Trinkwarmwasser dem Heizungswasser nicht zuzusetzen.

3 Wärmeversorgungsnetz (WVN)

3.1 Allgemeines

Für Wärmeversorgungsleitungen im Außenbereich, zur Versorgung von Gebäuden, werden fast ausschließlich erdverlegte Leitungen eingesetzt.

Für die Planung und Ausführung von Wärmeversorgungsnetzen können die »Technischen Richtlinien für den Bau von Fernwärmenetzen« - herausgegeben vom AGFW | Der Energieeffizienzverband für Wärme, Kälte und KWK e. V. herangezogen werden.

Die Trassenführung des Wärmeversorgungsnetzes, die Lage der Schweißnähte und die Messschleifen für die Feuchteüberwachung sind in Bestandsplänen vermaßt zu dokumentieren.

3.2 Rohrleitungssysteme

Als Rohrleitungssystem werden fast ausschließlich Verbundmantelrohre meist als Kunststoffmantelrohr (KMR) eingesetzt.

Diese bestehen aus einem Mediumrohr, einer Wärmedämmung aus hartem Polyurethanschaum und einem Mantelrohr meist aus Polyethylen. Das Mantelrohr schützt die Wärmedämmung vor äußeren Einflüssen.

Das KMR wird werkseitig meist mit drei unterschiedlich starken Dämmschichtdicken angeboten (Dämmstufe/reihe 1, 2, 3). Aus energetischen und ökonomischen Gründen wird empfohlen, eine mittlere Dämmstufe/-reihe zu verwenden.

Starres Kunststoffmantelrohr KMR

Mediumrohr: Stahl,

Dimension: DN 20 – DN 1000

Systemlängen: 6 m, 12 m, 16 m in Stangen

Biegeradius: ca. 1,5 x des Ø-Durchmessers vom Rohrbogen

Verbindung Mediumrohr: Schweißen

Verbindung Mantelrohr: Schrumpfmuffe oder Elektroschweißmuffe, Nachdämmen durch Vor-Ort-Schaum

Anwendungsbereich: bis 120 °C, < 25 bar

Anwendung: Überwiegend wird starres-KMR verwendet, da das System flexibel erweiterbar, Richtungsänderungen mit kleinen Radien und Dimensionsänderungen leicht möglich sind. Wirtschaftliches System für mittlere und große verzweigte Systeme.

Flexibles Kunststoffmantelrohr (Flexibles-KMR)

Mediumrohr: Stahl

Dimension: DN 20 – DN 25

Systemlängen: ca. 100 m, auf Rolle

Biegeradius: DN 25 ca. 1 m, DN 150 ca. 6 m, Rohrbögen auch möglich

Verbindung Mediumrohr: Schweißen

Verbindung Mantelrohr: Schrumpfmuffe oder Elektroschweißmuffe, Nachdämmen durch Vor-Ort-Schaum

Anwendungsbereich: bis 120 °C, < 25 bar

Anwendung: Überwiegend wird dieses System für Einzelanschlüsse mit kleinen Dimensionen und ohne Abzweigung verwendet. Wirtschaftliche Verlegung, da die Leitung nur „abgerollt“ wird.

Mediumrohr: gewelltes Edelstahl

Dimension: DN 20 - DN 150

Systemlängen: 100 – bis 1000 m auf Rolle je nach Dimension

Biegeradius: DN 25 ca. 1 m, DN 150 ca. 6 m

Verbindung Mediumrohr: Flansch

Verbindung Mantelrohr: Schrumpfmuffe oder Elektroschweißmuffe, Nachdämmen durch Vor-Ort-Schaum

Anwendungsbereich: bis 120°C, < 25 bar

Anwendung: System für Leitungslängen ohne Abzweige und bei schwierigen Verlegesituationen sinnvoll. Das Rohrmaterial ist teurer gegenüber den anderen Systemen.

Mediumrohr: Kunststoff (PEX)

Dimension: DN 20 – DN 100

Systemlängen: ca. 100 m, auf Rolle

Biegeradius: DN 25 ca. 1 m, DN 150 ca. 6 m

Verbindung Mediumrohr: Press- oder Klemmverbindung

Verbindung Mantelrohr: Schrumpfmuffe oder Elektroschweißmuffe, Nachdämmen durch Vor-Ort-Schaum

Anwendungsbereich: bis 80 °C, < 6 bar

Anwendung: Das Rohr ist dauerhaft nur bis 80°C einsetzbar, bei höheren Temperaturen (bis 95°C) sinkt rapide die Lebensdauer. Überwiegend wird dieses System für Einzelanschlüsse verwendet mit kleinen Dimensionen und ohne Abzweigung. Wirtschaftliche Verlegung da die Leitung nur „abgerollt“ wird.

Ein Kunststoff-Medium-Rohr ist aufgrund der verfügbaren Dimensionen und der Temperaturbeständigkeit nur eingeschränkt einsetzbar.

Doppelrohr

Mit den zuvor beschriebenen Mediumrohren (starr und flexibel) werden auch Doppelrohre angeboten. Hier befindet sich die Vor- und Rücklaufleitung in einem Mantelrohr und sind zusammen gedämmt. Vorteile ergeben sich durch geringere Rohrgrabenbreiten bei der Verlegung. Die zulässige Temperaturdifferenz zwischen Vor- und Rücklauf ist auf ca. 80 K begrenzt.

3.3 Verlegeverfahren

Die Verlegung der Leitungen erfolgt in der Regel im Erdreich in offener Verlegung, mit mindestens frostfreier Überdeckung. Grabenlose Verlegungen (z.B. Horizontal-Spülbohr-Verfahren, Unterplassen) können im Einzelfall und unter besonderen baulichen Gegebenheiten in Betracht gezogen werden.

Eine Verlegung in Kanälen (auch begehbar) sollte nur dann infrage kommen, wenn große Sicherheit und eine hohe Flexibilität (Erweiterung / Nachinstallation) gefordert wird. Es ergeben sich erhebliche Mehrkosten in der Erstinstallation.

Bei den üblichen Heizungswassertemperaturen ($<90^{\circ}\text{C}$) kann bei der Verlegung im Erdreich auf eine „thermische Vorspannung“ der Rohrleitungen in der Regel verzichtet werden. Die Selbstkompensation der Rohrleitung und die Richtungsänderungen mit genügend langen Dehnungsschenkeln mit Dehnungspolstern genügen in der Regel für die Aufnahme der Längenänderungen auf Grund der Temperaturdehnung. Bei der Planung muss dies aber geprüft werden.

3.4 Netzaufbau

Für die Netztypologien gibt es im Wesentlichen folgende Arten:
Strahlennetz, Ringnetz, Vermaschtes Netz.

3.5 Auslegung

Für jeden Trassenteil sind der Druckverlust und die Strömungsgeschwindigkeit zu berechnen. Für eine erste Abschätzung von Wärmeversorgungsnetzen können folgende Anhaltswerte angenommen werden:

Geschwindigkeit von 1,5 bis 2,5 m/s,
Druckverlust von 120 bis 150 Pa/m.

Neben einem größeren Wasservolumen führt ein überdimensioniertes Wärmeversorgungsnetz zu unzureichenden Fließgeschwindigkeiten, zu höheren Wärmeverlusten und zu einem trägeren Betriebsverhalten.

Ein hydraulischer Abgleich eines Wärmeversorgungsnetzes ist zwingend erforderlich. Die hierzu erforderlichen Volumenstrom- und Differenzdruckregler sind in den Wärmetechnischen Hausstationen zu installieren. (siehe Kapitel 4).

3.6 WVN Feuchteerkennung / Lecküberwachung / Leckortung

Kunststoffmantelverbundrohre müssen mit einer Feuchteerkennung / Lecküberwachung ausgerüstet werden. Hierzu werden werksseitig zwei Drähte mit in die Wärmedämmung eingeschäumt. Um die Überwachung herstellerunabhängig ausführen zu können sollten 3 Drähte (2 blanke

Kupferdrähte (nordisches System) und ein teilisolierter Chrom-Nickeldraht (Widerstands-Ortungs-Verfahren)) vorgesehen werden. Dadurch ist eine produktneutrale Auswahl des Überwachungssystems gewährleistet.

Zur Überwachung werden Messgeräte an den Trassenenden mit folgenden Funktionen eingesetzt:

-Messgerät zur Leckerkennung

-Messgerät zur Leckerkennung und Ortung

In der Regel sollten die Netze durch ein stationäres Messgerät mit kontinuierlicher Leckerkennung überwacht werden. Bei kleineren Netzen oder vielen unterbrochenen Leitungsabschnitten kann aus wirtschaftlichen Gründen ein mobiles Gerät eingesetzt werden, welches zur Messung an den jeweiligen Leitungsabschnitt angeschlossen wird. Geräte mit automatischer Ortung sollten auf Grund der höheren Kosten nicht eingesetzt werden.

4 Wärmetechnische Hausstation (WH)

4.1 Hausanschlussraum

Für die Wärmeversorgung und ggfls. für die Trinkwassererwärmung ist ein Hausanschlussraum einzurichten, in den die erforderlichen Anschluss- und Betriebseinrichtungen eingebaut werden. Lage und Abmessungen sind bei Fremdwärmebezug rechtzeitig mit dem Versorgungsunternehmen abzustimmen. Als Planungsgrundlage gilt DIN 18012⁵⁴ und die VDI 2050¹¹. Erforderliche Flächen zur Bedienung und Wartung sind vorzuhalten.

Der Raum sollte verschließbar sein und muss jederzeit ohne Schwierigkeiten für das eigene Betriebspersonal bzw. für Mitarbeiter des Versorgungsunternehmens zugänglich sein. Für eine ausreichende Belüftung ist zu sorgen. Die Raumtemperatur sollte 35 °C nicht überschreiten. Der Raum sollte nicht in Nähe akustisch schützenswerter Räume angeordnet sein.

Die elektrischen Installationen sind nach VDE 0100⁵⁵ auszuführen und nach VDE 0100-600⁵⁶ zu prüfen und zu dokumentieren. Elektrische Betriebsmittel müssen mindestens der Schutzart IPX4 entsprechen. In technischen Räumen ist eine vorschriftsmäßige Aufputzinstallation ausreichend.

Für Wartungs- und Instandsetzungsarbeiten sind eine ausreichende Beleuchtung und eine Schutzkontaktsteckdose notwendig. Vorzusehen sind ausreichend dimensionierte Ein- und Ausbringöffnungen für einen späteren Austausch von Anlagenkomponenten.

Für die Befüllung der Heizungsanlage ist an der Trinkwasserinstallation eine rückflusssichere Sicherheitseinrichtung entsprechend der DIN EN 1717⁵⁷ einzubauen. In der Regel darf eine Heizungsanlage nicht mehr mit unaufbereitetem Wasser befüllt werden (siehe Kapitel 2.11 Heizwasseraufbereitung und Zuführung).

Auf eine Bodenentwässerung und eine Trinkwasserzapfstelle sollte nach Möglichkeit bei kleinen Anlagen verzichtet werden. Die Trinkwasserhygiene ist zu berücksichtigen. Um eine unzulässige Erwärmung des Trinkwassers (max. 20 °C) zu vermeiden, sind der Trinkwasserhausanschluss und die Trinkwasserverteilung **nicht** in diesem Raum unterzubringen.

Betriebsanleitungen und Hinweisschilder sind an gut sichtbaren Stellen anzubringen. Ebenso ist das Schaltschema der Wärmeversorgungsanlage und der Wassererwärmungsanlage in dauerhafter Form anzubringen.

⁵⁴ DIN 18012:2018-04 Haus-Anschlusseinrichtungen – Allgemeine Planungsgrundlagen

⁵⁵ VDE 0100 Errichten von Niederspannungsanlagen, Gruppe 100 - 700

⁵⁶ VDE 0100-600 Prüfungen

⁵⁷ DIN EN 1717:2011-08 Schutz des Trinkwassers vor Verunreinigungen in Trinkwasser-Installationen und allgemeine Anforderungen an Sicherungseinrichtungen zur Verhütung von Trinkwasserverunreinigungen durch Rückfließen

4.2 Wärmeübergabestation

4.2.1 Allgemeines

Die Wärmeübergabestation innerhalb der wärmetechnischen Hausstation, übergibt die fremderzeugte Wärme auf das Gebäude. Bei einer Fernwärmelieferung sind die technischen Anschlussbedingungen des Versorgers zu beachten, (siehe Kapitel 2.3.6 Fern- und Nahwärmeübergabestation). Bei Wärme aus einer eigenen zentralen Wärmeerzeugungsanlage (WEA) sind folgende Regelwerke zu berücksichtigen:

- DIN 4747-1³²
- VDI 2036⁵⁸
- AGFW Merkblatt FW 501⁵⁹ und folgende (Anschluss- und Kundenanlagen)
- AVBFernwärmeV⁶⁰
- Technische Anschlussbedingungen des Versorgungsunternehmens

Grundsätzlich unterscheidet man zwei Arten von Wärmeübergabestationen, die direkte und die indirekte. Für beide Arten sind vorgefertigte Kompaktstationen am Markt erhältlich.

4.2.2 Indirekte Ü-Station

Bei einem indirekten Anschluss wird das Heizmedium der Hausanlage durch einen Wärmetauscher vom Fernheiznetz / Wärmeversorgungsnetz getrennt.

Vorteil der Systemtrennung ist, dass die Heizkörper und Armaturen nicht auf den Betriebsdruck des Fernheiznetzes / Wärmeversorgungsnetzes ausgelegt werden müssen. Ein unkontrollierter Wasserverlust im Fernheiznetz / Wärmeversorgungsnetz wird unterbunden.

Nachteile des indirekten Anschlusses sind der höhere Preis der Übergabestation, der höhere Wartungsaufwand und die oft höheren Rücklauftemperaturen durch die Übertragungsverluste des Wärmeübertragers.

