

HANDBUCH

INTRALOGISTISCHE SYSTEME FÜR STÜCKGUT

Teil V

Technische Gebäudeausrüstung

Gesamtübersicht	
Teil I	Gestaltungsmöglichkeiten zur Optimierung des Aufbaus und der Abläufe innerhalb des Systems
Teil II	Lagertechnische Einrichtungen Untertitel II.1: Ladeinheit, Ladehilfsmittel, Untertitel II.2: Lagerarten, Lagertechniken Untertitel II.3: Fördertechnik Untertitel II.4: Technische Einrichtungen für Kommissioniersysteme sowie WE / WA, Versand
Teil III	Lagerverwaltung, Datenerfassung, Datenverarbeitung
Teil IV	Gebäude und Infrastruktur für intralogistische Systeme Untertitel IV.1: Anforderungen an die Gebäude Untertitel IV.2: Realisierungsmöglichkeiten der Anforderung an die Gebäude
Teil V	Technische Gebäudeausrüstung

INHALTSVERZEICHNIS

1	EINLEITUNG UND ABGRENZUNG	4
2	HEIZUNG, KLIMA, LÜFTUNG	4
2.1	Wärme- bzw. Kälteerzeuger	7
2.1.1	Anordnung der Wärme- bzw. Kälteerzeugung	7
2.1.1.1	Zentrale und dezentrale Wärme- / Kälteerzeugung	7
2.1.2	Betriebsweise	8
2.1.2.1	Monovalent, Bivalent, Multivalent	8
2.1.2.2	Monoenergetisch, Bienergetisch, Multienergetisch	8
2.1.3	Prinzipien der Wärme- / Kälteerzeugung	8
2.1.3.1	Heizkessel	8
2.1.3.2	Kraft-Wärme-Kopplung (KWK)	8
2.1.3.3	Kraft-Wärme-Kälte-Kopplung (KWKK)	9
2.1.3.4	Gemeinsamkeiten von Wärmepumpe und Kälteanlage	10
2.1.3.5	Wärmepumpe	14
2.1.3.6	Solarthermie	15
2.2	Wärmespeicher	16
2.2.1	Kurzzeitspeicher	16
2.2.2	Langzeitspeicher	16
2.2.3	Sensible Wärmespeicher	17
2.2.4	Latentwärmespeicher	17
2.2.5	Thermochemische Speicher (Sorptionswärmespeicher)	17
2.3	Verteilsystem für Wärme- bzw. Kälte	17
2.4	Abgabesysteme für Wärme- bzw. Kälte	18
2.4.1	Prinzip des Heizens bzw. Kühlens durch Strahlung	18
2.4.2	Prinzip des Heizens bzw. Kühlens durch Konvektion	19
2.4.3	Übergang der Systeme „Strahlung“ / „Konvektion“	19
2.4.4	Systeme mit überwiegend Strahlungsanteil	19
2.4.4.1	Deckenstrahlung	19
2.4.4.1.1	Dezentrale Infrarotheizung / Infrarotstrahler	20
2.4.4.1.2	Deckenstrahlplatten, Zentral beheizte Infrarotheizung	21
2.4.4.2	Großflächen-Systeme	22
2.4.5	Systeme mit überwiegend Konvektionsanteil	24
2.4.5.1	Systeme mit überwiegend passiver Konvektion	24
2.4.5.2	Systeme mit überwiegend aktiver Konvektion	24
2.4.6	Lüftungstechnische Anlagen und Klimaanlage	27
2.4.6.1	Wärmerückgewinnung	28
2.4.7	Gegenüberstellung der Systeme und Resumee	29
2.4.7.1	Gegenüberstellung gemäß diverser Veröffentlichungen	29
2.4.7.2	Resumee	30
3	BELEUCHTUNG	32
3.1	Normen und Regelwerke	32
3.2	Künstliche Beleuchtung von Arbeitsstätten in Innenräumen	33
3.2.1	Anforderungen an die künstliche Beleuchtung	33

3.2.2	Lampen und Leuchten	36
3.2.3	Auswahl des Beleuchtungssystems	36
3.2.3.1	Beleuchtung von Lagerräumen / Lagerhallen	37
3.2.3.2	Beleuchtung von Regallagern	38
3.2.3.3	Beleuchtung von Hochregallagern	39
3.2.3.4	Beleuchtung in Übergangsbereichen vom Hellen ins Dunkle	39
3.2.3.5	Beleuchtung im Bereich Lagerverwaltung	39
3.2.4	Resumee	40
4	TECHNISCHER BRANDSCHUTZ	41
4.1	Anforderungen an den Technischen Brandschutz	41
4.2	Massnahmen des „Technischen Brandschutzes“	42
4.2.1	Brandmeldeanlagen	43
4.2.2	Feuerlöschanlagen	43
4.2.2.1	Sprinkleranlagen	44
4.2.2.2	Gaslöschanlagen	49
4.2.2.3	Sauerstoffreduzierungsanlagen	50
4.2.3	Feuerlöscher und Wandhydranten	50
4.2.4	Rauch-Wärmeabzugsanlagen	50
4.3	Technischer Brandschutz im Lager	51
4.3.1	Technischer Brandschutz im Hochregallager	54
4.3.1.1	Technischer Brandschutz in HRL ohne Personenbedienung	54
4.3.1.2	Technischer Brandschutz in HRL mit Personenbedienung	54
4.3.2	Technischer Brandschutz in Lagern mit Kunststoff-Lagerbehältern	55
5	QUELENNACHWEIS ZU TEIL V	57
5.1	Tabellenverzeichnis	57
5.2	Abbildungsverzeichnis	57
5.3	Literaturverzeichnis	58

1 EINLEITUNG UND ABGRENZUNG

Für den Begriff „Technische Gebäudeausrüstung“ gibt es mehrere Bezeichnungen, die dasselbe Themengebiet beschreiben. Übliche Bezeichnungen sind „Gebäudetechnik“, „Technische Ausrüstung“, „Haustechnik“, „Betriebstechnik“, „Versorgungstechnik“.

Nach der HOAI §51 (Fassung von 2009) umfasst die „Technische Ausrüstung“ folgende Anlagengruppen:

1. Abwasser-, Wasser- und Gasanlagen
2. Wärmeversorgungsanlagen,
3. Lufttechnische Anlagen,
4. Starkstromanlagen,
5. Fernmelde- und informationstechnische Anlagen
6. Förderanlagen,
7. nutzungsspezifische Anlagen, einschließlich maschinen- und elektrotechnischen Anlagen in Ingenieurbauwerken,
8. Gebäudeautomation

In der HOAI, Anlage 3, Pkt. 3.6 werden neben der Fördertechnik auch Lagertechniken aufgelistet.

Förder- und Lagertechnik ist das Hauptthema der interdisziplinären Betrachtung intralogistischer Systeme. Dieses Thema wird im ersten Teil dieses Handbuches beschrieben. Unter dem Begriff „Technische Gebäudeausrüstung“ werden folgende Themen erörtert:

- Heizung, Klima, Lüftung
- Beleuchtung
- Technischer Brandschutz
(der bauliche Brandschutz wird in Teil IV.1 „Anforderungen an Gebäude“ erörtert)

Diese Themen haben wegen ihrer besonderen Anforderungen unmittelbaren Einfluss auf die Auslegung / Gestaltung intralogistischer Systeme.

