

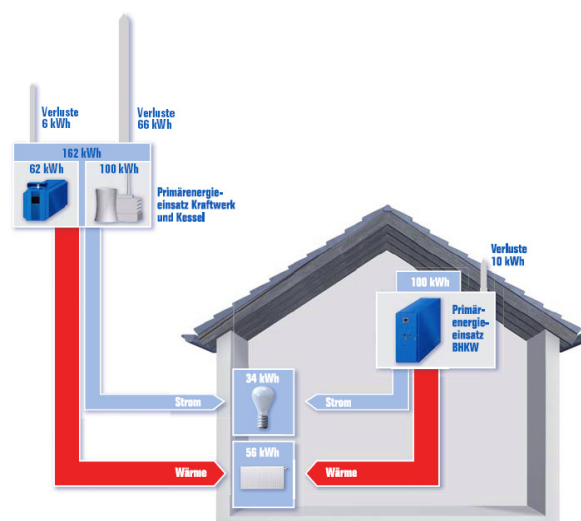
Wann lohnt sich ein Blockheizkraftwerk?



Einsatz von Blockheizkraftwerken als rationelle Form der Energieversorgung:

Die hier behandelten Blockheizkraftwerke (BHKW) bestehen im Wesentlichen aus einem gas- oder ölbetriebenen Verbrennungsmotor, der zur Stromproduktion einen luft- bzw. wassergekühlten Synchron- oder Asynchrongenerator antreibt. Im Motor (Arbeitsmaschine) erfolgt die Umwandlung von chemischer Energie (Kraftstoff) in mechanische Energie (Drehbewegung). Die Transformation der mechanischen in elektrische Energie (Strom) erfolgt im Generator (Kraftmaschine). Die bei der Energieumformung auftretenden thermischen Verluste werden größtenteils über Wärmetauscher an das Heizsystem übertragen. Ansatzpunkte für den effektiven BHKW-Einsatz zeigt der folgende Beitrag auf.

Das Gesamtsystem BHKW erreicht Wirkungsgrade von über 90 Prozent, wovon etwa 1/3 in Form von elektrischer und 2/3 in Form von thermischer Energie zur Verfügung stehen. Gegenüber einer getrennten Erzeugung von elektrischem Strom in einem Großkraftwerk und Wärme mittels eines Heizkessels können mit der gekoppelten Energieerzeugung bis zu 38 Prozent Primärenergie eingespart werden. Abbildung 1 verdeutlicht die Zusammenhänge des umweltfreundlichen Prinzips der Kraft-Wärme-Kopplung (KWK):



Energiebilanz eines BHKW im Vergleich zu getrennter Stromversorgung

Abb.1: Primärenergieeinsparung durch den Einsatz eines BHKW

Das konventionelle Energiesystem braucht demnach 62 % mehr Primärenergie als ein modernes BHKW, welches das Gebäude gleichzeitig mit Wärme und Strom versorgt. Zudem belastet die gekoppelte Strom- und Wärmeerzeugung die Atmosphäre mit 34 % weniger CO₂ und ist damit eine wirksame Maßnahme zur Vermeidung von klimaschädlichem Kohlendioxid.

Effizienter Einsatz

Grundsätzlich lohnt sich der Einsatz von BHKWs aus energetischer Sicht immer dann, wenn für ein Objekt gleichzeitig Wärme und Strom benötigt werden (siehe Abbildung 2). Ein entsprechender ganzjähriger Bedarf ist beispielsweise in Krankenhäusern, Alten- und Pflegeheimen, Hotels bzw. Tagungsstätten, Mehrfamilienhäusern, Einkaufszentren, in Verwaltungsgebäuden, Schwimmbädern und Sportstätten oder in Teilen der Industrie und des Gewerbes gegeben. Voraussetzung für die Rentabilität ist eine Auslastung der Anlage über mehrere tausend Betriebsstunden im Jahr. Je höher die jährliche Laufleistung, desto mehr verteilen sich die Investitionskosten auf größere Strom- und Wärmemengen – sprich die Erzeugungskosten sinken.