Die wesentlichen Komponenten einer indirekten Ü-Station sind:

- Absperrventil
- Volumenstromregler, gegebenenfalls zusätzlicher Differenzdruckregler
- Wärmemengenzähler
- Temperaturregler / Sicherheitstemperaturbegrenzer
- Wärmeübertrager
- Sicherheitsventil
- Druckhaltung

Eine beispielhafte schematische Darstellung ist in Abbildung 10 zu sehen.

⁵⁸ VDI 2036:2009-11 Gebäudetechnische Anlagen mit Fernwärme

⁵⁹ AGFW Merkblatt FW 501 - Begriffsbestimmungen für Regler mit oder ohne Hilfsenergie für Heizwasser und Dampf

⁶⁰ Verordnung über Allgemeine Bedingungen für die Versorgung mit Fernwärme (AVBFernwärmeV)

4.2.3 Direkte Ü-Station

Bei einem direkten Anschluss befindet sich zwischen Fernheiznetz / Wärmeversorgungsnetz und Hausanlage kein Wärmeübertrager. Hierdurch entfallen Bauteile wie Wärmeübertrager, Druckhaltung, Wasseraufbereitung und Pumpe, was zu wesentlich niedrigeren Investitionskosten führt. Nachteilig ist, dass die Hausanlage auf den Systemdruck des Fernheiznetzes ausgelegt werden muss.

Die Wärmeversorgung der Gebäudeheizung aus eigenen Wärmeversorgungsnetzen soll möglichst direkt erfolgen. Bei Anschluss an öffentliche Fernwärmeversorgungsnetze sind grundsätzlich indirekte Ü-Stationen vorzusehen.

Die wesentlichen Komponenten einer direkten Ü-Station sind:

- Absperrventil
- Volumenstromregler, gegebenenfalls zusätzlicher Differenzdruckregler
- Wärmemengenzähler
- Temperaturregler / Sicherheitstemperaturbegrenzer

Eine beispielhafte schematische Darstellung ist in Abbildung 10 zu sehen.

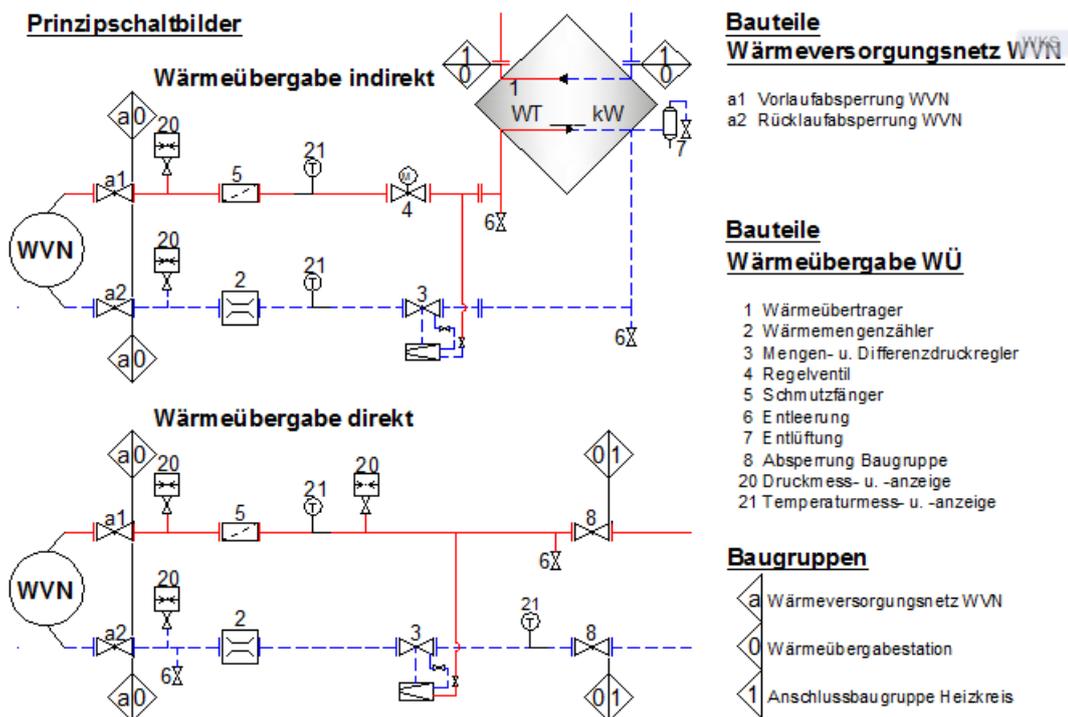


Abbildung 10: Wärmeübergabestation, indirekt (oben), direkte (unten)

4.3 Wärmetechnische Heizkreise

4.3.1 Allgemeines

Unter folgenden Voraussetzungen kann es sinnvoll sein, die Wärmeverteilung über einen Heizkreisverteiler mit mehreren Heizkreisen vorzunehmen:

- Beheizung von Räumen (= Wärmeverbraucher) mit unterschiedlichen Beheizungssystemen (z. B. Heizkörper, Fußbodenheizungen, Lufftherizer usw.),
- deutlich unterschiedliche Nutzungszeiten,
- deutlich unterschiedliche Vorlauf- bzw. Heizmitteltemperaturen,

Hinweis: Im VDMA-Einheitsblatt 24199⁶¹ werden u. a. die Vorteile und Systemvoraussetzungen der verschiedenen Regelungsarten bzw. Heizkreistypen beschrieben.

Um die Anzahl an Absperrarmaturen gering zu halten, sind mehrere hintereinanderliegende Komponenten in Gruppen zusammenzufassen.

4.3.2 Ungeregelter Heizkreis

Der unregelte Heizkreis ist die einfachste Form, einen Wärmeverbraucher zu versorgen. Der Heizkreis kann mittels einer Pumpe ein- und ausgeschaltet werden, die Vorlauftemperatur wird vom Wärmeerzeuger geregelt. Diese Schaltung ist in Anlagen zu finden, in denen es nur einen Heizkreis gibt oder die Heizkreise die gleichen Temperaturanforderungen haben. Bei unterschiedlichen Temperaturanforderungen sind geregelte Heizkreise zu verwenden.

4.3.3 Geregelter Heizkreis

Mit einem geregelten Heizkreis kann die erforderliche Wärmeleistung angepasst werden. Die Leistung ist proportional zum Produkt aus Massenstrom und Temperaturdifferenz.

$\dot{Q} = \dot{m} \times c_p \times \Delta\vartheta$	$\dot{Q} =$ Wärmeleistung (kW)
	$\dot{m} =$ Massestrom (kg/h)
	$c_p =$ spezifische Wärmespeicherkapazität (kWh/kgK)
$\dot{Q} = p \times \dot{V} \times c_p \times \Delta\vartheta$	$\Delta\vartheta =$ Temperaturdifferenz (K)
	$p =$ spezifische Dichte (kg/m ³)
	$\dot{V} =$ Volumenstrom (m ³ /h)

Es werden folgende Regelarten unterschieden:

Durchflussregelung

\dot{V} (Volumenstrom) wird verändert (mengenvariabler Betrieb).

Die mengenvariable Durchflussregelung besitzt keine eigene Umwälzpumpe, die den Volumenstrom über den Verbraucher verändert und benötigt daher eine

⁶¹ VDMA-Einheitsblatt 24199:2005-05 Regelungstechnische Anforderungen an die Hydraulik bei Planung und Ausführung von Heizungs-, Kälte-, Trinkwarmwasser- und Raumlufthechnischen Anlagen

vorgelagerte Pumpe (= druckbehafteter Verteiler). Für die Durchflussregelung gibt es zwei Grundsaltungen (Abbildung 11):

- Drosselschaltung mit Durchgangsventil und
- Drosselschaltung mit Bypassventil

Mischregelung

$\Delta\theta$ (Temperaturdifferenz) wird verändert (Mengenkonstanter Betrieb).

Die am **häufigsten verwendete** mengenkonstante Mischregelung besitzt eine eigene Umwälzpumpe (siehe auch Kapitel 5.6 Pumpensystem), die den Volumenstrom konstant hält und die Leistung durch Anpassung der Vorlauftemperatur in Abhängigkeit der Außentemperatur verändert. Bei der Mischregelung unterscheidet man zwischen (siehe Abbildung 11):

- Beimischschaltung
- Einspritzschaltung mit Durchgangsventil
- Einspritzschaltung mit Dreiwegeventil.

Eine Mischregelung mittels 3 - Wege - Strahlpumpe ist nur dann möglich, wenn der Heizungsverteiler druckbehaftet ist. Hierbei ist eine sichere Betriebsweise nur gewährleistet, wenn die hydraulischen Verhältnisse der Gesamtanlage genauestens bekannt sind. In diesem Fall entfallen die Umwälzpumpe und das 3-Wege-Ventil. Eine Mischinstallation von Strahl- und Umwälzpumpen ist nicht möglich.

Einsatzgebiete verschiedener hydraulischer Grund-Schaltungen und deren wesentlichen Eigenschaften							Fernwärme	Brennwertgeräte	Heizkörpersysteme	Fußbodenheizung (FBH)	Kombination FBH / Radiatoren	Luftheizregister	Zonenregelung
	Typ	Primärkreis		Sekundärkreis		Merkmale							
		Rücklauf-anhebung	Massenstrom	Vorlauf-temperatur	Massenstrom		(\approx) variabel (=) konstant						
Verteiler druckbehaftet	Drosselschaltung	1	Nein	\approx	=	\approx	Beeinflussung anderer Verbraucher	X	X				X
	Umlenkschaltung	2	Ja	=	\approx	\approx	Keine Beeinflussung anderer Verbraucher					X	X
	Beimischschaltung	5	Nein	\approx	\approx	=	Immer Primärtemperatur am Regelventil, gute Regelfähigkeit		X		X		
	mit Durchgangsventil	3	Nein	\approx	\approx	=	Kombination Fußbodenheizung / Radiatoren möglich	X		X	X	X	X
	Einspritzschaltung mit Dreiwegeventil	4	Ja	=	\approx	=	Immer Primärtemperatur am Regelventil, gute Regelfähigkeit			X		X	X

Tabelle 14: Einsatzgebiete hydraulischer Grundsaltungen

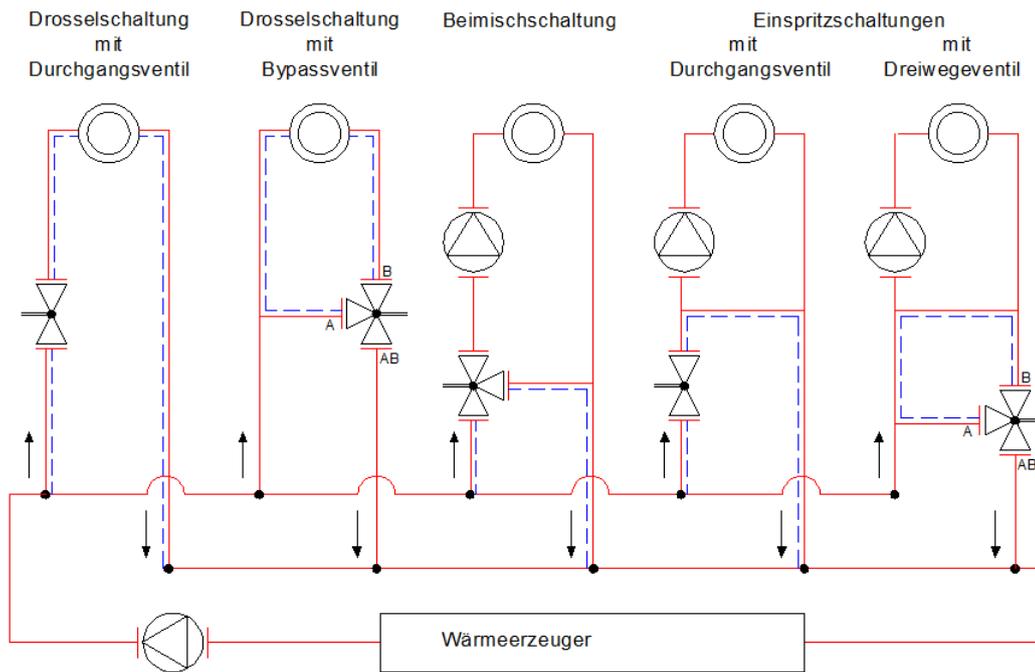


Abbildung 11: Hydraulische Grundschaltungen

Entsprechende Hinweise zur Druckhaltung werden in Kapitel 2.7.2 Druckhaltesysteme gegeben.

5 Hausanlage (HA)

5.1 Allgemeines

Zur Hausanlage gehören alle Baukomponenten ab der wärmetechnischen Hausstation bis einschließlich dem wärmetechnischen Endgerät (z. B. Heizkörper, Trinkwassererwärmungsanlage). (siehe auch Abbildung 1). Anlagenbereiche in denen nicht vollständig diffusionsdichte Komponenten installiert sind, sollten hydraulisch vom übrigen System getrennt werden.

Die länderspezifischen Richtlinien über brandschutztechnische Anforderungen an Leitungsanlagen sind zu beachten. Mustervorschriften und Mustererlasse werden von der Bauministerkonferenz⁶² erstellt.

5.2 Wärmeverteilnetz

Wärmeverteilnetze müssen berechnet und wirtschaftlich dimensioniert werden.

Eine ausreichend hohe Ventilautorität der Regelventile ist eine wesentliche Voraussetzung für eine einwandfreie Funktionalität der Regelung. Die Ventilautorität a_V gibt das Verhältnis des Differenzdrucks Δp_V der Regelamatur zum Gesamtdifferenzdruck Δp_{ges} bei Durchfluss in der entsprechenden Regelstellung an.

Die Ventilautorität a_V ist wie folgt definiert:

$$a_V = \frac{\Delta p_V}{\Delta p_V + \Delta p_A}$$

mit: Δp_V =Druckverlust des Regelventils bei Auslegungsvolumenstrom

Δp_A =Druckverlust des Regelkreises ohne Druckverlust des Regelventils bei Auslegungsvolumenstrom

Anzustreben ist eine Ventilautorität von 0,3 - **0,5** - 0,7.