Die betriebstechnischen Einrichtungen für „Heizung, Klima, Lüftung“ sowie für Beleuchtung und für Brandschutz erfordern im Gebäude i. d. R. einen erheblichen Anteil der zur Verfügung stehenden Nutzfläche bzw. des Nutzvolumens. Dies ergibt sich zum einen aus den Volumina der erforderlichen Einrichtungen (Heizzentrale, ggf. mit Wärmespeicher, Sprinklerzentrale ggf. mit Sprinklertank, Lüftungskanäle usw.) und zum anderen aus den erforderlichen Abständen, die zu Teilen dieser Einrichtungen eingehalten werden müssen (Abstände zu Wärmequellen, zu Sprinklerköpfen aber auch zu Beleuchtungseinrichtungen). Die Themen der Betriebstechnik „Heizung, Klima, Lüftung“ sowie Beleuchtung und Brandschutz sollten daher bei der Planung intralogistischer Systeme mit besonderem Augenmerk verfolgt werden.

2 HEIZUNG, KLIMA, LÜFTUNG

Die Investitions- und Betriebskosten je Quadratmeter Nutzfläche, die für Heizung, Klima, Lüftung entstehen, sind über den Lebenszyklus der erforderlichen Betriebseinrichtungen betrachtet, ganz erhebliche Kostenfaktoren. Zu noch größeren Kostenfaktoren können aber die Personalkosten werden, die durch falsches Heizen, Klimatisieren und Lüften entstehen können. Mangelhafte Luftqualität am Arbeitsplatz oder falsche Temperatur (zu warm oder zu kalt) reduzieren die Leistungsfähigkeit der Menschen am Arbeitsplatz in erheblichem Umfang.

Darüber hinaus fordert die Lagerung bestimmter Güter ganz besondere lüftungstechnische Voraussetzungen um z. B. rosten, quellen oder verspröden zu vermeiden.

Arbeitsbereich	Raumtemperatur (°C)	Luftwechselzahl (n/h)	Kriterien für Luftwechsel
Lager	12 - 15	2 - 6	Personen
Mechanische Fertigung	15 - 17	3 - 6	Personen
Büroräume	18 - 22	3 - 6	Personen
Sozialräume	22	8 - 10	Feuchtigkeit, Personen
Tab. 2 / 01 Arbeitsplatzabhängige Richtwerte für Raumtemperaturen und Luftwechselraten In Anlehnung an [BDE 1]			

Die Angebote an unterschiedlichen Systemen zum Heizen, Kühlen, Lüften als Einzelgeräte bis hin zu Raumlüftungstechnischen Anlagen (RLT-Anlage), die in einem System heizen, kühlen, lüften und die Luft konditionieren / be- bzw. entfeuchten können, sind sehr vielfältig. Der Übergang zwischen den einzelnen Systemen ist fließend. Insbesondere mit lüftungstechnischen Anlagen ist ein großer Teil der Systeme verbunden.

Nach der Arbeitsstättenrichtlinie (ASR 5 – Lüftung) versteht man unter Lüftung „die Erneuerung der Raumluft durch direkte oder indirekte Zuführung von Außenluft.“ Dabei wird unterschieden zwischen „Freier Lüftung“ und Lüftung mittels „Lüftungstechnischer Anlagen“.

- Freie Lüftung

„Lüftung mit Förderung der Luft durch Druckunterschiede infolge Wind und / oder Temperaturdifferenzen zwischen außen und innen; z. B. Fensterlüftung, Schachtlüftung, Dachaufsatzlüftung und Lüftung durch sonstige Lüftungsöffnungen“.

- Lüftungstechnische Anlagen

„Lüftung mit maschineller Förderung der Luft zur Sicherstellung eines angestrebten Luftzustandes.“

„Bei lüftungstechnischen Anlagen ist die Zuluft (Außenluft / Umluft) vor der Zuführung zu den zu lüftenden Räumen durch Luftfilter zu reinigen.“

Je nach Luftbehandlung, wie Heizen, Kühlen, Be- und Entfeuchten wird unterschieden:

- lüftungstechnische Anlagen mit zusätzlicher Luftbehandlung
- lüftungstechnische Anlagen ohne zusätzliche Luftbehandlung
- Teilklimaanlage
- Klimaanlage

Bei Lüftungs- und Klimatechnischen Anlagen trifft man auf die verschiedenen Bezeichnungen der Luft, je nachdem an welcher Schnittstelle nach Außen oder nach Innen und in welcher Funktion sie sich befindet.

- Außenluft oder Frischluft: Ist die aus dem Freien angesaugte Frischluft
- Fortluft: Ist die ins Freie abgeführte Luft nachdem ihr ggf. Wärme und / oder Feuchte in einer Wärmerückgewinnungsanlage entzogen wurde
- Zuluft: Ist die in den Raum zuströmende, ggf. bereits konditionierte Luft
- Abluft: Ist die aus dem Raum abgesaugte Luft

Anlagenbezeichnung	Lüftung	Heizung	Kühlung	Befeuchtung	Entfeuchtung
Einfache Lüftungsanlage	X				
Lüftungsanlage mit Heizfunktion bzw. Luftheizungsanlage	X	X			
Teilklimaanlage mit Befeuchtungsfunktion	X	X		X	
Teilklimaanlage mit Kühlfunktion	X	X	X		(x)
Teilklimaanlage mit Kühl- und Befeuchtungsfunktion	X	X	X	X	(x)
Klimaanlage mit allen Funktionen (Vollklimaanlage)	X	X	X	X	X
Legende: X Wird in der Teilklimaanlage geregelt. (x) Wird in der Teilklimaanlage beeinflusst, aber nicht geregelt.					
Tab. 2 / 02 "Einteilung von Lüftungs-, Teilklima- und Klimaanlagen in Anlehnung [WIK 1] mit Bezug auf DIN EN 13779					

Alle Systeme aus dem Bereich Heizung, Klima, Lüftung – angefangen von den Einzelsystemen bis hin zur Vollklimaanlage - haben ihre Vor- und Nachteile. Die Auswahl des richtigen Systems ist vom jeweiligen Anwendungsfall sowie von der ökonomischen als auch von der ökologischen Betrachtung des Investors abhängig. Auswahlkriterien ergeben sich z. B. aus:

- Verträglichkeit des Systems mit den funktionalen Anforderungen des Lagers und dessen Peripherie
- der Nutzung der Räume
 - die jeweilige Arbeitssituation und die damit verbundene Arbeitsplatztemperatur
 - die Arbeitsplatzdichte.
- dem Standort und den damit verbundenen klimatischen Verhältnissen
- den baulichen Gegebenheiten
 - Wärmedämmung des Gebäudes
 - Öffnungen in der Fassade, insbesondere die Tore im Rampenbereich
 - Größe der zu temperierenden Flächen
 - Höhe der Räume
- den zur Verfügung stehenden Energieträgern
- der Betrachtung eines geplanten Amortisationszeitraums für die jeweilige Investition, bzw. aus der Betrachtung der Lebenszykluskosten

Heiz- bzw. Kühlsysteme können nach ihren wichtigsten Baugruppen unterteilt werden in:

- Wärme- bzw. Kälteerzeuger
- Wärmespeicher (sind bei manchen Systemen zur Wirkungsgradverbesserung empfohlen oder notwendig)
- Wärmeverteil- und Wärmeabgabesystem, d. h. dem Pumpen- und Rohrsystem zum Transport des Wärme-/ Kälteträgermediums sowie den Aggregaten zur Abgabe der Wärme / Kälte an den Nutzer.