Einsatzmöglichkeiten für KWK-Anlagen

Bereich	Beispiel	Bedarf		Energiekosten	BHKW
		Wärme	Strom		
Gebäudeheizung (Einzelsversorgung)	Mehrfamilienhäuser	○	+	+	bedingt
	Hotels und Tagungsstätten	+	+	+	ja
	Gaststätten und Pensionen	+	+	+	bedingt
	Alten und Pflegeheime	++	+	+	ja
Öffentliche Einrichtungen (Objektversorgung)	Verwaltungsgebäude	○	+	-	bedingt
	Sportstätten oder Schulen	○	○	-	bedingt
	Hallen- und Freibäder	+	+	+	ja
	Krankenhäuser	++	++	○	ja
Prozesswärme (Industrielle Wärmeerzeugung)	Gewerbebetriebe	++	+	-	bedingt
	Industrie	++	+	--	bedingt
	Center	+	+	+	ja
	Absorptionskälte	+	○	+	ja
Nahwärme (Arealversorgung)	Nahwärmeversorgung	+	○	+	ja
	Reihenhäuser	○	○	+	bedingt
	Wohngebiete	+	+	+	ja

++ sehr hoch + hoch ○ mäßig - gering -- sehr gering

Abb. 2: Prädestinierte Einsatzbereiche von Blockheizkraftwerken

In der Regel decken BHKWs die Grundlast eines Objekts ab und werden wärmegeführt betrieben. Zum gezielten Abfahren von Stromspitzen kann ein BHKW auch stromgeführt betrieben werden. In diesem Fall muss für eine ausreichende Wärmeabfuhr über ein entsprechendes Speichermanagement oder über Rückkühleinrichtungen gesorgt werden.

BHKWs mit Synchrongeneratoren können auch bei Netzausfall als Netzersatzaggregate oder zur Inselversorgung (ohne Anschluss ans öffentliche Netz) eingesetzt werden. Bei einem gleichzeitigen Kältebedarf kann die Motorabwärme über Absorptionskälteanlagen zur Kühlung oder Klimatisierung verwendet werden.

Steuerbefreiung

In Deutschland wird auf Antrag bei den Hauptzollämtern für Treibstoffe eine Steuerentlastung gewährt, welche bei der gekoppelten Erzeugung von Kraft und Wärme in ortsfesten Anlagen mit einem Monats- oder Jahresnutzungsgrad von mindestens 70 Prozent zum Einsatz kommen - nach § 53 Abs. 1 Nr. 2 Energiesteuergesetz (EnergieStG). Unter diese Regelung fallen kleine Strom erzeugende KWK-Anlagen mit einer elektrischen Nennleistung von bis zu zwei Megawatt. Der Regelsteuersatz auf Erdgas beträgt dabei 5,50 €/MWh (§§ 2 und 3 EnergieStG), für Heizöl 61,35 €/1.000 l.

Unternehmen des produzierenden Gewerbes haben Anspruch auf eine Steuererstattung in Höhe von 40 Prozent des Steuersatzes (§ 54 EnergieStG). Zusätzlich ist der im versorgten Objekt verbrauchte Strom nach § 9 Abs. 1

Nr. 3 Stromsteuergesetz (StromStG), bzw. in anderen Objekten, die im gleichen Stromnetz liegen, Stromsteuer befreit. Die Stromsteuer beträgt derzeit 2,05 ct/kWh.