In Tabelle 15 sind Anhaltswerte nach VDI 2073⁶³ für spezifische Druckverluste und Geschwindigkeiten angegeben.

Leitungsart	spezifischer Druckverlust in Pa/m	Strömungsgeschwindigkeit in m/s
Anbindungs-, Strang- bzw. Geschossleitung	50 - 100 - 150	0,3 - 0,7 - 1,2
Hauptverteilleitungen	120 - 200 - 250	0,8 - 1,0 - 1,5

Tabelle 15: Spezifische Druckverluste und Geschwindigkeiten in Rohrleitungen

⁶² Bauministerkonferenz, www.is-argebau.de

⁶³ VDI 2073 Hydraulik in Anlagen der Technischen Gebäudeausrüstung, Blatt 1 - 3

5.2.1 Rohrleitungen

Für die Wärmeversorgungsleitungen sind in der Regel nahtlose oder geschweißte Stahlrohre nach DIN EN 10220⁶⁴ zu verwenden. In kleineren Anlagen bzw. bei kleineren Nennweiten können Kupferrohre, Präzisionsstahlrohre nach DIN EN 10305-3⁶⁵, Kunststoffrohre oder Kunststoffverbundrohrsysteme auch mit formschlüssiger Verbindung (Pressverbindung) verwendet werden, sofern dies wirtschaftlicher ist. Alle Kunststoffrohrleitungen müssen sauerstoffdicht nach DIN 4726⁶⁶ sein. Grundsätzlich sind Rohrmaterialien und Verbinder (Fittinge) zu verwenden, die fabrikatsneutral untereinander kombinierbar sind, um bei späteren Erweiterungen oder Reparaturen nicht auf ein bestimmtes Fabrikat festgelegt zu sein. Es sind Verbinder zu verwenden, die unverpresst nachweislich undicht sind. Bei der Wahl des Rohrmaterials ist die Recyclingfähigkeit zu berücksichtigen.

Wärmeverteilungen sollten auf Putz verlegt werden, wenn es die Art und Nutzung des Gebäudes zulässt. Rohrleitungen sollen zur Vermeidung von unkontrollierbaren Leckagen in den Fußböden (in oder unter dem Estrich) nicht verlegt werden. Es ist auf eine klare Strangführung mit kurzen Heizkörperanschlussleitungen und sauber ausgebildeten Kreuzungen zu achten. Die Dehnungsaufnahme der Rohrleitungen soll nach Möglichkeit durch Richtungsänderung und Einbau von Ausdehnungsbögen erfolgen. Axialkompensatoren sind nur in Ausnahmefällen vorzusehen. Sie müssen leicht zugänglich sein. Die Rohrleitungen sind so zu verlegen, dass ihre Dichtheit überwacht werden kann. Sollte die Verlegung im Fußbodenbereich aus baulichen Gründen notwendig sein, sollten korrosionssichere Systeme (z. B. Kunststoffrohre) verwendet werden. Diese sollten möglichst ohne Rohrverbinder verlegt werden. In nicht vor Feuchte geschützten Einbauorten sollten keine Stahlrohre eingesetzt werden.

5.2.2 Wärmedämmung von Rohrleitungen und Armaturen

Wärmedämmarbeiten an betriebstechnischen Anlagen, wie Rohrleitungen und Armaturen, sind nach der DIN 4140⁶⁷ auszuführen.

Die Wärmedämmung von Rohrleitungen und Armaturen ist nach der GEG Anlage 8 auszuführen.

Grundsätzlich ist auf einen mechanischen Schutz der Wärmedämmung durch Blechummantelungen (verz. Stahlblech, Aluminiumblech, Aluminiumgrobkornfolie) zu verzichten – es sei denn; es handelt sich um Bereiche wo mit einer Beschädigung gerechnet werden muss.

⁶⁴ DIN EN 10220:2003-03 Nahtlose und geschweißte Stahlrohre - Allgemeine Tabellen für Maße und längenbezogene Masse

⁶⁵ DIN EN 10305-3:2016-08 Präzisionsstahlrohre - Technische Lieferbedingungen - Teil 3: Geschweißte maßgewalzte Rohre

⁶⁶ DIN 4726:2017-10 Warmwasser-Flächenheizungen und Heizkörperanbindungen Kunststoffrohr- und Verbundrohrleitungssysteme

⁶⁷ DIN 4140:2014-04 Dämmarbeiten an betriebstechnischen Anlagen in der Industrie und in der technischen Gebäudeausrüstung – Ausführung von Wärme- und Kälte-dämmungen

5.3 Heizflächen (Nutzübergabeeinrichtungen)

5.3.1 Allgemeines

Die Beheizung von Gebäuden hat grundsätzlich über wasserdurchflossene Heizflächen zu erfolgen. Diese müssen unabhängig vom Gesamtsystem entleert und entlüftet werden können. Andere Heizmedien (z. B. Luft) werden in Kapitel 2.3.12 Sonderformen der Wärmeerzeugung und Kapitel 5.4 Luftheizungsanlagen beschrieben.

Jede Raumheizfläche muss einzeln oder in der Gruppe über eine Regeleinrichtung verfügen. Sie muss hydraulisch einregulierbar (siehe Kapitel 5.7 Hydraulischer Abgleich) sein.

5.3.2 Auslegung von Raumheizflächen

Die Auslegung von Heizflächen erfolgt nach der Berechnung der Norm-Heizlast gemäß der DIN/TS 12831-1³⁰.

Weicht der Heizbetrieb eines Raumes (z.B. 24-Stunden besetzte Stelle) von der Betriebsweise des zu versorgenden Heizkreises ab, so sollte diese Raumheizfläche entsprechend den Gegebenheiten (abgesenkte Vorlauftemperatur) größer dimensioniert werden.

Bei Wärmeschutzmaßnahmen an der Gebäudehülle sind die wärmetechnischen Parameter (u. a. Vorlauftemperatur, Rücklauftemperatur, Massenströme, Betriebszeiten, hydraulischer Abgleich) der Gebäudeheizung zu überprüfen und ggf. anzupassen.

5.3.3 Freie Heizflächen

Zu den freien Heizflächen (statische Heizflächen) gehören Flachheizkörper (Plattenheizkörper), Gliederheizkörper (Stahl- und Gussradiatoren), Röhrenradiatoren, Konvektoren und weitere Sonderbauformen (DIN EN 442-1⁶⁸). Heizflächen sind grundsätzlich unter wirtschaftlichen Aspekten auszuwählen. In der Regel werden Flachheizkörper eingesetzt. Mehrkosten aufgrund von Abweichungen aus gestalterischen Gründen sind im Einzelnen zu begründen und zu dokumentieren.

Besondere korrosionsschützende Maßnahmen an Heizflächen für Nassbereiche wie z. B. verzinkte Heizflächen sind in der Regel nicht notwendig. Für Bereiche mit speziellen Anforderungen an die Hygiene sind besonders leicht zu reinigende Heizkörper ohne Kanten, Sicken und Konvektionsbleche vorzusehen.

Bei Neubauten oder für energetisch sanierte Gebäude wird eine Auslegungsvorlauftemperatur zwischen 45 °C und max. 60 °C empfohlen. Die Spreizung der Vor- und Rücklauftemperatur sollte in der Regel bei 10 – 20 K liegen.

Um die Wärmeabgabe der Heizflächen nicht zu behindern, muss die Unterkante von geschlossenen Fensterbänken oder sonstigen Abdeckungen mindestens

⁶⁸ DIN EN 442-1:2015-03 Radiatoren und Konvektoren - Teil 1: Technische Spezifikationen und Anforderungen

10 cm über der Heizfläche liegen. Zur leichteren Reinigung der Fußböden müssen Heizflächen mindestens 12 cm Fußbodenabstand haben.

5.3.3.1 Deckenstrahlplatten

Deckenstrahlplatten nach DIN EN 14037-1⁶⁹ werden in der Regel für hohe Räume (ab 3,5 m) wie z. B. für Werkhallen, Fahrzeughallen, Sport- und Ausbildungshallen, Lagerhallen und partiellen Einzelarbeitsplatzbeheizung eingesetzt. Der Einsatz in normalen Aufenthaltsräumen sollte auf Grund der höheren Investitionskosten und unter Berücksichtigung der thermischen Behaglichkeit gegenüber anderen Heizflächen begründet werden. Wegen des hohen Strahlungsanteiles von Deckenstrahlplatten kann bei gleicher operativer Temperatur (empfundene Temperatur) die Raumlufttemperatur um bis zu ca. 3 K niedriger sein als bei einer Luftheizung (siehe Kapitel 5.4 Luftheizungsanlagen), was zu einer erheblichen Energieeinsparung führt. Für Deckenstrahlplatten werden Vorlauftemperaturen von 45 – 70 °C (Spreizung 10 – 20 K) empfohlen. Es ist zu beachten, dass es bei Deckenheizungen mit zu hohen Oberflächentemperaturen zu Behaglichkeitseinschränkungen im Aufenthaltsbereich kommen kann.

5.3.4 Integrierte Heizflächen

Zu den raumflächenintegrierten Heizsystemen nach DIN EN 1264⁷⁰ gehören Fußboden-, Decken- und Wandheizsysteme, welche oberflächennah in die Raumumschließungsflächen eingebaut sind.

5.3.4.1 Fußbodenheizung

In der Regel wird ein raumflächenintegriertes Heizsystem als Fußbodenheizung ausgeführt. Der Einsatz gegenüber freien Heizflächen muss auf Grund der höheren Investition begründet und dokumentiert sein.

Gründe hierfür können sein:

- Hygieneanforderungen, die keine freien Heizflächen zulassen
- tiefe Räume wie Werkhallen, Fahrzeughallen sowie Sport- und Ausbildungshallen bei denen freie wandhängende Heizflächen nicht ausreichen oder hinderlich sind
- eine vom Wärmeerzeuger (z. B. Umweltwärme, Wärmepumpe) vorgegebene niedrige Vorlauftemperatur (25 – 45 °C) bei der die Installation von freien Heizflächen nicht wirtschaftlich ist
- Vandalismus oder Suizidgefahr (u. a. Strafvollzug)

⁶⁹ DIN EN 14037-1:2016-12 An der Decke frei abgehängte Heiz- und Kühlflächen für Wasser mit einer Temperatur unter 120 °C – Teil 1: Vorgefertigte Deckenstrahlplatten zur Raumheizung – technische Spezifikationen und Anforderungen

⁷⁰ DIN EN 1264 Raumflächenintegrierte Heiz- und Kühlsysteme mit Wasserdurchströmung – Teil 1 - 5

Die Oberflächentemperaturen sind aus physiologischen Gründen auf folgende Werte zu begrenzen:

- Aufenthaltszone: 29 °C
- Randzone: 35 °C
- Bäder: 33 °C

Aus der Begrenzung der Oberflächentemperatur ergibt sich eine max. Wärmeleistung von ca. 100 W/m².

Nicht geeignet ist dieses Heizsystem auf Grund der großen Trägheit für Räume mit temporär auftretenden internen (Maschinen, größere Anzahl von Personen) oder externen (Sonneneinstrahlung durch große Fenster) Wärmelasten. Die Trägheit des Systems führt hier zu einem erhöhten Wärmeenergieverbrauch gegenüber schnell regelnden Systemen.

Bei hochwärmegedämmten Gebäuden mit geringer Heizlast ergeben sich aufgrund der Abhängigkeit von Heizleistung- / Oberflächentemperatur sehr geringe Temperaturspreizungen (1 – 2 K), so dass die Grenze der Regelbarkeit erreicht wird. Hier sollte ggf. eine andere Art der Beheizung gewählt werden.

5.3.5 Bauteilaktivierung

Gegenüber den integrierten Heizflächen wird bei der Bauteilaktivierung das gesamte Bauteil (Decke, Wand) temperiert. Hierdurch entsteht eine sehr große Trägheit des Systems. Der Einsatz einer Bauteilaktivierung ist in der Regel nur sinnvoll, wenn eine Heiz- und eine Kühllast abgedeckt werden soll. Es werden niedrige Systemtemperaturen benötigt, um die natürlichen Wärmequellen (Grundwasser, Erdsonden, Solarthermie) bevorzugt nutzen zu können.

Leistungsbereich:

- Heizfall: 20 – 30 W/m², Vorlauftemperatur: 26 – 29 °C
- Kühlfall: 20 – 40 W/m², Vorlauftemperatur: ca. 20 °C

Aufgrund der Trägheit und der niedrigen Systemtemperaturen eignet sich die Bauteilaktivierung in der Regel nur für die Abdeckung der Grundlasten. Dies kann den Einsatz zusätzlicher Heiz- und Kühlsysteme erforderlich machen. Die Wirtschaftlichkeit gegenüber anderen Heiz- und Kühlkonzeptionen ist zu prüfen.

Ein Austausch des Systems „Bauteilaktivierung“ ist nicht möglich. Reparaturen sind aufwendig, da hierbei wesentliche Eingriffe in die Bauteile (Decke, Wand) erfolgen müssen.

5.3.6 Rohrleitungszubehör, Anschlussarmaturen, Absperrorgane

5.3.6.1 Rohrleitungszubehör

Unter Rohrleitungszubehör werden Bauteile zur Dehnungsaufnahme, Leitungsbefestigung oder ähnliches zusammengefasst. Sie sind entsprechend dem Rohrmaterial, der Rohrdimension und den Heizwassertemperaturen auszuwählen und anzuordnen. Sie müssen unter anderem verhindern, dass im Rohrsystem Spannungen zu Undichtigkeiten und Geräuschen führen.