2.1 Wärme- bzw. Kälteerzeuger

Einige Systeme zur Wärmeerzeugung können auch zur Kälteerzeugung eingesetzt werden. Wärme- bzw. Kälteerzeuger können nach folgenden Kriterien eingeteilt werden:

Kriterien zur Einteilung von Wärme- bzw. Kälteerzeugern	
Anordnung der Anlagen	<ul style="list-style-type: none"> - zentral - dezentral
Betriebsweise der Systeme	<ul style="list-style-type: none"> - monovalent, bi- oder multivalent - monoenergetisch, bi- oder multienergetisch
Prinzip der Wärme- bzw. Kälteerzeugung	<ul style="list-style-type: none"> - Heizkessel - Kraft-Wärme-Kopplung und Kraft-Wärme-Kälte-Kopplung - Wärmepumpe bzw. Kälteanlage - Solarthermie
Hauptsächlich verwendeter Energieträger	<ul style="list-style-type: none"> - Strom - Gas - Öl - Festbrennstoffe, z. B. Holz (Pellets, Holzhackschnitzel, ...), - Fernwärme - Sonnenenergie - Geothermie

Bei den Kälteerzeugern ist noch zu unterscheiden nach deren Verfahrensweise in:

- Kompressionskälteanlagen
- Absorptionskälteanlagen
- Adsorptionskälteanlagen

2.1.1 Anordnung der Wärme- bzw. Kälteerzeugung

2.1.1.1 *Zentrale und dezentrale Wärme- / Kälteerzeugung*

Bei zentraler Wärmeerzeugung wird die Wärme an einem Ort erzeugt. Dies kann nun z. B. ein Kesselhaus sein, oder die Solaranlage auf dem Dach. Die zentral erzeugte Wärme muss zu den Verbrauchern, d. h. den Nutzern transportiert werden. Hierzu wird die Wärme auf einen Wärmeträger als Transportmedium übertragen. Die Wärmeträger sind üblicherweise flüssige Medien (i. d. R. Wasser). Bei Lüftungstechnischen Anlagen, Warmluftheizungen und Klimaanlage wird die Wärme über die Luft transportiert.

Für die Wärmeübertragung vom Erzeuger zum Nutzer ist daher ein Verteilnetz erforderlich. Das Verteilnetz i. w. S. besteht aus dem Rohr- bzw. Kanalsystem zum Wärmetransport und den Aggregaten zur Wärmeabgabe (Heizkörper, Konvektoren u.s.w.).

Bei dezentraler Wärme- Kälteerzeugung ist zu unterscheiden in:

- Anlagen, die im Prinzip wie die Systeme mit zentraler Wärmeerzeugung aufgebaut sind, (Wärmeerzeugung und Wärmeabgabe getrennt) jedoch in kleineren Einheiten bereichs- oder raumweise angeordnet sind.

- Anlagen, bei denen Wärmeerzeugung und Wärmeabgabe an den Nutzer in einem System vereint sind (Einzelheizungen). Beispiele hierfür sind elektrische Speicheröfen, oder die in Kap. 2.4.4.1.1 beschriebenen Infrarotheizungen.

Vor- und Nachteile zentraler- bzw. dezentraler Wärmeerzeugung		
System	Vorteil	Nachteil
Zentrale Wärmeerzeugung	- Hoher Wirkungsgrad bei der Energieumwandlung	- Hohe Investitionskosten für Verteilsystem - Transportverluste
Dezentrale, bereichsweise Wärmeerzeugung	- Bedarfsgerechte Anpassung des Systems	
Dezentrale Wärmeerzeugung- und Abgabe	- geringe Investitionskosten	

2.1.2 Betriebsweise

Die Begriffe „monovalent / bivalent / multivalent“ und „monoenergetisch / bi-energetisch / multienergetisch“ sind insbesondere im Zusammenhang mit der Wärmeerzeugung aus regenerativen Energien und deren Speicherung zu finden.

2.1.2.1 *Monovalent, Bivalent, Multivalent*

Die Wärmeerzeugeranlage kann aus einem, oder mehreren Wärmeerzeugern bestehen.

Ein monovalenter Wärmeerzeuger deckt allein den Wärmebedarf des Gebäudes. Bei bi- bzw. multivalenter Betriebsweise sind zwei oder mehrere Wärmeerzeuger im Einsatz. Die einzelnen Wärmeerzeuger sind sowohl regelungstechnisch als auch hydraulisch miteinander gekoppelt.

2.1.2.2 *Monoenergetisch, Bienergetisch, Multienergetisch*

Analog zu den oben beschriebenen Systemen, bei dem die Wärmeerzeugeranlage aus einem, oder mehreren Wärmeerzeugern bestehen kann, basieren die mono- bi- oder multienergetischen Systeme auf einem oder mehreren unterschiedlichen Energieträgern

(z. B. Kesselanlage kombiniert mit einer Solaranlage, oder Wärmepumpe kombiniert mit einer elektrischen Zusatzheizung).

2.1.3 Prinzipien der Wärme- / Kälteerzeugung

2.1.3.1 *Heizkessel*

In Deutschland wird in der Mehrzahl die Wärme mit Heizkesseln erzeugt, in denen ein Energieträger (z. B. Gas, Öl oder ein Festbrennstoff) verbrannt wird. Die freigesetzte Wärme wird auf einen Wärmeträger übertragen.

2.1.3.2 *Kraft-Wärme-Kopplung (KWK)*

KWK-Anlagen haben im Vergleich zu typischen thermischen Kraftwerken einen besseren Wirkungsgrad-

In typischen thermischen Kraftwerken wird zur Stromerzeugung die aus einem Brennstoff freigesetzte Wärme genutzt, um über die Dampferzeugung Turbinen und in deren Folge Generatoren

anzutreiben. Der größte Teil der erzeugten Wärme wird über Kühltürme an die Umwelt abgegeben. Der Wirkungsgrad dieser Kraftwerke ist mit ca. 33 % bis zu 58% sehr niedrig.

Bei der Kraft-Wärme-Kopplung wird der Wirkungsgrad deutlich verbessert, indem ein großer Teil der „Abwärme“ als Heizwärme oder als Prozesswärme genutzt wird.

Zu den Anlagen der Kraft-Wärme-Kopplung gehören auch die Blockheizkraftwerke. In einem BHKW wird durch einen Verbrennungsmotor oder eine Gasturbine ein Generator angetrieben. Die Abwärme aus dem Verbrennungsprozess, die durch Kühlwasser und durch die Abgase abgeleitet wird, wird über Wärmetauscher zur Heizwassererzeugung genutzt