Fördermaßnahmen

Aufgrund der ökologischen Vorteile von BHKWs gegenüber konventioneller Wärme- und Stromerzeugung gibt es für die KWK-Technologie verschiedene Förderungen. Zum Beispiel das Kraft-Wärme-Kopplungs-Gesetz (KWK-G): gemäß dem Gesetz für die Erhaltung, die Modernisierung und den Ausbau der Kraft-Wärme-Kopplung KWK-G § 4 sind die Netzbetreiber verpflichtet, Strom aus Kraft-Wärme-Kopplung in ihr Netz aufzunehmen und zu vergüten. Zusätzlich erhält der BHKW-Betreiber einen Zuschlag gemäß KWK-G § 7 von bis zu 5,11 ct/kWh_{el}. Dieser Zuschlag ist abhängig von der elektrischen Leistung des BHKWs sowie dem Datum seiner Inbetriebnahme und muss beim Bundesamt für Wirtschaft und Ausfuhrkontrolle (BAFA) beantragt werden.

Im Rahmen seiner Klimaschutzinitiative fördert das Bundesumweltministerium zudem Mini-KWK-Anlagen mit einer Basis- und Bonusstaffelung im Leistungsbereich bis 50 kW_{el}. Um diese beziehen zu können, sind einige Voraussetzungen zu erfüllen. Der Abschluss eines Vollwartungsvertrages mit dem Hersteller sollte möglich sein und das Mini-BHKW muss einen Gesamtjahresnutzungsgrad von mindestens 80 Prozent aufweisen und ist mit einem integrierten Stromzähler auszustatten. Die Anlage darf nicht in Fernwärmegebieten eingesetzt werden, die überwiegend aus KWK-Anlagen versorgt werden.

Die Basisförderung erhalten alle neuen Mini-KWK-Anlagen, welche die zuvor genannten Anforderungen erfüllen. Weil kleinere Anlagen pro kW_{el} höhere Anschaffungskosten haben, sind die Fördersätze dort am höchsten. Anlagen mit besonders geringer Umweltbelastung erhalten zusätzlich eine Bonusförderung. Die Schadstoffemissionen richten sich dabei nach den Vorgaben der gültigen Technische Anleitung zur Reinhaltung der Luft (kurz: TA Luft) und müssen weniger als 50 % der Grenzwerte für Stickoxide (NO_x) und Kohlenmonoxide (CO) erzielen.

Auslegung und Hydraulik

Es empfiehlt sich, ein BHKW auf die thermische Grundlast eines Objekts auszulegen, um möglichst lange Laufzeiten des BHKWs sicherzustellen. Je nach Anwendungsfall sind dies in der Regel zwischen 10 und 20 Prozent der Kesselleistung. Die Wärmespitzen werden von einem Spitzenlastkessel, die Stromspitzen aus dem öffentlichen Netz abgedeckt. Diese Auslegung ermöglicht einen wirtschaftlichen Betrieb des BHKWs und gewährleistet in der Regel über 6.000 Betriebsstunden pro Jahr.

Jedes zu versorgende Objekt verfügt über einen Wärmebedarf, der sich als so genannte „Geordnete Jahresdauerlinie“ (GJDL) grafisch darstellen lässt (siehe Abbildung 3). Sie bildet die Planungsgrundlage, da sie Auskunft darüber gibt, wie viel Stunden pro Jahr eine bestimmte thermische Leistung benötigt wird. Dargestellt wird der kumulierte Leistungsbedarf in Abhängigkeit von der jährlich benötigten Nutzungszeit dieser Leistung. Das dabei entstehende Flächenintegral stellt den Wärmebedarf pro Jahr dar.