5.3.6.2 Strangregulierarmaturen

Strangreguliertventile werden erforderlich, wenn Heizwasservolumenströme von unterschiedlich belasteten Strängen abgestimmt werden müssen, wobei die Einregulierungsarmaturen an der Nutzübergabeeinrichtung (NÜE) dieses nicht alleine bewirken kann. Die Einstellwerte sind bei der Inbetriebnahme und bei jeder Änderung zu dokumentieren.

In Gebäuden mit mehreren Geschossen sollten die Hauptstränge absperrbar und entleerbar sein.

5.3.6.3 Anschlussarmaturen

Anschlussarmaturen müssen vor Nutzübergabeeinrichtungen (NÜE) eingesetzt werden und dienen dazu, den erforderlichen Heizwasservolumenstrom zu regulieren sowie im Bedarfsfall bei Trennung und Entleerung der NÜE ganz zu unterbinden.

Heizflächen (z. B. Heizkörper) sind mit Ventilen auszustatten, die einen ordnungsgemäßen Betrieb der Raumtemperaturregelung sicherstellen.

Um den hydraulischen Abgleich vornehmen zu können, sind voreinstellbare Heizflächenventile oder einstellbare Rücklaufverschraubungen zu verwenden.

Bei Bestandsanlagen, bei denen kein hydraulischer Abgleich im Sinne der VOB/C möglich ist, können Thermostatventile mit integrierter Differenzdruckregelung eingesetzt werden.

Antriebe und Bedienteile von Heizkörperventilen sind in öffentlich zugänglichen Bereichen gegen unsachgemäße Bedienung und Diebstahl ausreichend zu schützen.

5.4 Luftheizungsanlagen

5.4.1 Allgemeines

Luftheizungsanlagen werden eingesetzt, wenn andere Heizflächen aus baulichen oder nutzungsspezifischen Belangen nicht eingesetzt werden können.

Direkt befeuerte Luftheizungsanlagen werden im Kapitel 2.3.12.2 Direktbefeuerte Warmluftherzeuger behandelt. Wärmetauscher in raumluftheizungsanlagen werden in der aktuellen AMEV-Empfehlung „RLT-Anlagenbau“ behandelt.

Anwendungsbereich:

- Industriehallen, Werkstätten, Lager, Fahrzeughallen, Hubschrauberhangars
- Sporthallen, Konzertsäle, Theater, Oper, Kirchen

Vorteile:

- Keine Heizflächen erforderlich
- Schnelle Aufheizung großer und hoher Räume
- Gut geeignet für temporäre Nutzungen

- Heizung und gleichzeitig Luftaustausch bei Außenluftanschluss; Wärmerückgewinnung i. d. R. möglich
- Kühlbetrieb ggf. möglich
- Niedrige Investitionskosten

Nachteile:

- Schlechter Wirkungsgrad, da schlechter Wärmeübergang und geringe Wärmekapazität
- Umwälzung großer Luftmengen ⇒ Geräusche, Staub, Behaglichkeit
- Hohe Temperaturen erforderlich ⇒ Staubverschmelzung
- Behaglichkeitsdefizite, vor allem bei schlecht gedämmten Gebäuden, da nur konvektive Wärme

5.4.2 Ausführungsarten

- Zentrale Anlagen (mit Kanalsystem)
- Dezentrale Anlagen
- Indirekt beheizte Anlagen (über Wasser-Luft-Wärmeübertrager)
- Direkt befeuerte Anlagen (Öl, Gas)

5.4.3 Auslegung

Die Luft muss ohne Zugscheinungen in den Aufenthaltsbereich der Personen eingebracht werden. Bei Deckenluftaustritten ist zu berücksichtigen, dass die warme Zuluft entgegen der natürlichen Auftriebskraft nach unten eingeblasen wird. Wurfweite und Induktion in Abhängigkeit von Luftmenge und Temperaturdifferenz (Raumluft/Zuluft) sowie der Schallpegel sind hierbei wichtige Auslegungskriterien.

Zulufttemperaturen (bei Raumtemperatur 20 bis 22 °C) sind innerhalb folgender Grenzen zu wählen:

- Industrieanlagen 40 bis 60 °C
- Komfortanlagen 30 bis 45 °C

5.5 Trinkwassererwärmungsanlagen

5.5.1 Allgemeines

Trinkwassererwärmungsanlagen sind nach den Anforderungen der installierten Trinkwarmwasserentnahmestellen und den Nutzergewohnheiten zu dimensionieren. Um die sichere Einhaltung der hygienischen Trinkwarmwasserqualität zu gewährleisten, ist die vorzuhaltende Trinkwarmwassermenge möglichst gering zu halten.

Die Dimensionierung einer Trinkwassererwärmungsanlage erfolgt nach DIN EN 12831-3⁷¹ mittels Summenkennlinienverfahren, indem eine Bedarfs- und Versorgungskennlinie berechnet und zeitlich verglichen wird. Für eine

⁷¹ DIN EN 12831-3:2017-09 Energetische Bewertung von Gebäuden - Verfahren zur Berechnung der Norm-Heizlast - Teil 3: Trinkwassererwärmungsanlagen, Heizlast und Bedarfsbestimmung, Module M8-2, M8-3; Deutsche Fassung EN 12831-3:2017

bedarfsgerechte Auslegung sind individuelle Messungen (Lastprofile) vergleichbarer Gebäudenutzungen in engen Zeitintervallen vorteilhaft, um einer Überdimensionierung der Anlage vorzubeugen. Die DIN 1988-300⁷² kann ergänzend für die Ermittlung der Wärmeverluste des Zirkulationssystems verwendet werden.

Weiterhin ist abzuklären, ob eine Spitzenlast nicht durch organisatorische Maßnahmen verringert werden kann. Hierdurch können erhebliche Heizleistungen und/oder Trinkwarmwasserspeichermengen eingespart werden.

Eine kurzzeitig erforderliche höhere Heizleistung (Spitzenlast) für die Trinkwassererwärmung sollte nicht bei der Auslegung der Wärmeerzeugungsanlage berücksichtigt werden, sondern durch eine Vorrangschaltung für die Trinkwassererwärmung. Reicht dennoch die Heizleistung zur Trinkwassererwärmung nicht aus, so sollte die Leistung über einen Heizwasserspeicher bzw. Pufferspeicher anstatt über eine Vergrößerung des Trinkwarmwasserspeichers abgedeckt werden.

Für eine selten angeforderte Spitzenleistung der Trinkwarmwasserabnahme kann ggf. auch eine elektr. Zusatzheizung wirtschaftlich sein.

Für die Trinkwassererwärmung müssen Heizwassertemperaturen bereitgestellt werden können, die eine thermische Desinfektion des Trinkwarmwassersystems $> 70\text{ °C}$ ermöglicht. In Speicherladesystemen mit Zirkulationsbetrieb muss dauerhaft eine Trinkwarmwassertemperatur von 60 °C gehalten werden, woraus eine dauerhafte, kontinuierliche Nachladung folgt.

Weiterführende Hinweise für die Planung und Ausführung von Trinkwassererwärmungssystemen sind in der aktuellen AMEV-Empfehlung „Sanitäranlagen“ enthalten.

5.5.2 Betriebsweisen der Trinkwassererwärmung

Einbindung der Trinkwassererwärmungsanlagen in die Wärmeversorgung:

Trinkwassererwärmung ohne Vorlauftemperaturregelung

Bei Trinkwasser mit niedriger Gesamthärte (bis ca. 8 °dH), und niedriger Verkalkungsgefahr, kann aus Kostengründen auf eine Absenkung der Vorlauftemperatur des Heizmediums verzichtet werden. In diesen Fällen werden die Wärmeübertragerflächen mit der allgemeinen Vorlauftemperatur des Heizmediums beaufschlagt.

Trinkwassererwärmung mit Vorlauftemperaturregelung

Bei Trinkwasser mit hoher Gesamthärte (ab ca. 14 °dH), sind die Trinkwassererwärmungsanlagen mit möglichst niedrigen Heizmitteltemperaturen (60 °C bis 70 °C) zu betreiben, um einer Verkalkung vorzubeugen. Die Temperatur wird durch einen geregelten Heizkreis realisiert.

⁷² DIN 1988-300:2012-05 Technische Regeln für Trinkwasser-Installationen - Teil 300: Ermittlung der Rohrdurchmesser; Technische Regel des DVGW

5.6 Pumpensystem

Zur Umwälzung des Heizwassers in Heizkreisen werden elektromotorisch angetriebene Kreiselpumpen oder in Sonderfällen Strahlpumpen eingesetzt. In der Regel werden differenzdruckgeregelter Rohreinbaupumpen (Inlinenpumpen) als Nassläufer verbaut. Für größere Volumenströme werden Trockenläufer als Inline-, Block- oder Grundplattenpumpen (Normpumpen nach DIN EN 733⁷³) verbaut. Grundsätzlich sind für Heizungsanlagen keine Reservepumpen (Redundanz) vorzusehen.

In Anlagen mit Wärmeströmen ab 1,0 MW kann die Aufteilung der erforderlichen Förderleistung auf mehrere Pumpen zu einer Steigerung der Wirtschaftlichkeit führen, bei gleichzeitiger Erhöhung der Versorgungssicherheit. Eine Aufteilung in 2 × 70 % der Förderleistung hat sich bewährt.

Da auch geregelte Pumpen erst ab einer Förderleistung von ca. 30 % eine Anpassung an den tatsächlichen Bedarf ermöglichen, muss eine Überdimensionierung ausgeschlossen werden. Eine Unterdimensionierung ist meist unkritisch, da z. B. ein Heizkörper bei halbem Auslegungsvolumenstrom noch ca. 80 % der Heizleistung erreicht.

GEG-Anforderung

Das GEG stellt im Abschnitt 4, § 64 Anforderungen zur Energieeffizienz von Umwälz- und Zirkulationspumpen.

Ökodesign-Anforderungen (siehe Kapitel 1.1.6)

Folgende Anforderungen sind bei den jeweiligen Pumpensystemen einzuhalten:

Nassläufer-Umwälzpumpen (1 W – 2.500 W)

[Verordnung (EG) Nr. 641/2009 ergänzt durch (EU) Nr. 622/2012]

Energieeffizienzindex (EEI) $\leq 0,23$ gültig ab dem 01.08.2015

Energieeffizienzindex (EEI) $\leq 0,20$ Referenzwert für die effizientesten Umwälzpumpen

(z. B. EEI=0,20 bedeutet, dass die Heizungsumwälzpumpe nur 20 % der Leistungsaufnahme benötigt, die als Grenzbereich festgelegt ist)

Trockenläuferpumpen

Elektromotoren

[Verordnung (EG) Nr. 640/2009]

Min. Effizienzniveau IE3 ab 01.01.2015 für Motoren 7,5 – 375 kW

Min. Effizienzniveau IE3 ab 01.01.2017 für Motoren 0,75 – 375 kW

IE4 realisiert das zurzeit beste Effizienzniveau.

(je höher der IE-Wert, desto höher ist der Wirkungsgrad)

⁷³ DIN EN 733:1995-08 Kreiselpumpen mit axialem Eintritt PN 10 mit Lagerträger - Nennleistung, Hauptmaße, Bezeichnungssystem

Wasserpumpen

[Verordnung (EU) Nr. 547/2012]

Mindesteffizienzindex (MEI) $\geq 0,4$ gültig ab dem 01.01.2015

Referenzwert für den besten Wirkungsgrad: MEI $\geq 0,7$

(z.B. MEI = 0,4 bedeutet, dass 40 % der Pumpen am Markt einen schlechteren Wirkungsgrad besitzen)

5.7 Hydraulischer Abgleich

Der hydraulische Abgleich ist ein Verfahren, bei dem die Wassermassenströme und Druckdifferenzen an den Regeleinrichtungen (Heizkörperventile, Strangreguliertventile) der Verbraucher (z. B. Heizkörper, Heizkreise) auf die zuvor berechneten Werte eingestellt werden. Durch den hydraulischen Abgleich werden Geräusche im Wärmeverteilnetz vermieden und weit entfernte, ungünstig gelegene Heizkörper ausreichend mit Heizwasser versorgt.

Der hydraulische Abgleich ist eine Voraussetzung für einen störungsfreien und wirtschaftlichen Betrieb (siehe auch VOB Teil C ATV DIN 18380³ Nr. 3.5) und damit Bestandteil der Bauleistung. Die Überprüfung ist deshalb besonders wichtig. Die wichtige Durchführung und Kontrolle des hydraulischen Abgleichs erfolgt auf der Grundlage fortgeschriebener Berechnungsunterlagen (Heizlast, Heizflächenauslegung, Rohrnetzberechnung und Drosselschemata) und der daraus resultierenden Einstellungen aller Drosselorgane.

Die Dokumentation des hydraulischen Abgleichs mit Hilfe von Messgeräten und des Vergleichs mit den rechnerisch ermittelten Einstellungen ist gemäß VOB, Teil C ATV DIN 18380³ eine Sonderleistung, die gesondert vereinbart und vergütet werden muss. Diese Dokumentation kann zur Kostenbegrenzung auf eine vorher festzulegende Anzahl (z. B. 10 % der Heizflächen und Drosselorgane) begrenzt werden. Werden die zu erwartenden Messwerte nicht erreicht, sind der vorgenannte hydraulische Abgleich und der Vergleich sowie die Dokumentation des hydraulischen Abgleichs mit einer weiteren Anzahl von Stichproben zu wiederholen, bis die erforderlichen Nennwerte festgestellt und dokumentiert sind.

Werden dennoch die Nennwerte nicht erreicht, liegt ein Mangel in der Ausführungsleistung vor, zu dessen Beseitigung der Auftragnehmer nach § 4 Abs. 7 VOB Teil B mit Fristsetzung schriftlich aufzufordern ist.

6 Mess-/Steuer- und Regelungstechnik – Gebäudeautomation

6.1 Allgemeines

Die Mess- /Steuer- und Regelungstechnik (MSR) ist ein wesentlicher Bestandteil für den Betrieb von technischen Anlagen. Um Regelprozesse durchführen zu können, sind Informationen über den Betriebszustand mit Hilfe von Sensoren (Fühler) und Eingriffsmöglichkeiten in den Prozess über Aktoren (Stellglieder) notwendig. Im Rahmen der Regelung werden kontinuierliche Messgrößen mit Sollwerten verglichen und Stellgrößen berechnet.