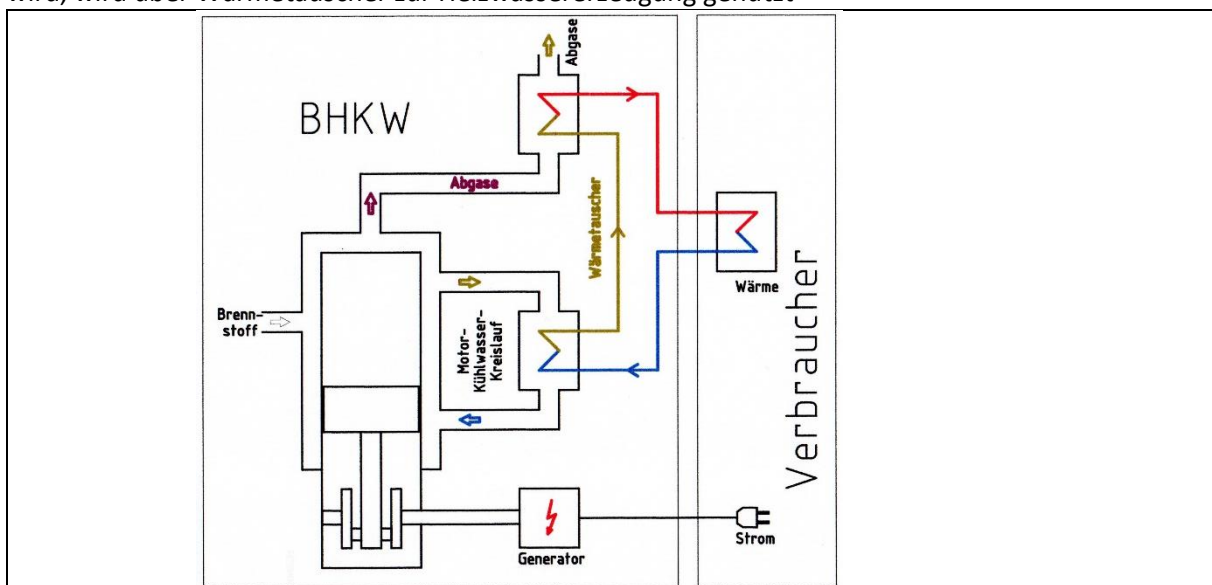


Abb.: 2.1.3 / 01 Funktionsschema einer BHKW- Anlage

Vorteil der KWK	Nachteil der KWK
Gegenüber konventioneller Stromerzeugung wird der Wirkungsgrad deutlich verbessert. Die Einsparungen an Primärenergie können bis zu 30% betragen.	Der Wärmebedarf, insbesondere der Heizwärmebedarf unterliegt starken Schwankungen. In Zeiten, in denen die Wärme nicht abgenommen wird, schwindet der Vorteil gegenüber konventioneller Stromerzeugung. Das Zwischenschalten von Wärmespeichern kann diesen Mangel teilweise aufheben.

2.1.3.3 Kraft-Wärme-Kälte-Kopplung (KWKK)

Eine KWKK-Anlage ist wie eine KWK-Anlage, jedoch kann damit zusätzlich Kälte erzeugt werden. Die Wärme wird nicht nur genutzt, um Heiz- oder Prozesswärme zu erzeugen, sondern auch um eine Absorptionskältemaschine anzutreiben. Die damit erzeugte Kälte kann im Sommer, wenn keine Heizwärme benötigt wird, zur Klimatisierung genutzt werden.

Vorteil der KWKK-Anlage	Nachteil der KWKK-Anlage
Bei schwankendem Bedarf an Wärme hat eine KWKK-Anlage eine längere Laufzeit gegenüber der KWK-Anlage	Die Absorptionskältemaschine führt zu deutlich höheren Investitionskosten als eine Kompressionskältemaschine

2.1.3.4 Gemeinsamkeiten von Wärmepumpe und Kälteanlage

Die beiden Systeme „Wärmepumpe“ und „Kälteanlage“ haben sehr viele Gemeinsamkeiten. Das Prinzip der beiden Systeme basiert darauf, auf einer Seite einem Medium Wärme zu entziehen, um diese Wärme auf der anderen Seite mit einem höheren Temperaturniveau an ein anders Medium abzugeben.

Die wesentliche Aufgabe einer Wärmepumpe ist das Erzeugen von Heizwärme; die wesentliche Aufgabe einer Kältemaschine ist das Erzeugen von Kälte zum Kühlen. In jeweils spezieller Ausführung kann aber auch die Wärmepumpe zum Kühlen und die Kälteanlage zum Heizen genutzt werden.

Wärmepumpen und Kälteanlagen können nach ihrer Funktionsweise unterteilt werden in:

- Kompressionsanlagen
- Sorptionsanlagen
 - Absorptionsanlagen
 - Adsorptionsanlagen

Funktionsweise einer Kompressionsanlage

Eine Kompressionsanlage funktioniert im Prinzip wie ein konventioneller Kühlschrank; als Wärmepumpe zum Heizen jedoch in umgekehrter Reihenfolge.

Eine Kompressionsanlage besteht aus zwei miteinander verbundenen Wärmetauschern. Ein Wärmetauscher dient als Verdampfer, der andere als Kondensator (Verflüssiger). Zwischen den Wärmetauschern zirkuliert ein Kältemittel (Sole). In diesem Kreislauf ist auf der einen Seite eine Pumpe (Kompressor) und auf der anderen Seite eine Drossel (Entspannungsventil) zwischengeschaltet. Das Kältemittel hat die Eigenschaft, dass es unter niedrigem Druck bei Wärmezufuhr verdampft und nach Verdichtung auf einen höheren Druck unter Wärmeabgabe wieder kondensiert. Wird in diesem Kreislauf das unter Überdruck befindliche flüssige Kältemittel über die Drossel entspannt, nimmt es aus der Umgebung Wärme auf und verdampft. Anschließend wird das Kältemittel durch die Pumpe komprimiert. Dabei gibt es die Wärme ab.

Hauptenergieverbraucher in diesem System ist der Antriebsmotor für den Kompressor.

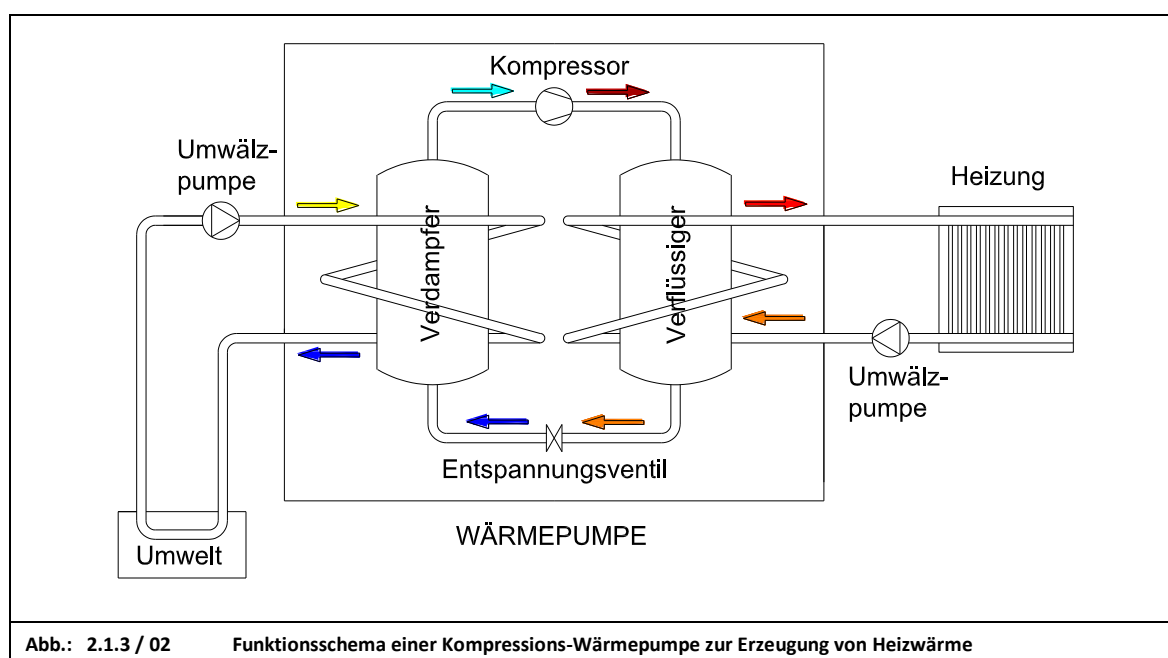


Abb.: 2.1.3 / 02 Funktionsschema einer Kompressions-Wärmepumpe zur Erzeugung von Heizwärme

Merkmale von Sorptionsanlagen

Sorptionsanlagen werden unterschieden in Absorptionsanlagen und Adsorptionsanlagen

Wie bei der Kompressionsanlage besteht die Sorptionsanlage aus einem Verdampfer, einem Kondensator und einem Entspannungsventil. Im Gegensatz zur Kompressionsanlage haben Sorptionsanlagen keinen mechanischen Verdichter mit energieverbrauchendem Antriebsmotor. Die Verdichtung erfolgt über thermische Prozesse.