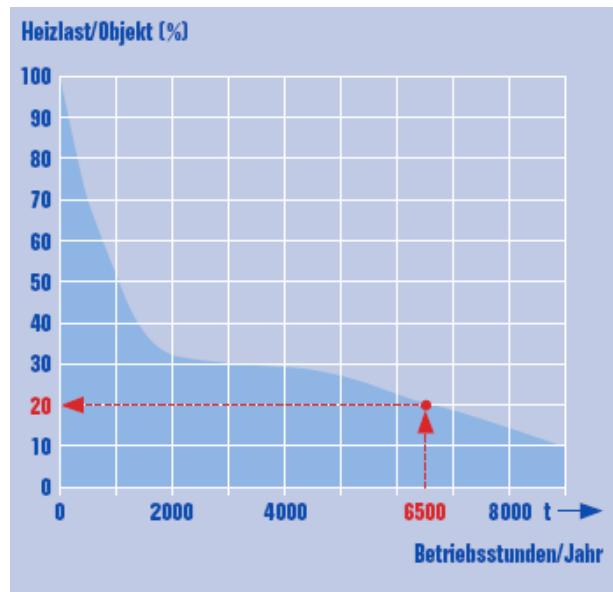
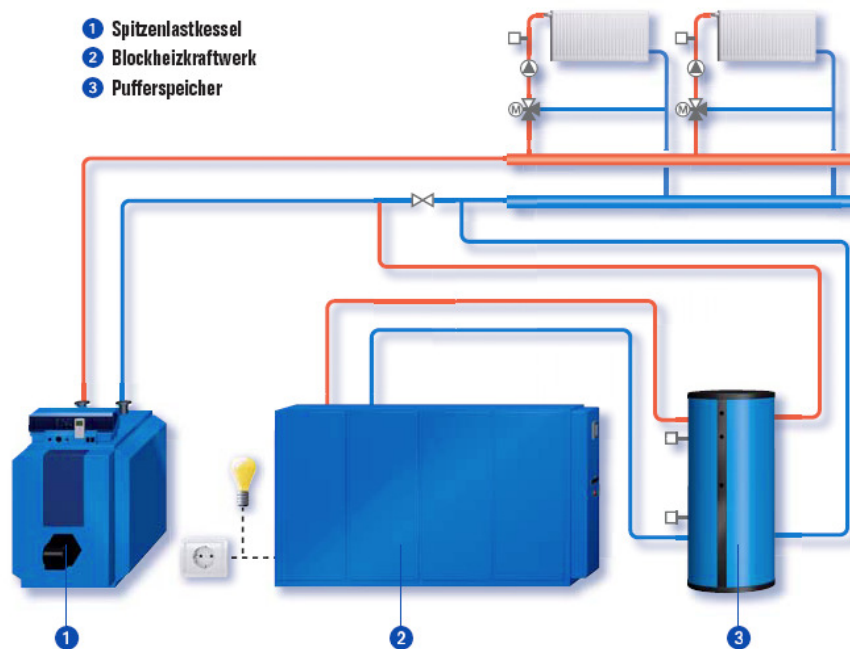


Abb. 3: Geordnete, objektspezifische Jahresdauerlinie

Die Abbildung 4 zeigt die Anlagenhydraulik und Funktionsweise eines BHKWs. Hydraulisch sollte ein BHKW vor dem Kessel im Anlagenrücklauf installiert werden. Um einen gleichmäßigen Betrieb sicherzustellen und ein Takten des BHKWs zu vermeiden, empfiehlt es sich, einen Heizwasserspeicher einzuplanen, der die thermische Leistung von ca. einer Stunde Modullaufzeit puffern kann. Nur wenn die thermische Leistung des BHKW zur Versorgung des Objekts nicht ausreicht und der Pufferspeicher leer ist, sollte der Spitzenlastkessel auf zunächst niedrigster Modulationsstufe zugeschaltet werden. Eine übergeordnete Regelung ist bei dieser Anlagenhydraulik nicht notwendig, jedoch können das BHKW und der Kessel von einer übergeordneten Regelung an- und abgewählt werden.