In einer Wärmeversorgungsanlage erfolgt die funktionelle Verknüpfung mit anderen Gewerken über eine Gebäudeautomation (GA). Die Anlagenautomation ist für die Wärmeerzeugung und -verteilung, die Raumautomation für die Wärmebereitstellung im Raum verantwortlich. Die Beobachtung und Bedienung sowohl von Anlagen- wie von Raumautomation kann über einen zentralen Bedienplatz erfolgen, eine Leitzentrale ermöglicht darüber hinaus erweiterte Funktionen, wie z. B. übergeordnete Optimierungsprozesse, Energie-, und Instandhaltungsmanagement.

Weitere wesentliche Aspekte zur Gebäudeautomation sind der aktuell geltenden AMEV-Empfehlung Gebäudeautomation zu entnehmen.

Der Umfang, die Konzeption und Einbindung der Wärmeversorgungsanlage in die Gebäudeautomation sind mit dem Betreiber der Anlage sehr frühzeitig (Empfehlung: Lph 1 der HOAI⁷⁴, Grundlagenermittlung) abzustimmen.

6.2 Anlagenautomation

Die Sicherheitsfunktionen und die grundlegenden Steuerungsabläufe der Wärmeerzeugungsanlagen werden i. d. R. durch ein vom Hersteller bereitgestelltes Automationssystem vorgegeben; bei kleinen standardisierten Anlagenkonfigurationen übernehmen diese auch die Regelung der Erzeugerleistung und der Wärmeverteilung. Bei komplexen Anlagenkonfigurationen werden die Steuer- und Regelaufgaben sowie gegebenenfalls die Verknüpfung der Wärmeerzeugung und -verteilung mit weiteren Gewerken von einer eigenständigen Automationsstation erbracht.

Soll die Anlagenautomation in ein übergeordnetes Management- oder Monitoringsystem integriert werden, sollte sie über eine standardisierte Schnittstelle (z. B. BACnet) zur Datenübertragung verfügen. Die standardisierte Schnittstelle ermöglicht zudem, künftige Automationseinrichtungen für Anlagenerweiterungen und Umbauten dem Wettbewerb zu unterstellen.

Für einen möglichen Ausfall der Automationsstation wird empfohlen, für die Grundfunktionen eine angemessene Notbedienung vorzusehen.

Prädiktive (vorausschauende) Regelungsprinzipien beruhen auf Wettervorhersagen. Diese innovative Technik ist neu auf dem Markt und erst

⁷⁴ Verordnung über die Honorare für Architekten- und Ingenieurleistungen (Honorarordnung für Architekten und Ingenieure - HOAI), 10.07.2013

an Pilotprojekten verifiziert. Da noch keine Erfahrungen in der breiten Anwendung vorliegen, ist der Einsatz im Einzelfall zu prüfen.

6.3 Raumautomation

Der Einsatz einer Raumautomation ist frühzeitig zwischen TGA-Planern (HLS, Elektro, GA) und Architekt (Sonnenschutz) abzustimmen.

Nach den Vorgaben der GEG Abschnitt 2, § 61 sind heiztechnische Anlagen mit selbsttätig wirkenden Einrichtungen zur raumweisen Regelung der Raumtemperatur auszustatten. Für Raumgruppen gleicher Art und Nutzung in Nichtwohnbauten ist eine Gruppenregelung zulässig.

Diese Vorgaben lassen sich in vielen Fällen mittels Thermostatventilen erfüllen. In Räumen oder Bereichen, in denen weitere technische Anlagen für die Raumkonditionierung betrieben werden, wie z. B. Lüftungsanlagen, Klimasplitgeräte, Kühldecken, ist eine elektronische Raumregelung vorzusehen. Diese berücksichtigt alle technischen Anlagen sowie Sonnenschutz, Beleuchtung und Überwachung auf Fensteröffnung.

Aus heizungstechnischer Sicht bringt Raumautomation mit Einzelraumreglern dann Vorteile, wenn z. B. Einzelräume mit stark unterschiedlichen Nutzungszeiten vorhanden sind oder als Alternative zur Gruppenregelung im Verteilsystem. Die Raumautomation ermöglicht es u. a. die Raumtemperatur zeit- und anwesenheitsabhängig zu regeln oder die Energiezufuhr bei geöffnetem Fenster zu unterbrechen. Die Aufschaltung der Einzelraumregler auf einen zentralen Bedienplatz ermöglicht z. B. in Schulen die Klassenraumtemperaturen den individuellen Nutzungszeiten schnell und einfach anzupassen.

Um eine hohe Nutzerzufriedenheit zu erzielen, müssen die Raumtemperatur-Sollwerte (innerhalb eines vorgegebenen Temperaturbereichs) vom Nutzer verstellt werden können. Der vorgegebene Temperaturbereich ist im Raumbuch bzw. bei der Grundlagenermittlung mit dem Maßnahmenträger/Bauherr/Nutzer festzulegen und zu dokumentieren. Die Verstellung kann durch direkte Bedienung am Thermostatventil oder mittels eines Raumbediengeräts erfolgen.

6.4 Wetterprognosegestützte Regelung

Wetterprognosegestützte Regelungen beziehen, im Gegensatz zu rein außentemperaturabhängigen Vorlauftemperaturregelungen, das Trägheitsverhalten des Gebäudes bzw. einzelner Zonen mit in das Regelverhalten ein und verknüpfen diese dynamischen, bauphysikalischen Parameter mit prognostizierten Wetterdaten des jeweiligen Standorts und den individuellen Nutzungszeiten.

Mit dieser Methode wird ein bedarfsgerechter Betrieb von Heizungs-, Kälte- und Lüftungsanlagen angestrebt, der zur Folge hat, dass weniger Energie verbraucht wird und Abweichungen von den Raumsollwerten unterbunden werden (Nutzerzufriedenheit).

Diese Technologie kann an nahezu jede beliebige Mess-, Steuer- und Regelungstechnik (MSR-Technik) angedockt werden und ist sowohl für Bestandsgebäude als auch für Neubauten interessant. Bei vorhandener MSR-

Technik werden Daten von Sensoren genutzt, in eigenen Rechenoperationen weiterverarbeitet und mit den Ergebnissen die Anlagen gesteuert. Voraussetzung ist oft eine Datenverbindung zum Rechenzentrum des Anbieters und eine Schnittstelle zur Gebäudeleittechnik. Eine vom Internet unabhängige Wetterdatenbereitstellung wird von Herstellern spezieller Wetterprognose-Stationen kostenlos über Langwellenfrequenzen angeboten.

Wird eine neue MSR-Technik installiert, ist bereits bei der Ausschreibung darauf zu achten, dass die Funktion der wetterprognosegestützten Fahrweise enthalten ist, sofern eine Anwendung sinnvoll erscheint.

Randbedingungen für den Einsatz einer wetterprognosegestützten Regelung:

- Schwere Bauweise
- Träge Heiz- und Kühlsysteme, z.B. Betonkernaktivierung, Fußbodenheizung
- Vorhandene technischen Anlagen müssen sich auf dem Stand der Technik befinden (u. a. hydraulisch optimiert)
- Keine groben Funktionsmängel vorhanden
- Detaillierte Auswertung und aktuelle Unterlagen der Bestandsanlagen vorhanden
- Eigenständige Mobilfunkverbindung (Datensicherheit)
- Außentemperaturregelung bei Ausfall des Systems

Vor Beauftragung der wetterprognosegestützten Regelung ist das relative und absolute Einsparpotential vom Hersteller zu ermitteln und bei der Realisierung vertraglich zu vereinbaren.

7 Energiemonitoring, -controlling

7.1 Allgemeines

Die Erfassung und Überwachung von Energie- und Medienverbräuchen (Energiemonitoring) ermöglicht das Erkennen von Sollwertüberschreitungen, Unregelmäßigkeiten, Störungen und Abweichungen von prognostizierten Werten. Somit stellt das Energiemonitoring auch ein Instrument zur Qualitätssicherung dar.

Ziel ist die Optimierung im Sinne eines energie- und kostensparenden Betriebs von technischen Anlagen mittlerer und höherer Ausstattung durch Anpassung an den Leistungsbedarf und an die realen Nutzungszeiten.

Das Einsparpotenzial beträgt ca. 5 – 30 % (lt. TU Braunschweig, Institut für Gebäude- und Solartechnik) an Endenergie bzw. Energiekosten. Deshalb sollte das Energiemonitoring bei allen Generalsanierungen und Neubauten zur Anwendung kommen. Vor Beginn der LPh 2 HOAI müssen die Monitoringaufgaben definiert werden und ein Fachplaner beauftragt werden. Auf Grund der vielen Berührungspunkte zur Gebäudeautomation, kann bei entsprechender Eignung, hierfür der Fachplaner GA eingesetzt werden. Ansonsten ist ein Dritter damit zu beauftragen, der sich eng mit dem Fachplaner GA abstimmen muss.

Alle weiteren Details zur Durchführung des Energiemonitoring können der AMEV-Empfehlung „Technisches Monitoring 2020“ entnommen werden. Der „Leitfaden Gebäudeautomation“ der Bundesanstalt für Immobilienaufgaben (BImA), enthält weitere Erläuterungen zur Festlegung der GA-Funktionen.

8 Inbetriebnahme, Dokumentation, Abnahme, Übergabe

8.1 Inbetriebnahme

8.1.1 Definition

Die Inbetriebnahme einer Wärmeversorgungsanlage bedeutet die „Bereitstellung einer funktionsfähigen Anlage oder Teilen einer Anlage zur Nutzung“ (VDI 3810, Blatt 1, Ausgabe 05-2012, Betreiben und Instandhalten von gebäudetechnischen Anlagen). Sie ist abzugrenzen von der Inbetriebsetzung, die als „Aufnahme der Funktion oder die erneute Funktionsaufnahme nach Außerbetriebnahme“ (VDI 3810, Blatt 1, Ausgabe 05-2012, Betreiben und Instandhalten von gebäudetechnischen Anlagen) definiert ist.

Die Inbetriebnahme muss also der Inbetriebsetzung vorausgehen. Die Inbetriebsetzung einer Wärmeversorgungsanlage muss erfolgen, um die Nutzung eines Gebäudes aufnehmen zu können und muss daher vom Nutzer im Rahmen der Bedienung der Wärmeversorgungsanlage durchgeführt werden können.

Die Inbetriebnahme einer Wärmeversorgungsanlage ist Bestandteil der Werkleistung des ausführenden Unternehmens. Sie ist von ihm zu erbringen, bedarf einer sorgfältigen Vorbereitung und ist von fachkundigem Personal durchzuführen. Die Inbetriebnahme kann für die gesamte Wärmeversorgungsanlage oder Teile davon erfolgen. Bei Teilinbetriebnahmen ist abschließend die Gesamtanlage in Betrieb zu nehmen.

Die sorgfältige und richtige Inbetriebnahme sichert den Nachweis der zugesagten und vertraglich vereinbarten Eigenschaften, der Leistungsfähigkeit, der Funktionsfähigkeit, Wirtschaftlichkeit, Nutzungsfähigkeit der Wärmeversorgungsanlage und reduziert die Mängel. Sie ist daher eine wichtige Voraussetzung für die Abnahme.

8.1.2 Inbetriebnahmevoraussetzungen

Um die Inbetriebnahme durchführen zu können, müssen mindestens nachfolgende wesentliche Voraussetzungen gegeben sein:

- Die Anlage muss vollständig und fertig installiert sein. Alle Bauteile (Wärmeerzeuger, Verteilungen, Regelorgane, Pumpen, Absperrungen, sonstige Armaturen, Heizkörper und sonstige Wärmeübergabesysteme, Wärmedämmung etc.) müssen installiert sein.
- Alle Medien müssen mit den erforderlichen, vorher bestimmten Qualitäten, Mengen und Zusammensetzungen vorhanden sein.
- An allen elektrischen Bauteilen muss Strom in der erforderlichen Qualität (Stromart (Gleich-/Wechsel-/Drehstrom), Spannungshöhe, Stromstärke) vorhanden sein.
- Bei komplexen Wärmeerzeugungsanlagen muss die Regelstrategie bzw. Kesselfolgeschaltung bekannt, dokumentiert und umgesetzt sein.
- Die für die Inbetriebnahme notwendigen Unterlagen und Dokumente müssen vorliegen, insbesondere:

- Anlagenschemata mit Eintragung aller technischer Daten (Wassermengen, Leistungen, Drücke), Hersteller- und Typangaben aller Anlagenbauteile und -komponenten, Auslegungs-Voreinstellwerte, Messstellen
- Strangschemata mit Eintragung aller technischer Daten (Wassermengen, Leistungen, Drücke), Hersteller- und Typangaben aller Anlagenbauteile und -komponenten, Auslegungs-Voreinstellwerte, Messstellen
- Grundrisse (Maßstab möglichst 1:50) mit Eintragung aller technischer Daten (Wassermengen, Leistungen, Drücke), Hersteller- und Typangaben aller Anlagenbauteile und -komponenten, Auslegungs-Voreinstellwerte, Messstellen
- Auslegungs- und Planungsdaten für die einzustellenden Bauteile und Komponenten, insbesondere zum hydraulischen Abgleich, Brenneinstellungen, Pumpendrucke und
- alle Montage- und Bedienungsanleitungen
- Werks- und Herstellerprüf- und -abnahmebescheinigungen
- Es muss fachlich qualifiziertes und ausgebildetes Personal zur Verfügung stehen. Die für die Inbetriebnahme notwendigen Hilfsmittel, Medien und Werkzeuge müssen vorhanden sein.
- Die Objektüberwachung muss folgende Aufgaben bei der Inbetriebnahme wahrnehmen:
 - Begleitung des gesamten Inbetriebnahmeprozesses
 - Protokollierung und Bestätigung der korrekten Durchführung der Inbetriebnahme und ihrer Teilschritte
 - Feststellung von funktionalen und technischen Mängeln und von Defiziten der erforderlichen thermischen und/oder elektrischen Leistungen
 - Feststellung und Bestätigung der Ergebnisse der Inbetriebnahme
 - nach Beendigung der Inbetriebnahme Feststellung und Bestätigung, ob die Inbetriebsetzung der Wärmeversorgungsanlage erfolgen kann, ob und welche Mängel vorliegen und bis wann sie zu beseitigen sind. Die Beseitigung der Mängel ist zu prüfen. Die Objektüberwachung hat die Inbetriebnahme erst dann als erfolgreich zu bestätigen, wenn die Inbetriebsetzung ohne Einschränkungen durchgeführt werden kann.