Für die thermische Verdichtung werden zwei chemisch zueinander passende Medien (Arbeitsstoffpaare) eingesetzt (i. d. R. Wasser und flüssige oder feste Stoffe), die bei ganz bestimmten Temperatur- / Druckverhältnissen Bindungen eingehen (Absorption bzw. Adsorption). Diese Bindungen sind reversibel. Die thermische Verdichtung findet innerhalb eines geschlossenen Systems statt. In diesem geschlossenen System wird die Eigenschaft genutzt, dass die Verdampfungstemperatur von Flüssigkeiten druckabhängig ist – bei hohem Druck ist eine hohe Verdampfungstemperatur, bei niedrigem Druck ist eine niedrige Verdampfungstemperatur erforderlich.

Für die thermischen Prozesse muss Wärme von außen zugeführt werden. Die Nutzenergie, Kälte oder Wärme, abhängig ob die Aufgabe der Anlage das Heizen oder das Kühlen ist, wird am Verdampfer oder am Kondensator abgeführt.

Die größte Bedeutung unter den Sorptionsanlagen haben gegenwärtig noch die Absorptionsanlagen – sie entsprechen seit langem dem Stand der Technik. Kostenmäßig sind sie vergleichbar mit den Kompressionsanlagen.

Die Adsorptionsanlagen sind zurzeit noch aufgrund ihrer geringen Produktionsstückzahl relativ teuer. Sie finden aber immer mehr Eingang auf dem relativ neuen Markt für Wärmepumpen. Der wesentliche Vorteil der Adsorptionsanlagen gegenüber Absorberanlagen ist die niedrige Auslegungstemperatur für die Heizung.

Funktionsweise einer Absorptionsanlage am Beispiel einer Kälteanlage

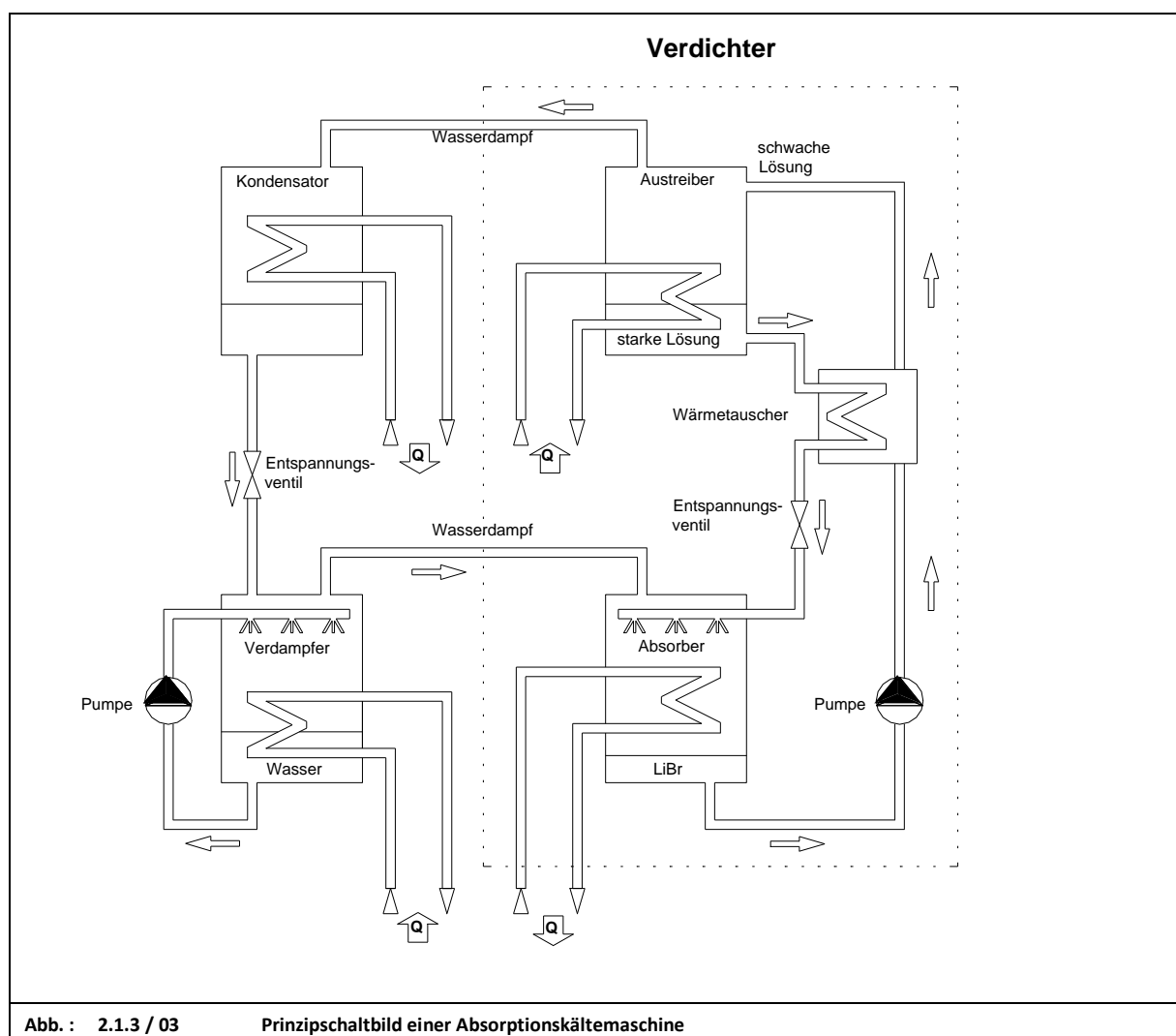
An Stelle des mechanischen Verdichters tritt bei der Absorptionsanlage ein „thermischer Verdichter“. Die Hauptkomponenten des Verdichters sind der Absorber und der Austreiber sowie eine Pumpe und ein Entspannungsventil. Zwischen Absorber und Austreiber gibt es einen zusätzlichen Lösungsmittelkreislauf. In diesem Lösungsmittelkreislauf werden zwei Stoffe genutzt, die in einem bestimmten Temperatur- Druckbereich ineinander löslich sind. Dabei wird bei geringer Temperatur der eine Stoff von dem anderen Stoff absorbiert und bei Wärmezufuhr desorbiert.

Der absorbierte Stoff hat die Funktion des Arbeitsmittels, während der andere Stoff als Lösungsmittel bezeichnet wird. In Kälteanlagen für die Klimatisierung wird hauptsächlich das Arbeitsstoffpaar Wasser-LiBr eingesetzt. Dabei ist Wasser das Arbeitsmittel (Kältemittel) und LiBr das Lösungsmittel.