Schematische Darstellung des Loganova BHKW-Komplettsystems

Abb. 4: Anlagenhydraulik mit Pufferspeicher

Peripherie

Der Aufstellraum des Blockheizkraftwerkes ist jederzeit ausreichend mit Frisch- und Kühlluft zu versorgen. Die für die Verbrennung benötigte Frischluft muss staubfrei und ohne Belastungen von Halogenen sein. Je nach örtlichen Aufstellbedingungen können zusätzliche Schallschutzmaßnahmen (Zu- und Abluftschalldämpfer) notwendig werden. Die Abluft wird in der Regel über einen Kanal direkt ins Freie geblasen bzw. im Winter über eine elektronisch gesteuerte Umluftklappe zur Erwärmung des Aufstellraumes eingesetzt.

Für die Abgasabführung des BHKW muss eine eigene, bauartzugelassene Abgasleitung verwendet werden. Bei jedem Arbeitstakt drückt der Motor anschließend die Abgase mit Überdruck pulsierend in die Abgasleitung. Um Korrosionsschäden durch saures Kondenswasser zu vermeiden, ist die Abgasanlage zudem kondenswasserfest auszuführen. Die hohen Anforderungen an Schallemissionen machen meist den Einsatz eines oder mehrerer Abgasschalldämpfer erforderlich.

Das in den Modulen der meisten Hersteller integrierte Schmierölversorgungssystem gleicht den Ölverbrauch zwischen zwei Wartungen aus. Um einer Beaufschlagung der Wartungskosten mit einem Erschwerniszuschlag vorzubeugen, ist ausreichend Platz für Wartung und Bedienung des BHKWs vorzusehen.

Bei der Ausführung ist auf eine ordnungsgemäße Körperschallentkopplung zu achten. Sämtliche feste Verbindungen sind mit elastischen Schläuchen und Kompensatoren auszustatten. Der erzeugte Strom muss ins Netz eingeleitet werden. Um hohe Verluste zu vermeiden, ist die Anschlussverkabelung mit ausreichendem Kabelquerschnitt hinreichend niederohmig auszuführen.

Betriebsweisen

Sofern das Versorgungsnetz des Objektes mit dem öffentlichen Netz mechanisch verbunden ist, spricht man von Netzparallelbetrieb. Der Strom wird vor allem zur Eigenbedarfsdeckung verwendet und nur in Ausnahmefällen als Überschussstrom in das öffentliche Netz zurückgespeist. Hier sind die „Richtlinie für den Parallelbetrieb von Eigenerzeugungsanlagen mit dem Niederspannungsnetz des Elektrizitätsversorgungsunternehmens (EVU)“ und die „Technischen Anschlussbedingungen für den Anschluss an das Niederspannungsnetz (TAB)“ sowie die entsprechenden Bestimmungen der VDE-Richtlinien zu berücksichtigen.

Module mit Synchrongeneratoren können bei Netzausfall auch als Netzersatzaggregate eingesetzt werden. Das Blockheizkraftwerk erkennt selbstständig den Netzausfall und trennt sich vom Netz. Nach einem kundenseitigen Lastabwurf aller nicht sicherheitsstromberechtigten Verbraucher und dem Öffnen des Netzkuppelschalters kann das Modul die Netzersatzfunktion übernehmen. Nach Netzwiederkehr und einer kurzen Netzberuhigungsphase wird das Modul abgeschaltet und der kundenseitige Netzkuppelschalter geschlossen. Anschließend wird das Modul entsprechend dem Normalbetrieb gefahren. Da auch im Netzersatzbetrieb Wärme erzeugt wird, ist für eine ausreichende Abführung der Wärme Sorge zu tragen und ggf. ein Kühlsystem oder ein Pufferspeicher vorzusehen.

Im so genannten Inselnetz wird ein eigenständiges Stromversorgungsnetz, lokal auf ein Objekt begrenzt, installiert. In diesem Fall unterliegt die Errichtung der Eigenstromerzeugungsanlage nicht der Aufsicht durch das EVU.