Alle Prüfungen, Protokolle, Bescheinigungen und Bestätigungen der Objektüberwachung müssen in der Schriftform erstellt werden, sind dem Bauherrn bzw. dem Auftraggeber zu übergeben und der Dokumentation beizufügen.

8.1.3 Inbetriebnahme im Inbetriebnahmemanagement (IBM)

Wird für die das Projekt, in dem die Wärmeversorgungsanlage errichtet worden ist, ein IBM durchgeführt, ist die Inbetriebnahme projektbegleitend vorzubereiten, zu planen und durchzuführen.

Die Anforderungen und Bedingungen für die Inbetriebnahme der WVA sind frühzeitig zu beschreiben und festzulegen und in die Ausschreibungen der Werkleistungen aufzunehmen.

Im IBM sind insbesondere folgende Themen zu erarbeiten:

- Inbetriebnahme-Terminplan (siehe 8.1.4)
- Integration und Berücksichtigung auftraggeberspezifischer Anforderungen und Regelwerke
- Funktions- und Störfallprüfungen
- Abnahmevoraussetzungen

8.1.4 Inbetriebnahmeterminplan

Der Inbetriebnahmeterminplan ist frühzeitig, beginnend in HOAI-Leistungsphase 1, zu erarbeiten, um die Inbetriebnahme in einem strukturierten und geplanten Prozess durchzuführen und die erforderlichen Zeiträume in den Gesamt-Projekt-Terminplan zu integrieren. Der Inbetriebnahmeterminplan muss alle Teilschritte des Inbetriebnahmeprozesses beinhalten und anlagenspezifisch aufgestellt sein. Wenn erforderlich, sind Teilinbetriebnahmen von Anlagenteilen oder -komponenten separat aufzuführen.

8.1.5 Inbetriebnahme im Fertigstellungsprozess

Die Inbetriebnahme der Wärmeversorgungsanlage erfolgt im Rahmen des Fertigstellungsprozesses, an dessen Ende die nutzungsbereite Anlage an den Auftraggeber übergeben wird, der sie dem Nutzer für die geplante Nutzung zur Verfügung stellt. Die Anlage muss rechtssicher betrieben werden können und von Beginn an die volle Nutzungsfähigkeit haben.

Der Fertigstellungsprozess gliedert sich wie folgt:

- Inbetriebnahme (Vorbereitung, Funktionsprüfung, Einregulierung, Leistungsprüfung und ggf. -messung, Probetrieb)
- Prüfungen
- Abnahme
- Nachregulierung
- Inbetriebsetzung
- Mängelbeseitigung

(siehe 8.1.6)

8.1.6 Durchführung der Inbetriebnahme

Allgemeines, Regelwerke

Die Teilschritte der Inbetriebnahme und die erforderlichen Ergebnisse sind zu planen und festzulegen. Dies kann durch das IBM erfolgen oder durch die Objektüberwachung. Der Auftragnehmer bereitet sie vor und erstellt einen Inbetriebnahmeplan. Er hat die Inbetriebnahme danach durchzuführen.

Die einschlägigen Normen sind zu beachten, insbesondere

- VDI 3809 Blatt 1 Ausgabe 09-2011 Prüfung gebäudetechnischer Anlagen - Heizungstechnik
- DIN EN 14336:2005-01 Heizungsanlagen – Installation und Abnahme der Warmwasser-Heizungsanlagen

- DIN 18380 Ausgabe 09-2016 VOB Teil C Allgemeine Technische Vertragsbedingungen für Bauleistungen (ATV) – Heizanlagen und zentrale Wassererwärmungsanlagen

Darin sind Hinweise, Prüfmethode und Checklisten für die Inbetriebnahme und die spätere Abnahme enthalten.

Die Durchführung der Inbetriebnahme soll wie nachfolgend dargestellt erfolgen:

a) Vorbereitung

Zur Vorbereitung sind alle Medien mit den erforderlichen, vorher bestimmten Qualitäten, Mengen und Zusammensetzungen aufzufüllen. Die erforderlichen Betriebsdrücke sind zu erreichen. Dabei ist die Anlage vollständig zu entlüften. Während des Anfahrens und während des Probetriebes ist die Anlage kontinuierlich nachzuentlüften.

Alle elektrischen Bauteile müssen an die Stromversorgung mit der erforderlichen Qualität (Stromart (Gleich-/Wechsel-/Drehstrom), Spannungshöhe, Stromstärke) angeschlossen sein. Die elektrischen Sicherungseinrichtungen müssen vorhanden, aktiv, eingestellt und geprüft sein.

Abgasanlagen müssen im Rahmen einer Feuerstättenschau durch den zuständigen Schornsteinfeger geprüft und zur Inbetriebnahme freigegeben (Feuerstättenbescheid) sein.

Gasversorgungsanlagen müssen nach den einschlägigen Vorschriften, insbesondere den DVGW-Richtlinien errichtet, geprüft und zur Inbetriebnahme freigegeben sein.

b) Inbetriebnahmen durch Werkskundendienste

Größere Systemkomponenten, die spezifischer Kenntnisse bedürfen, sind durch den Werkskundendienst der Hersteller oder von werksseitig geschultem Personal in Betrieb zu nehmen. Dies betrifft insbesondere größere Brenner, Heizkessel, Pumpen, Blockheizkraftwerke, Wärmepumpen, Wärmetauscher, und Druckhalteinrichtungen in Form von Pumpen- oder Kompressordruckhaltungen u.ä.

c) Anlagenspülung

Die Anlage ist vollständig zu spülen. Anschließend sind die Schmutzfänger zu reinigen. Die Füllung der Anlage mit den erforderlichen Medien (siehe oben) erfolgt erst nach der Spülung.

d) Druckprüfung

Alle Anlagenbauteile und -systeme und die Gesamtanlage müssen einer Druckprüfung unterzogen werden. Sie muss mit den vorgeschriebenen Prüfdrücken und Druckstandzeiten erfolgen. Während der Druckprüfung ist eine Dichtigkeitsprüfung durch visuelle Überprüfung und Messung des Prüfdruckes durchzuführen. Die Messung hat schreibend zu erfolgen. Alternativ kann der Prüfdruck manuell in regelmäßigen Abständen, z. B. stündlich aufgezeichnet werden.

e) Funktionsprüfung

Alle Bauteile der Wärmeversorgungsanlage sind einer Funktionsprüfung zu unterziehen. Zu beachten bzw. zu prüfen sind insbesondere:

Einbaulage, Schließ- bzw. Öffnungsfunktion, Drehrichtung von elektrischen Antrieben, Funktion von sicherheitstechnischen Bauteilen (Abblasdrücke der Sicherheitsventile, Auslösung von STB, STW, Wassermangelsicherung) sind zu prüfen. Die Fließrichtung der Medien ist zu prüfen und die Funktionsfähigkeit und der Wirksinn der Regelgruppen und -organe.

Für die Funktionsprüfung sollten die Checklisten gemäß VDI 3809 Bl. 1 – 09/2011 Anhang 1, verwendet werden.

f) Einregulierung

Im Rahmen der Einregulierung sind alle Bauteile, alle Anlagenteile und die gesamte Anlage vom Anlagenerrichter auf die geplanten und geforderten Sollwerte einzustellen und der hydraulische Abgleich vorzunehmen bzw. zu prüfen oder nachzuregulieren. Alle Einstellwerte sind zu protokollieren. Die geforderten Leistungsdaten – insbesondere Massenströme, Drücke, Temperaturen, Medienqualitäten, elektrische Spannungen und Stromstärken, Schaltzeiten, Regelparameter, Emissionswerte, Wirkungsgrade etc. – sind zu prüfen, einzustellen, zu messen und zu protokollieren. Bei Anlagen, die mit anderen Anlagen in Verbindung stehen und die sich gegenseitig beeinflussen, sind diese Einregulierungen anlagenübergreifend durchzuführen. Die beteiligten anlagenerrichtenden Unternehmen haben die anlagenübergreifenden Einregulierungen gemeinsam durchzuführen.

Die Einregulierung ist während des Anfahrens der Anlage und während des Probetriebes zu prüfen und ggf. zu korrigieren.

g) Anfahren

Nach der Einregulierung ist die Anlage erstmals anzufahren. Wärmeerzeuger sind einzuschalten und in ihrer Leistung hochzufahren. Dabei ist zu prüfen, ob die Leistungsstufen und/oder die Modulation der Brennerleistung korrekt funktionieren. Sofern es möglich ist, sind die Nennleistungen zu erreichen. Jeder Wärmeerzeuger ist einzeln anzufahren. Danach ist die Wärmeerzeugungsanlage als Ganzes anzufahren und an die Wärmeverteilung anzuschließen.

Pumpen, die angeschlossenen Regelgruppen und die Heizkreise sind sukzessive zuzuschalten und langsam hochzufahren. Die Einstellungen sind zu prüfen.

Bei allen Anfahrvorgängen sind die Betriebszustände zu beobachten und zu prüfen. Die Dichtigkeit ist kontinuierlich, insbesondere beim Aufheizen zu kontrollieren. Die Anlage ist dynamisch mit mehrfachem Aufheizen und Auskühlen zu fahren. Dabei sind die Dichtigkeit sowie Festpunkte und Gleitlager zu prüfen.

Während des Anfahrens ist die Funktionsprüfung der MSR-Technik zu beginnen.

h) Messungen

Es sind technische Messungen zur Feststellung der Leistungsfähigkeit, der Effizienz und Wirkungsgrade über einen festzulegenden Zeitraum durchzuführen. Die Messwerte sind kontinuierlich schreibend zu erfassen. Falls keine Messwerterfassung über eine MSR- und/oder GA-Anlage möglich ist, ist ein Datenlogger zu verwenden.

Durchflussmessungen können mit induktiven Messgeräten erfolgen.

Falls möglich, können die Daten der GA verwendet werden.

Zur Messung der Leistung und Wirkungsgrade von Wärmeerzeugern sind der Energieeinsatz (Gas-/Ölzähler) und die abgegebene Energie zu messen.

i) Öffentlich-rechtliche Prüfungen

Vor dem Probetrieb sind die öffentlich-rechtlichen Prüfungen durchzuführen, z. B. nach BetriebssicherheitsVO, BImSchG etc. Dabei ist festzustellen, ob die Wärmeversorgungsanlage in die Nutzung überführt und die Inbetriebsetzung erfolgen kann. Mängel sind festzustellen. Es sind schriftliche Prüf- und Mängelprotokolle bzw. -bescheinigungen zu erstellen.

j) Probetrieb

Der Probetrieb kann nach der Einregulierung und nach den öffentlich-rechtlichen Prüfungen durch den Anlagenerrichter durchgeführt werden. Dabei wird die Anlage in allen geplanten und geforderten Betriebszuständen über einen vorgegebenen Zeitraum gefahren. Sofern die Witterungsverhältnisse oder andere Einflüsse dies nicht zulassen, ist der Probetrieb vollständig oder für die Betriebszustände, die nicht gefahren werden konnten, nachzuholen, wenn die Witterungsverhältnisse dies zulassen bzw. dies möglich ist. VOB/C ist zu beachten.

Umfang, Dauer, Inhalte und die erforderlichen Ergebnisse des Probetriebes sind zu planen und müssen in den Ausschreibungen enthalten sein. Die Objektüberwachung hat den erfolgreichen Probetrieb schriftlich zu bestätigen einschließlich festgestellter Mängel.

Brennstoffkosten für den Probetrieb sollen vom Auftragnehmer beschafft werden und sind vom Auftraggeber zu tragen.

Während des Probetriebes sind die Anlagenbetreiber, -bediener und/oder Nutzer in die Anlage, ihren Aufbau und ihre Funktionen einzuweisen und mit ihrem Betrieb vertraut zu machen. Die vom Nutzer zu erstellende Gefährdungsbeurteilung muss vorliegen.

Bei Anlagen, die mit anderen Anlagen in Verbindung stehen und die sich gegenseitig beeinflussen, ist der Probetrieb anlagenübergreifend durchzuführen. Der Planer hat den Probetrieb im Rahmen der Leistungsphase 8 HOAI zu überwachen.

Der Probetrieb, seine Teilschritte, besondere Vorkommnisse während des Probetriebes sowie seine Ergebnisse sind zu protokollieren.

k) Einweisung

Der Teilnehmerkreis der Einweisung ist vorab festzulegen. Der Nutzer ist aufzufordern, die teilnehmenden Personen zu benennen.

Die Einweisung soll folgende inhaltliche Anforderungen haben:

- Begehung der Anlagen,
- Einweisung in den Aufbau der Anlagen,
- Erläuterung der Aufgaben und Funktionen der Anlagen, ihrer Komponenten und Bauteile,
- Erläuterung der Sollfunktionen,
- Erläuterung von Betriebs- und Störfällen,
- Einweisung in die Bedienung der Anlagenkomponenten und –teile, insbesondere der sicherheitsrelevanten Bauteile,
- Einweisung in die gewerkeübergreifenden Funktionen und Zusammenhänge,
- Erläuterung der baugenehmigungsrelevanten Aspekte,
- Einweisung in die Dokumentationsunterlagen
- Schulung des Bedienpersonals im Hinblick auf einen energiesparenden und verschleißarmen Betrieb.