Ablaufbeschreibung:

- Vom Absorber wird das ineinander gelöste Stoffpaar durch eine Lösungsmittelpumpe über einen Wärmetauscher dem so genannten „Austreiber“ (Desorber) zugeführt.
- Diesem „Austreiber“ wird zur Temperatur- und Druckerhöhung Wärme von außen zugeführt. Da das Arbeitsmittel eine geringere Verdampfungstemperatur hat als das Lösungsmittel, werden die beiden Stoffe durch Ausdampfen des Arbeitsmittels voneinander getrennt. Arbeitsmittel und Lösungsmittel gehen danach zunächst getrennte Wege.
- Weiterer Weg des Arbeitsmittels:
 - Der warme Arbeitsmitteldampf wird dem Kondensator zugeführt. An den Kühltischen kondensiert der Dampf und gibt dabei seine Verdampfungswärme an das Kühlmedium in den Kühltischen ab.

- Das unter Kondensationsdruck stehende flüssige Arbeitsmittel wird im Entspannungsventil auf Niederdruck entspannt.
- In dem unter Vakuum stehenden Verdampfer wird das Arbeitsmittel versprüht. Dabei verdampft das Arbeitsmittel schon bei sehr niedrigen Temperaturen und entzieht dem Kaltwasser in den Rohrschlangen Wärme. Bei Kälteanlagen entsteht dadurch die Nutzkälte.
- Der Arbeitsmitteldampf wird dem Absorber zugeführt.
- Weiterer Weg des Lösungsmittels:
 - Das nun stark konzentrierte heiße Lösungsmittel wird wieder über den Wärmetauscher zurück in den Absorber geführt. Auf dem Weg durch den Wärmetauscher gibt das heiße Lösungsmittel Wärme ab an das schwach konzentrierte Lösungsmittel, das in Richtung Austreiber fließt. Die starke Lösung wird abgekühlt, die schwache Lösung wird vorgewärmt. Dieser Prozess ist zur Verbesserung des Wirkungsgrades.
 - Im Entspannungsventil wird das konzentrierte Lösungsmittel auf niedrigen Druck entspannt.
 - In dem unter Vakuum stehenden Absorber wird das konzentrierte Lösungsmittel versprüht. Dabei absorbiert das Lösungsmittel den Arbeitsmitteldampf, der aus dem Verdampfer kommt. Bei diesem Prozess wird Reaktionswärme frei.
- Der Kreislauf von Lösungsmittel und Arbeitsmittel beginnt damit von vorne.



Aufbau und Funktionsweise einer Adsorptionsanlage

Im Gegensatz zur Absorptionsanlage arbeitet die Adsorptionsanlage mit einem festen Sorptionsmittel. Als Kältemittel wird Wasser eingesetzt. In das Sorptionsmittel ist eine Wärmetauscherschlange eingebettet. Durch diese Wärmetauscherschlange wird je nach Prozessphase Heiz- bzw. Kühlwasser gepumpt.

Das Sorptionsmittel ist ein hygroskopisches Material (z. B. Silikagel) mit großer innerer Oberfläche. Dieses Sorptionsmittel neigt dazu, Wassermoleküle so lange einzulagern, bis es zur Sättigung kommt. Dabei gibt es Wärme ab (Adsorption).

Umgekehrt kann durch Wärmezufuhr das Wasser wieder aus dem Sorptionsmittel ausgetrieben werden (Desorption). Die Packung mit Sorptionsmittel und Wärmetauscherschlange ist also Adsorber und Desorber in einem.

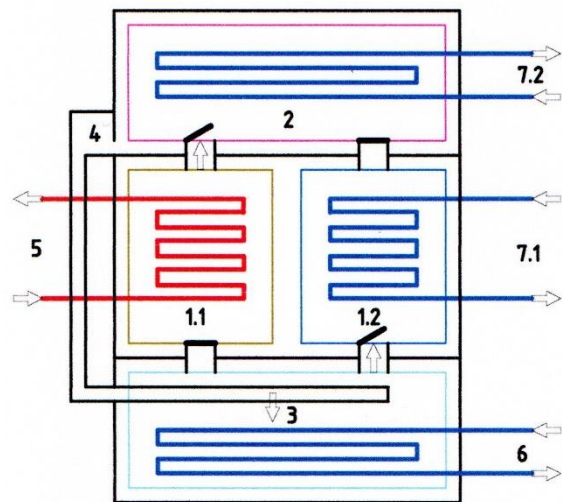
Damit Wasser verdampft, muss - wie bei jeder anderen Flüssigkeit - Energie zugeführt werden. Die Verdampfungstemperatur ist aber abhängig vom Umgebungsdruck. Je niedriger der Umgebungsdruck, desto niedriger ist die Verdampfungstemperatur.

Der ständig wechselnde Prozess zwischen Adsorption und Desorption findet in einem geschlossenen System unter sehr niedrigem Druck statt (Vakuum von ca. 10 mbar). Aufgrund dieser Wechsel ist die Adsorptionsanlage eine diskontinuierlich arbeitende Maschine. Um einen tendenziell kontinuierlichen Prozess zu erzielen, können zwei Adsorber / Desorber nebeneinander wechselweise betrieben werden.

Bei der Adsorption wird die frei werdende Wärmeenergie des Adsorptionsmittels abgeführt, d. h. das Adsorptionsmittel wird gekühlt. Mit der Temperaturveränderung verändert sich auch der Umgebungsdruck im System, d. h. der Umgebungsdruck im System wird während der Adsorption abgesenkt. Umgekehrt wird bei der Desorption Wärme zugeführt, damit das eingelagerte Wasser verdampft. Bei der Desorption wird der Umgebungsdruck im System angehoben.

Abb. 2.1.3 / 04
Funktionsschema einer Adsorptionskältemaschine

- 1.1 / 1.2 Wechselweise Adsorber / Desorber
- 2 Kondensator
- 3 Verdampfer
- 4 Kältemittel-Kondensatsammler
- 5 Heizwasserkreislauf
- 6 Kaltwasserkreislauf (5 – 12°C)
- 7.1 / 7.2 Kühlwasserkreislauf (25 – 35°C)



Ablaufbeschreibung gemäß Abb. 2.1.3 / 04:

- In der Kammer 1.1 (als Desorber arbeitend) wird unter Wärmezufuhr durch das Heizwasser 5 (z. B. mittels Gas-Brennwerttechnik erhitzt) das an das Silicagel angelagerte Kältemittel (Wasser) als Wasserdampf ausgetrieben.
- Der Wasserdampf wird im Kondensator 2 verflüssigt. Die frei werdende Wärme wird abgeführt.

- Das Kondensat wird über den Kondensatsammler 4 dem Verdampfer 3 zugeführt, dort eingesprüht und bei starkem Unterdruck verdampft.
- Für die Verdampfung wird Wärme aus dem Kaltwasser 6 entnommen. Das Kaltwasser wird dadurch (z. B. auf die für die Klimaanlage erforderliche Temperatur) abgekühlt.
- In der Kammer 1.2 (als Adsorber arbeitend) wird der Wasserdampf adsorbiert und die entstehende Wärme an das Kühlwasser abgeführt.

Durch einfaches Umlenken des Heiz- und Kühlwasserkreislaufes zwischen den beiden Kammern werden die Funktionen Desorption und Adsorption am Ende eines Zyklus vertauscht und der Prozess beginnt von neuem. Im Auslegungszustand dauert ein Arbeitszyklus 400 Sekunden.