Wirtschaftlichkeitsbetrachtung

Die Berechnung der Kosten und Wirtschaftlichkeit gebäudetechnischer Anlagen erfolgt über die Richtlinie VDI 2067 auf Basis der Annuitätenmethode. Nur eine solche Vollkostenbetrachtung ermöglicht einen wirklichen Vergleich verschiedener Wärmeerzeugungssysteme und sollte bereits in der Vorplanungsphase angewendet werden. Grundsätzlich wird zwischen der statischen und dynamischen Wirtschaftlichkeitsrechnung unterscheiden. Relativ sichere Aussagen über die Wirtschaftlichkeit einer Investition lassen sich bereits mit dem einfacheren „statischen“ Verfahren gewinnen. Beim detaillierten „dynamischen“ Verfahren wird unter Berücksichtigung aller denkbaren Einflussparameter über den gesamten Betrachtungszeitraum ein genauer Einblick über die zu erwartenden wirtschaftlichen Ergebnisse gegeben.

Die Jahreskosten eines BHKW ergeben sich aus der Summe der kapital-, verbrauchs- und betriebsgebundenen Kosten. Die kapitalgebundenen Kosten leiten sich aus den erforderlichen Investitionen für die gesamte BHKW-

Anlage ab. Unter verbrauchsgebundene Kosten fallen die Brennstoff- und Hilfsenergiekosten. Maßnahmen der Wartung, Inspektion und Instandsetzung fallen nach VDI 2067 in erster Linie unter die betriebsgebundenen Kosten. Nur unter Berücksichtigung aller Kostenarten kann eine fundierte Entscheidung getroffen werden.

Für eine erste überschlägige Wirtschaftlichkeitsbetrachtung sind bereits wenige Daten ausreichend: Art des zu versorgenden Objektes, Wärme- und Strombedarf sowie die Brennstoff- und Strombezugskosten lassen Rückschlüsse auf die zu erwartende Wirtschaftlichkeit und die Amortisationszeit zu. Entscheidend für die Rentabilität dieser Technologie ist die Energiepreisentwicklung. Das Verhältnis von Gas- zu Strompreis spielt neben der Förderung und Einspeisevergütung des selbst genutzten Stroms eine entscheidende Rolle.

Mit hoher Wahrscheinlichkeit ist ein Blockheizkraftwerk dann wirtschaftlich darstellbar, wenn der Faktor zwischen dem spezifischen Strompreis (Stromkosten dividiert durch die bezogene Stromarbeit) und dem spezifischen Brennstoffpreis (Brennstoffkosten dividiert durch die bezogene Brennstoffarbeit) größer gleich 3 ist.

Elektroenergieerzeugung und –nutzung

Die Entscheidung über Eigenverbrauch oder Netzeinspeisung des durch das BHKW erzeugten Stroms richtet sich nach der Höhe der Einspeisevergütungen und der Höhe des an das Energieversorgungsunternehmen (kurz: EVU) zu zahlenden Strompreises. Liegt der zu zahlende Strompreis über der zu erwartenden Einspeisevergütung, so sollte der erzeugte Strom möglichst vollständig selbst verbraucht werden. Kleine BHKW-Anlagen bis einschließlich 50 kW elektrische Leistung erhalten in diesem Fall einen Zuschlag gemäß KWKG in Höhe von 5,11 ct/kWh_{el}. Zusammen mit der Einspeisevergütung des Energieversorgers in Höhe von ca. 6,00 ct/kWh_{el} kann eine Rückspeisung des Stroms in das Netz des EVU wirtschaftlich sein. Bei einem BHKW mit 50 kW elektrischer Leistung summieren sich z.B. bei einer Laufzeit von 6.500 h/a die Einspeisentgelte über die Laufzeit auf 36.000,- Euro/a.