Das Bedienpersonal des Nutzers soll möglichst frühzeitig in den Fertigstellungsprozess eingebunden, mit den Anlagen vertraut gemacht werden und am Probetrieb teilnehmen.

Falls notwendig, sind Schulungen für die Bedienung, die Inspektion und den Betrieb von besonderen Anlagenbestandteilen, z. B. Wärmeerzeugern, Blockheizkraftwerken, Wärmepumpen, durchzuführen, ggf. durch die Hersteller.

Der Auftragnehmer hat zu veranlassen, dass die im Rahmen der Einweisung behandelten und vermittelten Inhalte protokolliert werden. Die Protokolle sind von den Teilnehmern zu unterzeichnen.

Die Anforderungen an die Einweisung sind mit der Werkleistung auszuschreiben.

l) Abnahme

Die Abnahme kann erfolgen, wenn die Schritte a) bis k) erfolgreich abgeschlossen sind und die Dokumentation vorliegt. Der Ablauf und die inhaltlichen Anforderungen sind in 8.3 enthalten.

m) Inbetriebsetzung

Die Inbetriebsetzung erfolgt durch den Nutzer der Anlage (siehe 8.1.1). Sie kann erst nach der Abnahme erfolgen, da sie mit dem Beginn der Nutzung verbunden ist und der Eigentums- und Gefahrenübergang vom ausführenden Unternehmen auf den Auftraggeber im Rahmen der Abnahme erfolgt sein muss.

Die Inbetriebsetzung bedeutet, dass die Anlage in ihren bestimmungsgemäßen Gebrauch überführt worden ist.

In der Regel erfolgt die Inbetriebsetzung nach der Übergabe.

n) Nachregulierung

Nach der Inbetriebsetzung und nach Beginn der Nutzung werden häufig Nachregulierungen erforderlich, die der Nutzer im Rahmen der Bedienung der Anlage nicht durchführen kann oder darf. Sie sind vom Anlagenerrichter vorzunehmen und müssen in den Ausschreibungsunterlagen enthalten sein. Es sind angemessene Zeiträume anzusetzen, in denen der Anlagenerrichter Nachregulierungen vorzunehmen hat.

Es kann auch eine kontinuierliche Begleitung des Betriebes mit Anwesenheit von Fachpersonal des Anlagerrichters für einen vorgegebenen Zeitraum vereinbart werden, um den Nutzer auf die Bedienung und Führung der Anlage zu schulen mit dem Ziel, den Betrieb danach selbstständig führen zu können.

8.2 Dokumentation

Vom Auftragnehmer (Planer und ausführende Firma) sind aussagekräftige und nachvollziehbare Berechnungsunterlagen und Dokumentationen nach HOAI (Leistungsphasen) und VOB/C DIN ATV 18380³ zu übergeben. In Wärmeversorgungsanlagen eignet sich für das Verständnis hydraulischer Zusammenhänge eine farbig angelegte, zweidimensionale Darstellung des Gesamtnetzes, in der auch die Drosselorgane mit den gebäudebezogenen Einstellungen eingetragen sind. Das hydraulische Schaltschema der jeweiligen Anlage und der zugehörigen Unterstationen bzw. Heizkreise ist im Heizraum an gut zugänglicher Stelle in dauerhafter Form anzubringen.

Neben den Wartungs- und Bedienungsanleitungen ist auch eine Zusammenstellung aller technischen Daten, Einstellparameter und Auslegungswerte zu übergeben. Die Durchführung des hydraulischen Abgleichs der gesamten Anlage ist in einer tabellarischen Übersicht zu dokumentieren.

Die in 8.1.2 enthaltenen inhaltlichen Anforderungen an die für die Inbetriebnahme notwendigen Unterlagen und Dokumente gelten auch für die Dokumentationsunterlagen.

Alle Berechnungen sind zu übergeben, insbesondere

- Heizlastberechnungen
- Dimensionierungen und die zugehörigen Berechnungen (z. B. Wärmeerzeuger, Wärmetauscher, Absperr- und Regulierventile, Regelventile, Heizkörper, Druckhaltesysteme, Sicherheitsventile und sonstige Sicherheitseinrichtungen (STB, STW), Warmwasserspeicher, Heizwasserspeicher, Heizwasserpufferspeicher, hydraulische Weichen, Abgasanlagen, Solaranlagen, Wärmepumpen, Solarthermische Anlagen)
- Berechnungen des hydraulischen Abgleiches
- Rohrnetzberechnungen
- Statische Lastberechnungen, z. B. Fundamente und Stützkonstruktionen
- Schwingungsberechnungen
- Akustische Berechnungen

Alle Protokolle und Bescheinigungen der öffentlich-rechtlichen Prüfungen, alle Werksprüfbescheinigungen und -protokolle, alle Abnahmeprotokolle und Mängellisten sind der Dokumentation beizufügen.

In den Schemata und Grundrissen müssen die Bezeichnungen der Komponenten mit den wesentlichen Angaben (Hersteller, Typ, Dimension, Auslegungswerte, Leistung) enthalten sein. Messstellen sind anzugeben.

Für Wärmeerzeuger sind vom Hersteller genannte Reinigungsmethoden und Reinigungsmittel sowie Konservierungsmethoden und Konservierungsmittel (Handelsname und Analyse der Chemikalien) zu benennen.

Es muss eine Zusammenstellung aller Betriebshilfsstoffe und Schmiermittel mit Angaben zur chemischen Zusammensetzung und zu den Bezugsquellen vorliegen.

8.3 Abnahme

Die Abnahme kann erfolgen, wenn die Teile 8.1.a) bis k) (siehe oben) erfolgreich abgeschlossen sind und die Dokumentation (siehe 8.2) vorliegt. Es ist eine formale Abnahme gemäß VOB/B zu verlangen. Mängel sind zu protokollieren. Es ist ein schriftliches Abnahmeprotokoll anzufertigen, in dem die Mängel festzuhalten sind.

Für die Abnahme sind folgende Schritte erforderlich (analog zu DIN EN 12599:2013-01):

1. Vollständigkeitsprüfung

- Prüfung, ob die Anlage vollständig und fachgerecht errichtet wurde
- Vergleich der gelieferten Anlage mit der vertraglich geschuldeten Spezifikation hinsichtlich Umfang, Material und Eigenschaften
- Überprüfung der Einhaltung behördlicher Vorgaben und festgelegter technischer Regeln
- Überprüfung der Zugänglichkeit der Anlage, besonders bezüglich der wartungs-, prüf-, betriebs-, reinigungs-, und inspektionspflichtigen Komponenten und Anlagenteile
- Überprüfung der Sauberkeit der Anlage
- Prüfung, ob die Dokumentation (siehe 8.2) einschließlich aller für das Betreiben, die Bedienung und die sonstige Nutzung erforderlichen Unterlagen, Daten und Informationen vorliegen
- Prüfung, ob die notwendigen öffentlich-rechtlichen Prüfungen durchgeführt wurden und die Prüfprotokolle und Bescheinigungen vorliegen
- Prüfung, ob alle Werksprüfungen durchgeführt wurden und die Prüfbescheinigungen und/oder Protokolle vorliegen

VDI 3809 Bl. 1 09/2011 bietet im Anhang 1 Checklisten für die Vollständigkeitsprüfung.

2. Funktionsprüfungen

Die Funktionsprüfung hat zum Zweck, den Nachweis der Betriebsfähigkeit zu erbringen. VDI 3809 Bl. 1 09/2011 bietet im Anhang 1 Checklisten für die

Funktionsprüfung. Die Funktionsprüfungen können im Rahmen der Inbetriebnahme (siehe 8.1.6.e)) erfolgen. Die Nachweise und Protokolle sind zur Abnahme vorzulegen.

3. Funktionsmessungen

Die Funktionsmessungen haben zum Ziel, nachzuweisen, dass die Anlagen die vereinbarten Bedingungen erfüllen, die vereinbarten thermischen, hydraulischen und sonstigen Leistungen erbringen und die vereinbarten Sollwerte erreicht werden.

Die Funktionsmessungen können im Rahmen der in der Inbetriebnahme durchzuführenden Messungen (siehe 8.1.6.h)) und des Probetriebes (8.1.6.j)) erbracht werden. Die Nachweise und Protokolle sind zur Abnahme vorzulegen.

Die Objektüberwachung (HOAI Lph. 8) hat festzustellen, dass die Vollständigkeitsprüfung, die Funktionsprüfung und die Funktionsmessung erfolgreich abgeschlossen worden sind und keine wesentlichen Mängel vorliegen, die einer Abnahme entgegenstehen. Sie hat festzustellen, dass die Anlage rechtssicher betrieben werden und in die bestimmungsgemäße Nutzung überführt werden kann.

Die Abnahme ist Voraussetzung zur Übergabe (siehe 8.4).

8.4 Übergabe

Die Übergabe kann erst erfolgen, wenn die Abnahme vollzogen worden ist.

Alle für die Bedienung und Nutzung erforderlichen Unterlagen, Daten und Dokumentationen (siehe oben) müssen vorliegen und der Nutzer muss eingewiesen worden sein.

8.4.1 Übergabe an den Maßnahmenträger

Die Anlage wird von der Bauverwaltung an den Maßnahmenträger als Eigentümer zum eigenverantwortlichen Betreiben und Nutzen übergeben.

Der Maßnahmenträger überträgt die Nutzung im Innenverhältnis an den Nutzer. Das Betreiben durch den Eigentümer beinhaltet die Betreiberverantwortung gemäß GEFMA 190.

8.4.2 Übergabe an den Nutzer

In Fällen, in denen die Bauverwaltung Maßnahmenträger und Eigentümer ist, übergibt sie die Anlage zur eigenverantwortlichen bestimmungsgemäßen Bedienung und Nutzung an den Nutzer. Die Betreiberverantwortung gemäß GEFMA 190 trägt der Eigentümer.

8.4.3 Dokumentation der Übergabe

Die Übergabe an den Maßnahmenträger/Nutzer als Abschluß der Inbetriebnahme ist von der Bauverwaltung zu organisieren und zu verantworten. Die Übergabe ist in einem gemeinsamen Dokument zu belegen.

9 Anhang

9.1 Gesetze, Verordnungen und Regelwerke

9.1.1 Gesetz zur Einsparung von Energie und zur Nutzung erneuerbaren Energien zur Wärme- und Kälteerzeugung in Gebäuden (Gebäudeenergiegesetz – GEG)

Das vom Bundestag beschlossene GEG tritt am 01.11.2020 in Kraft. Mit dem Gesetz werden die Anforderungen der Gesamtenergieeffizienz-Richtlinie der EU in nationales Recht umgesetzt. Die bislang geltende Energieeinsparverordnung (EnEV), letzter Stand 01.05.2015 mit den seit 01.01.2016 geltenden energetischen Anforderungen und das Erneuerbare-Energien Wärmegesetz (EEWärmeG) werden damit abgelöst und sind in das GEG überführt worden.

Es ist gemäß § 2, Abs. 1 anzuwenden auf

1. Gebäude, die nach ihrer Zweckbestimmung beheizt oder gekühlt werden, und
2. Deren Anlagen und Einrichtungen der Heizungs-, Kühl-, Raumluft- und Beleuchtungstechnik sowie der Warmwasserbereitung.

Im GEG sind die Anforderungen an die Bauphysik, die technischen Anlagen und die zu berücksichtigenden regenerativen Energien festgelegt. Darüber hinaus werden die Nachweis- und Berechnungsverfahren definiert.

Das GEG stellt die Grundlage für die energetische Planung und Realisierung von Neubauten und Sanierungsmaßnahmen dar.

9.1.2 Bundesimmissionsschutzgesetz⁹ (BImSchG)

Das Gesetz mit dem Ziel, Menschen, Tiere, Pflanzen, etc. vor schädlichen Umwelteinwirkungen und dem Entstehen dieser zu schützen.

Es unterscheidet im Rahmen des anlagenbezogenen Immissionsschutzes zwischen Anlagen, für deren Errichtung und Betrieb eine Zulassung in Form einer Genehmigung notwendig ist, und solchen, die keiner immissionsschutzrechtlichen Genehmigungen bedürfen.

Es ermöglicht unter anderem, Anlagen, die ohne Genehmigung betrieben werden, stillzulegen oder gar zu beseitigen (§ 20 Abs. 2 BImSchG).

Wichtige Verordnungen des Gesetzes sind für Wärmeerzeugungsanlagen mit Feuerungstechnik

- die 1. BImSchV (VO über kleine und mittlere Feuerungsanlagen)
sie gilt für die Errichtung, der Beschaffenheit und dem Betrieb von Feuerungsanlagen die keiner Genehmigung nach §4 des BImSchG bedürfen.
- die 4. BImSchV (VO über genehmigungsbedürftige Anlagen)
- die 44. BImSchV (VO über mittelgroße Feuerungs-, Gasturbinen- und Verbrennungsmotorenanlagen)
sie gilt für die Errichtung, die Beschaffenheit und den Betrieb der genannten Anlagen sofern sie nicht im Geltungsbereich der 1. BImSchV erfasst werden. Da diese VO erst 2020 in Kraft getreten ist sind Übergangsregelungen enthalten.

9.1.3 Wasserhaushaltsgesetz¹⁶ (WHG)

Das WHG dient dem Gewässerschutz (oberirdische Gewässer, Küstengewässer und Grundwasser gemäß § 2 Abs. 3) und regelt den Umgang mit wassergefährdenden Stoffen (Kapitel 3, Abschnitt 3, §§ 62 - 63). Wassergefährdende Stoffe im Sinne des § 62 Abs. 3 sind feste, flüssige und gasförmige Stoffe, die geeignet sind, dauernd oder in einem nicht nur unerheblichen Ausmaß nachteilige Veränderungen der Wasserbeschaffenheit herbeizuführen.