Zwischen zwei Arbeitszyklen liegt noch eine Umschaltphase von 20 Sekunden, so dass der Gesamtzyklus sieben Minuten dauert. Während der Umschaltphase werden beide Kammern in Reihe durchströmt, so dass Wärme zurück gewonnen wird.

Vorteile der Adsorptionsanlage:

- Mit Wasser und Silikagel werden nur absolut umweltfreundliche Materialien eingesetzt.
- Die Adsorptionsanlage arbeitet im Niedertemperaturbereich. Dadurch kann Solarwärme oder Abwärme aus industriellen Prozessen genutzt werden
- Elektroenergie ist nur minimal für die Steuerung erforderlich

2.1.3.5 Wärmepumpe

Mit der Wärmepumpe wird aus der Umgebung Wärme entzogen, um damit Heizwärme zu erzeugen. Die „Umgebung“ kann das Erdreich sein, die Umgebungsluft, oder das Grundwasser bzw. Wasser aus tiefen Erdschichten. Die entzogene Wärme wird mit Hilfe der Wärmepumpe von einem relativ geringen Temperaturniveau (ca. 7–10 °C) auf ein höheres Temperaturniveau „hochgepumpt“ und als Heizwärme abgegeben. Zum „Hochpumpen“ muss für den Pumpen- bzw. Kompressormotor Energie zugeführt werden.

Es gibt verschiedene Typen an Wärmepumpen. Hauptsächlich wird unterschieden in:

- Sole / Wasser- WP
- Luft / Wasser- WP
- Luft / Luft- WP
- Wasser / Wasser- WP

Gegenüber konventionellen Wärmeerzeugern (Öl, Gas, usw.) hat die erzeugte Wärme ein niedrigeres Temperaturniveau. Für die Wärmeverteilung sind daher Flächenheizungen wie Wand- oder Fußbodenheizung / Betonkernheizung sinnvoll.

Zur Verbesserung des Wirkungsgrades einer Wärmepumpe ist eine nachfolgende Wärmespeicherung in einem Warmwasserspeicher / Pufferspeicher sinnvoll.

Wärmepumpen können auch in Kombination mit einem zweiten Heizsystem (Öl, Gas usw., aber auch Solarthermie) betrieben werden (bivalenter Betrieb). Dabei arbeitet die Wärmepumpe nur in dem Leistungsbereich, in dem sie besonders wirtschaftlich ist. Außerhalb dieses Bereichs arbeitet der Heizkessel.

In spezieller Ausführung können Wärmepumpen nicht nur zur Erzeugung von Wärme genutzt werden, sondern auch zum Kühlen;

- Passive Kühlung durch die Wärmepumpe:
Die im Sommer niedrigere Temperatur des Erdreichs und des Grundwassers gegenüber der

Außenluft-Temperatur kann ohne Zuschaltung der Wärmepumpe direkt zur Raumkühlung über Flächenheizung verwendet werden.

- **Aktive Kühlung durch die Wärmepumpe:**
Ist die Wärmepumpe mit entsprechenden Umschaltventilen ausgestattet, kann sie über Prozessumkehr aktiv zur Kühlung eingesetzt werden. Dadurch kann an sehr warmen Tagen der passive Betrieb unterstützt werden.

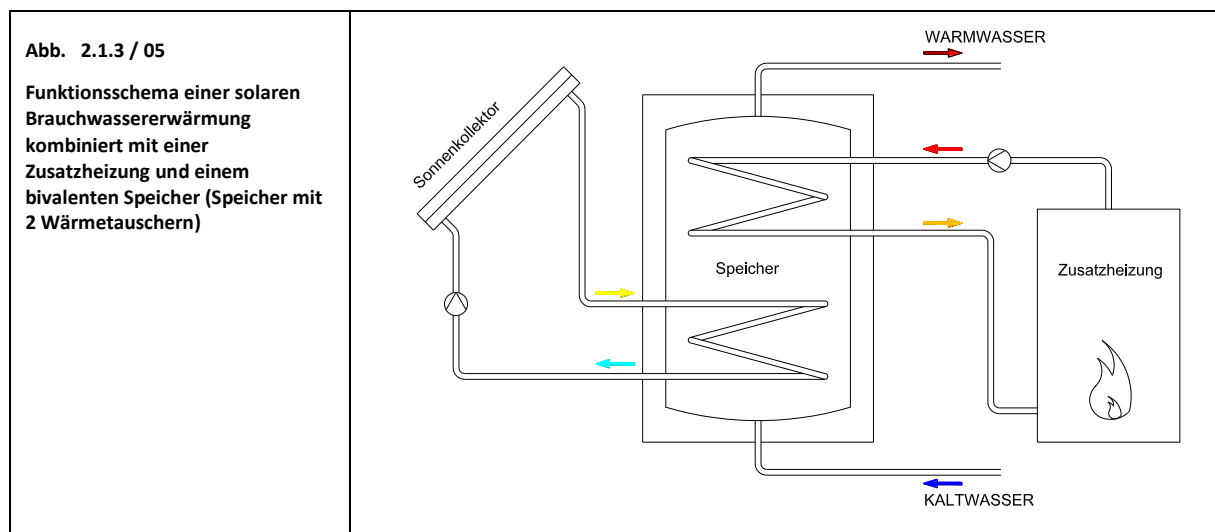
Einsatz einer Wärmepumpe	
Vorteile	Nachteile
<ul style="list-style-type: none"> ▪ Geringe Betriebskosten <ul style="list-style-type: none"> - Keine bzw. nur sehr geringfügige Wartungsarbeiten - Kein Schornsteinfeger ▪ Geringer Platzbedarf ▪ Kein Schornstein bei Elektro-WP ▪ Sehr Umweltfreundlich ▪ Kühlung im Sommer möglich 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Hohe Investitionskosten <ul style="list-style-type: none"> - Kosten für Anlage - Kosten für Bohrung ▪ Größere Heizflächen, wegen geringerer Vorlauftemperatur ▪ Hilfsenergie (Strom, Gas, Diesel) für Kompressorantrieb

2.1.3.6 Solarthermie

Unter Solarthermie versteht man die Umwandlung der in Form elektromagnetischer Wellen einfallenden Sonnenenergie in thermisch nutzbare Energie. Dies geschieht mittels Sonnenkollektoren.

Sonnenkollektoren gibt es in verschiedenen Bauarten. Die üblichsten Kollektoren in Deutschland sind die Flachkollektoren und die Vakuumröhrenkollektoren. In den Kollektoren wird durch die Sonnenenergie ein Wärmeträgermedium (meist ein Wasser-Propylenglykol-Gemisch) erhitzt. Dieses Wärmeträgermedium wird in einem geschlossenen Kreislauf umgewälzt (i. d. R. mit Unterstützung von Umwälzpumpen) und durchfließt dabei einen Wärmetauscher, über den die Wärme an einen Wärmespeicher abgegeben wird.

Reicht die solare Wärme für die geplante Nutzung (Heizung, Warmwasser, Prozesswärme) nicht aus, kann an den Wärmespeicher eine Zusatzheizung angeschlossen werden.



Vorteil der Solarthermie	Nachteil
<ul style="list-style-type: none"> ▪ Geringe Betriebskosten <ul style="list-style-type: none"> - Kein Brennstoff erforderlich - Geringe Wartungskosten ▪ Umweltfreundlichkeit <ul style="list-style-type: none"> - regenerative Energie - Klimaschonend (keine Treibhausgase, kein Feinstaub) 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Hohe Investitionskosten ▪ Nutzung ist standortabhängig (im Vergleich zu südlichen Regionen ist in Deutschland keine optimale Sonneneinstrahlung gegeben) ▪ Wetterbedingte, sowie tages- und jahreszeitliche Schwankungen der Sonneneinstrahlung.