Wartung und Service

Das BHKW ist bei bestimmungsgemäßem Einsatz vielen Einflüssen wie Verschleiß, Alterung, Korrosion, thermischen und mechanischen Belastungen ausgesetzt. Daher müssen diese Anlagen - hier insbesondere der Verbrennungsmotor - in regelmäßigen Abständen überprüft werden. Die hierbei entstehenden „betriebsgebundenen“ Kosten in Form von Inspektion, Wartung und Instandsetzung liegen je nach Hersteller und Modulgröße zwischen ca. 1,5 und 3,0 ct/kWh_{el}. Die Begriffe Inspektion, Wartung und Instandsetzung sind in den einschlägigen Normen und Richtlinien DIN 6280, DIN 31051, DIN 32541, VDI 3985 und VDMA-Einheitsblatt 24186-0 definiert (siehe Abbildung 5).

Konstruktionsbedingt verfügen die Bauteile des BHKW über einen Abnutzungsvorrat, welche den sicheren Betrieb des Aggregats entsprechend den Betriebsbedingungen bis zu einer Beeinträchtigung der Funktionsfähigkeit sicherstellen. Danach sind diese Teile, differenziert nach Verschleißteilen und Ersatzteilen, auszutauschen. Die sich daraus ergebenden Wartungsintervalle liegen, je nach Hersteller und Motorenkonzept, zwischen 1.000 und 3.000 Betriebsstunden. Bereits im Vorfeld einer Investitionsentscheidung sollten daher die mit dem Betrieb des BHKWs verbundenen Folgekosten in die Wirtschaftlichkeitsbetrachtung einfließen. Diese umfassen nicht nur die Kosten für die Wartung des BHKWs sondern auch die Kosten für Schmieröl und für Instandsetzungsarbeiten (z.B. Motor-Generalüberholung bzw. Motortausch). BHKW-Hersteller bieten den Service für ihre Module entweder selbst an oder sie verfügen über ein System geschulter und autorisierter Fachunternehmen, die diese Dienstleistung übernehmen.

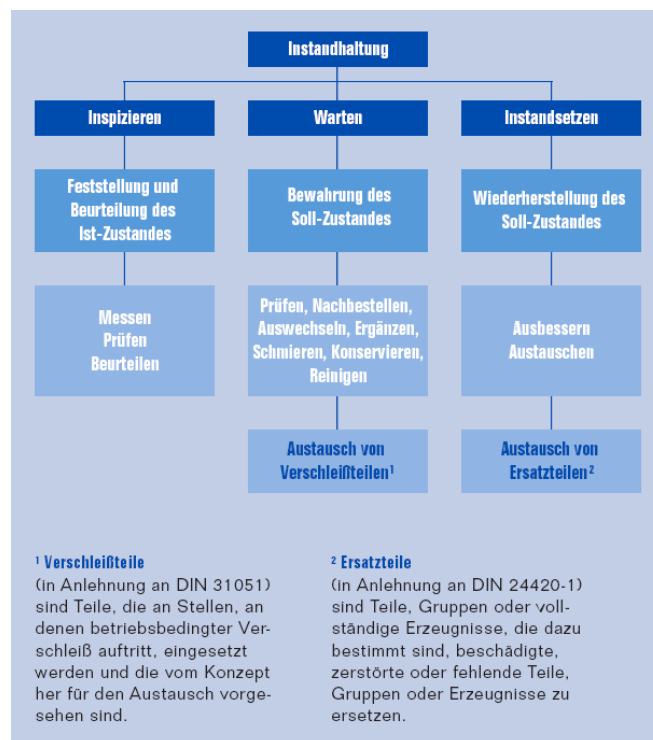


Abb. 5: Gliederung der Instandhaltung

Weitere Informationen:

Bosch Thermotechnik GmbH
 Buderus Deutschland
 TTDB/MKT2.1
 Sophienstraße 30-32
 35576 Wetzlar

Kontakt:

Natalie Tzankow

Telefon: 0 64 41 - 418 - 16 12
 Telefax: 0 64 41 - 418 - 16 33
natalie.tzankow@buderus.de
www.buderus.de