Vom WHG sind nach § 62 Abs. 1 Anlagen zum Lagern, Herstellen und Behandeln sowie Anlagen zum Verwenden wassergefährdender Stoffe im Bereich der gewerblichen Wirtschaft und im Bereich öffentlicher Einrichtungen betroffen. Diese Anlagen müssen nach den anerkannten Regeln der Technik (§ 62 Abs. 2) so beschaffen sein und so errichtet, unterhalten, betrieben und stillgelegt werden, dass eine nachteilige Veränderung der Eigenschaften von Gewässern nicht zu befürchten ist. Das Gleiche gilt auch für Rohrleitungen. Nach § 63 bedürfen sie einer Eignungsfeststellung von der zuständigen Behörde oder einer Bauartzulassung, sofern sie nicht einfacher, herkömmlicher Art sind.

9.1.3.1 Verordnung über Anlagen zum Umgang mit wassergefährdenden Stoffen⁷⁵ (AwSV)

Die AwSV regelt die Betreiberpflichten (§ 1) und besondere Pflichten beim Befüllen und Entleeren der Anlagen (§ 2). Ferner werden Fachbetriebe zum Umgang mit wassergefährdenden Stoffen (§ 3) definiert.

Der Betreiber einer Anlage nach § 62 Absatz 1 WHG hat mit ihrem Einbau, ihrer Aufstellung, Instandhaltung, Instandsetzung oder Reinigung Fachbetriebe nach § 3 Absatz 2 zu beauftragen. Ferner hat er ihre Dichtheit und die Funktionsfähigkeit der Sicherheitseinrichtungen ständig zu überwachen. Darüber hinaus muss der Betreiber die Anlage durch zugelassene Sachverständige auf den ordnungsgemäßen Zustand gemäß § 1 Absatz 2 überprüfen lassen.

Ob und welche Prüfungen erforderlich werden, hängt von dem Lagervolumen und dem Standort der Anlage ab. Die Prüfpflichten sowie der Einbau, die Aufstellung, die Instandhaltung und die Instandsetzung werden in den VAWS der einzelnen Bundesländer (Länderverordnungen) geregelt.

Die Verordnung über Anlagen zum Umgang mit wassergefährdenden Stoffen (AwSV) löst die bisher geltenden Länderverordnungen ab und regelt die Einstufung von Stoffen und Gemischen nach ihrer Gefährlichkeit, die technischen Anforderungen, die Anlagen erfüllen müssen, die mit diesen Stoffen und Gemischen umgehen, sowie die Pflichten der Betreiber dieser Anlagen.

⁷⁵ Verordnung über Anlagen zum Umgang mit wassergefährdenden Stoffen (AwSV), 18.04.2017

9.1.4 Technische Regeln für Betriebssicherheit (TRBS), Technische Regeln für Gefahrstoffe (TRGS), Technische Regeln brennbarer Flüssigkeiten (TRbF)

Mit Ablauf des 31.12.2012 verloren die Technischen Regeln brennbarer Flüssigkeiten (TRbF) nach § 27 Abs. 4 Übergangsvorschriften der Betriebssicherheitsverordnung ihre Gültigkeit.

Es bestand jedoch eine breite Akzeptanz bei den Anwendern teilweise an den detaillierten Regeln der TRbF festzuhalten, gleichwohl sollten diese Regeln nicht in dieser Tiefe in die Technischen Regeln für Gefahrstoffe (TRGS) bzw. in die Technischen Regeln für Betriebssicherheit (TRBS) übernommen werden.

Zu TRbF 20 „Läger“:

Um die Inhalte der TRbF 20 zu aktualisieren und in ein Merkblatt zu überführen, wurde das VdTÜV⁷⁶ Merkblatt 967 „Anforderungen an Lageranlagen mit ortsfesten Behältern, an die aktive Lagerung in ortsbeweglichen Behältern sowie an Füll- und Entleerstellen für brennbare Flüssigkeiten“ im November 2012 veröffentlicht.

TRbF 20 „Läger“ → VdTÜV Merkblatt 967 + TRGS 510 + TRGS 509

Zu TRbF 50 „Rohrleitungen“:

Diese detaillierten Regeln wurden ebenfalls von einem Arbeitskreis unter Leitung des VdTÜV in das Merkblatt 966 bzw. 967 überführt, aktualisiert und veröffentlicht.

TRbF 50 „Rohrleitungen“ → VdTÜV Merkblatt 966, 967 + TRGS 751 + TRBS 3151

Die Technischen Regeln für Gefahrstoffe (TRGS) geben den Stand der Technik, Arbeitsmedizin und Arbeitshygiene sowie sonstige gesicherte arbeitswissenschaftliche Erkenntnisse für Tätigkeiten mit Gefahrstoffen, einschließlich deren Einstufung und Kennzeichnung, wieder.

Die Technischen Regeln für Betriebssicherheit (TRBS) geben den Stand der Technik, Arbeitsmedizin und Arbeitshygiene sowie sonstige gesicherte arbeitswissenschaftliche Erkenntnisse für die Bereitstellung und Benutzung von Arbeitsmitteln sowie für den Betrieb überwachungsbedürftiger Anlagen wieder.

Bei den VdTÜV Merkblättern handelt es sich nicht um Technische Regeln im Sinne des Gesetzgebers (wie TRGS bzw. TRBS). Daher obliegt dem Planer ein höheres Maß an Verantwortung hinsichtlich Einhaltung der allgemein anerkannten Regeln der Technik. Dies sind Regeln, die in der Wissenschaft als theoretisch richtig erkannt sind und feststehen, in der Praxis bei dem nach neuestem Erkenntnisstand vorgebildeten Techniker durchweg bekannt sind und sich aufgrund fortdauernder praktischer Erfahrung bewährt haben.

9.1.5 Muster-Feuerungsverordnung⁶² (MFeuVO)

Die Grundlage der MFeuVO mit dem aktuellen Stand September 2007 bildet § 85 Abs. 1 der Musterbauordnung (MBO) vom November 2002, welche die

⁷⁶ Verband der TÜV e. V. (VdTÜV)

jeweilige oberste Aufsichtsbehörde zum Erlass von Rechtsverordnungen u. a. im Bereich der Feuerungsanlagen ermächtigt. Ihre Umsetzung in den einzelnen Ländern regelt die Verbrennungsluftversorgung von Feuerstätten, die Aufstellung von Feuerstätten, Abführung von Abgasen in Abgasanlagen sowie die Lagerung von Brennstoffen. Weiterhin macht sie brandschutztechnische Aussagen über die Beschaffenheit von Leitungen durch Heizräume und Ausführung von Abgasleitungen über Geschosse und Brandabschnitte. Weitere Inhalte sind Regelungen zur Abgasführung über Dach, Schornsteine sowie Lagerungsgrenzen von Brennstoffen in Gebäuden bzw. Brandabschnitten. Anwendung findet sie bei Feuerstätten im Allgemeinen, Wärmepumpen und Blockheizkraftwerken sofern diese zur Erzeugung von Warmwasser oder zur Raumbeheizung genutzt werden. Es werden Begrifflichkeiten wie Nennleistung, Raumluftunabhängigkeit und Verbrennungsluftverbund sowie Mindestabstände von brennbaren Bauteilen zu Abgasanlagen definiert und maximale Oberflächentemperaturen von brennbaren Bauteilen vorgeschrieben.

9.1.6 Allgemeine Verwaltungsvorschrift zur Beschaffung energieeffizienter Leistungen (AVV-EnEff)⁷⁷

Im Rahmen des integrierten Energie- und Klimaschutzprogrammes der Bundesregierung wurde 2008 die AVV-EnEff eingeführt. Die 3.Fortschreibung vom 18. Mai 2020 (BAnz AT 26.05.2020 B1) nebst zugehörigen Erläuterungen, wurde u.a. auf den aktuellen rechtlichen Rahmen angepasst.

9.1.6.1 Anwendung, Bedarfsanalyse

Die AVV-EnEff ist von allen Dienststellen des Bundes bei der Vergabe öffentlicher Aufträge von energieeffizienten Leistungen anzuwenden und dient der angemessenen Berücksichtigung des Umwelt- und Klimaschutzes und Energieeffizienz bei öffentlichen Beschaffungen des Bundes unter Einhaltung des Wirtschaftlichkeitsgebotes der BHO.

Unter Anderem wird die Bedarfsanalyse besonders hervorgehoben, die eine frühe Berücksichtigung des Energieverbrauchs im Lebenszyklus und den Aspekt der energieeffizientesten Systemlösung vorschreibt. Bei erforderlichen Wirtschaftlichkeitsuntersuchungen sind Kosten durch Treibhausgas-Emissionen ebenfalls zu bewerten (CO₂-Kosten), und können auf der Seite des Umweltbundesamtes (UBA) eingesehen werden.

9.1.7 Bundesberggesetz (BbergG)

In Deutschland wird das Aufsuchen, Gewinnen und Aufbereiten von Bodenschätzen durch das Bundesberggesetz (BbergG) geregelt. Erdwärme gilt in Deutschland als bergfreier Bodenschatz. Bergfrei bedeutet, dass sich das Eigentum an einem Grundstück nicht auf im Bereich dieses Grundstücks befindliche Bodenschätze erstreckt. Wer einen bestimmten bergfreien Bodenschatz gewinnen will, benötigt eine bergrechtliche Bewilligung. Nach § 127 BbergG müssen alle Bohrungen, also nicht nur Bohrungen auf bergfreie Bodenschätze, die "mehr als hundert Meter in den Boden eindringen sollen", der zuständigen Bergbehörde angezeigt werden. Somit besteht ein allgemeiner

⁷⁷ Allgemeine Verwaltungsvorschrift zur Beschaffung energieeffizienter Leistungen (AVV – EnEff) vom 18.05.2020

Konsens, dass bei Erdwärme-Projekten mit Bohrungen von mehr als 100 m Tiefe in jedem Fall ein bergrechtliches Verfahren durchzuführen ist.

9.1.8 Gesetzliche Rahmenbedingungen bei KWK-Anlagen

Aufgrund der kontinuierlichen Anpassungen/ Änderungen der steuerrechtlichen Gegebenheiten wird nachfolgend auf die wesentlichen Gesetze und Verordnungen hingewiesen, die bei der Planung und dem Betrieb zu beachten sind.

Die Hinzuziehung von Energierechtsexperten wird insbesondere bei komplexen Energieerzeugungsanlagen empfohlen.

Für die in Tabelle 16 aufgeführten rechtlichen Grundlagen, sind hocheffiziente KWK-Anlagen mit einem Mindestnutzungsgrad von 70 Prozent die Voraussetzung.

Rechtliche Grundlagen	KWK Bezug	Phase
Gebäudeenergiegesetz – GEG	Positive Auswirkung auf Primärenergiefaktor bei Einsatz KWK	Planung
Kraft-Wärme-Kopplungsgesetz (KWKG)	§ 3 Anschluss- und Abnahmepflicht	Planung/ Betrieb
Stromsteuergesetz (StromStG)	§ 9 Steuerbefreiung des KWK-Strom	Betrieb
Energiesteuergesetz (EnergieStG)	§ 3 Begünstigte Anlagen, Ortsfestigkeit und Nutzungsgrad § 53a Steuerentlastung für die gekoppelte Erzeugung von Kraft und Wärme	Betrieb
Erneuerbare-Energien-Gesetz (EEG)	§ 61 EEG-Umlage für Letztverbraucher und Eigenversorger § 70 ff. Vorlage der Endabrechnung beim Verteilnetzbetreiber	Betrieb
Energiesteuer- und Stromsteuer-Transparenzverordnung (EnTransV)	Bei einer Steuerbegünstigung von mehr als 200.000.- € besteht eine Anzeigepflicht beim Hauptzollamt	Betrieb
Marktstammdaten-Registrierverordnung (MaStR)	Registrierung der KWK-Anlage (1-Monat nach Inbetriebnahme)	Betrieb

Tabelle 16 : Übersicht der rechtlichen KWK Bezüge

9.2 Weiterführende Informationen

- Arbeitskreis Maschinen- und Elektrotechnik staatlicher und kommunaler Verwaltungen
www.amev-online.de
- Musterplanung Wärmeversorgungsanlagen der Bundeswehr
www.mplwaerme.de
- Informationsportal Nachhaltiges Bauen
www.nachhaltigesbauen.de
- Bundesanstalt für Materialforschung und -prüfung (BAM) - Ökodesign / Energielabel
www.ebpg.bam.de
- Bundesamt für Wirtschaft und Ausfuhrkontrolle
www.bafa.de/
- Forschung für Energieoptimiertes Bauen (EnOB)
www.enob.info
- Konferenz der für Städtebau, Bau- und Wohnungswesen zuständigen Minister und Senatoren der Länder (Bauministerkonferenz)
www.is-argebau.de
- Planungshandbuch der Arbeitsgemeinschaft Holzheizwerke, Version 2008
www.qmholzheizwerke.de

10 Mitarbeiterinnen und Mitarbeiter

Klaus Aldehoff Obmann	Oberfinanzdirektion Nordrhein-Westfalen Münster
Adolf Exner	Bau- und Liegenschaftsbetrieb NRW Niederlassung Münster
Stephan Gandyra	Niedersächsisches Landesamt für Bau und Liegenschaften Hannover
Henning Hoffmann	Bundesamt für Bauwesen und Raumordnung Berlin
Dr.-Ing. Stefan Holeck	Bau- und Liegenschaftsbetrieb NRW Niederlassung Münster
Uta Krone	Bundesamt für Bauwesen und Raumordnung Berlin
Roland Stahl	Vermögen und Bau Baden-Württemberg Stuttgart
Simon Gajda	Oberfinanzdirektion Nordrhein-Westfalen Münster
Thomas Wegener †	Stadt Leipzig, Amt für Gebäudemanagement Leipzig