2.2 Wärmespeicher

Wärmespeicher dienen in vielen Heiz- bzw. Kühlsystemen zur Effizienzverbesserung. Durch den Speicher werden Verbrauchsschwankungen zeitlich von der Wärme- bzw. Kälteerzeugung entkoppelt. Häufige kurzzeitige Entnahmen können mit wenigen, aber längeren Betriebszeiten bedient werden. Geringere Schaltintervalle erhöhen die Lebensdauer der Wärmeerzeugeranlagen und verringern den Energieverbrauch.

Zum Betreiben solarthermischer Anlagen ist in unseren Breitengraden der Wärmespeicher unerlässlich. Bei der Solarthermie müssen nicht nur Verbrauchsschwankungen kompensiert werden, sondern auch die wetterbedingten sowie tages- und jahreszeitlichen Schwankungen der Sonneneinstrahlung.

Die Vielzahl unterschiedlicher Wärme- bzw. Kältespeicher kann nach verschiedenen Kriterien gegliedert werden. Zwei wesentliche Kriterien sind:

- Nach der Zeitspanne, die zu überbrücken ist, in
 - Kurzzeitspeicher
 - Langzeitspeicher (Saisonalspeicher)
- Nach der Technik
 - Sensible Wärmespeicher
 - Latentwärmespeicher
 - Thermochemische Speicher

2.2.1 Kurzzeitspeicher

Kurzzeitspeicher speichern die Wärme / Kälte für wenige Stunden oder Tage. Im Rahmen der Trinkwassererwärmung oder Raumheizung werden überwiegend Wasserspeicher eingesetzt. Für die Kältespeicherung zur Raumklimatisierung werden zunehmend Latentwärmespeicher eingesetzt.

2.2.2 Langzeitspeicher

Der Langzeitspeicher speichert die saisonal anfallende Wärme oder Kälte. Für die Wärmespeicherung kommen hierfür zum Einsatz:

- Wasserspeicher mit großem Volumen, z. B. sehr große Tanks (freistehend oder im Erdreich) oder Aquiferspeicher. Bei Aquiferspeicher erfolgt die Speicherung im Grundwasser oder im porösen Gestein. Als Wärme- oder Kälteträger wird direkt das Grundwasser genutzt.
- Latentwärmespeicher
- Thermochemische Speicher

2.2.3 Sensible Wärmespeicher

Als „sensible Wärmespeicher“ werden gedämmte Speicher bezeichnet, bei denen das Wärmeträgermedium erwärmt, bzw. abgekühlt wird. Die Temperaturveränderung ist fühlbar.

Bei den sensiblen Wärmespeichern handelt es in der Regel um die herkömmlichen Warmwasserspeicher.

Die Konzeptstudie „Logistikhalle aus nachwachsenden Rohstoffen“ [SAL 1] enthält den Vorschlag, als Wärmespeicher den ohnehin erforderlichen Sprinklertank zu nutzen. Der Sprinklertank hat in der Konzeptstudie ein Volumen von 750 m³.

Im Umkehrschluss wäre daher zu prüfen, ob die evtl. ohnehin erforderlichen Wärmespeicher auch als Sprinklertank genutzt werden dürften (Abstimmung mit dem VDS erforderlich).

Wegen der vergleichsweise geringen Energiedichte des Wassers, erfordern die Warmwasserspeicher große Volumina. Es gibt aber auch andere Speichermedien, z. B. Kies-Wasser-Gemisch).

2.2.4 Latentwärmespeicher

Latentwärmespeicherung basiert auf der Ausnutzung der Energie, die beim Phasenübergang eines Stoffes zu- bzw. abgeführt werden muss, d. h. bei der Änderung des Aggregatzustandes von Eis zu Flüssigkeit, Flüssigkeit zu Gas und umgekehrt. Dieser reversible Prozess erfolgt ohne fühlbare Temperaturveränderung.

2.2.5 Thermochemische Speicher (Sorptionswärmespeicher)

Hygroskopische, stark poröse Stoffe (Silikagel oder Zeolith) haben die Eigenschaft, an ihrer großen inneren Oberfläche Wasserdampf aus der Umgebung anzulagern.

Im Sommer wird durch Wärmezufuhr das Speichermittel getrocknet (Desorption). Wird im Winter das Speichermedium schrittweise belüftet und damit Umgebungswasserdampf zugeführt, lagert sich dieser wieder an. Dabei wird Wärme abgeführt.

Speicherart	Energiedichte (kWh/m ³)	Speichermedien (Beispiele)	Arbeitstemperatur (°C)
Sensibel	ca. 60	Wasser	< 100
Latent	bis zu 120	Salzhydrate Paraffine	Ca. 30 - 80 Ca. 10 - 60
Thermochemisch	bis zu 200 - 500	Silikagele Zeolithe Metallhydride	Ca. 40 - 100 Ca. 100 - 300 Ca. 280 - 500
Tab. 2.2.5 / 01 Speicherarten und erzielbare Energiedichten [SOL 1]			

2.3 Verteilsystem für Wärme- bzw. Kälte

Alle Systeme mit zentraler sowie bereichsweiser dezentraler Wärme- bzw. Kälteerzeugung benötigen ein Wärme- bzw. Kälteverteilsystem. Dabei handelt es sich um Rohre bzw. Kanäle, durch die flüssige bzw. gasförmige Medien als Wärme- bzw. Kälteübertrager fließen. Insbesondere die Übertragung von gasförmigen Medien erfordert sehr große Kanalquerschnitte.

Für Systeme, bei denen die Wärme, bzw. Kälte erst vor Ort umgewandelt wird, müssen die entsprechenden Energieträger über Kabel (i. d. R. Strom) oder Rohre (Gas, Öl) an die kombinierten Wärmeerzeuger- und abgabesysteme herangeführt werden.

2.4 Abgabesysteme für Wärme- bzw. Kälte

Bei den Wärme- bzw. Kälteabgabesysteme gibt es eine Vielzahl an Realisierungsmöglichkeiten. Im Folgenden sollen die am häufigsten vorkommenden Systeme vorgestellt werden. Wärme- bzw. Kälteabgabesysteme können nach der Art der Wärmeübertragung eingeteilt werden in:

- Übertragung durch Wärmestrahlung
- Übertragung durch Luft / Konvektion (Wärmetransport)

Die thermische Behaglichkeit ergibt sich für den Menschen aus den beiden Einflussfaktoren „Lufttemperatur“ und „Strahlungstemperatur“. Die Raumtemperatur (auch Empfindungstemperatur genannt) wird durch den Mittelwert aus „Lufttemperatur“ und „Strahlungstemperatur“ ermittelt. Um gleiche Behaglichkeit zu empfinden besteht eine Wechselwirkung zwischen diesen beiden Größen. Bei geringerer Lufttemperatur muss die Oberflächentemperatur durch Strahlung höher sein, und umgekehrt. Um die Anforderungen an die thermische Behaglichkeit zu erfüllen, könnte es z. B. ausreichend sein, die umgebenden Flächen auf ca. 22 °C zu erwärmen. Für die Temperatur der Raumluft wären dann ggf. nur ca. 16 °C erforderlich.

2.4.1 Prinzip des Heizens bzw. Kühlens durch Strahlung

Feste Körper und Flüssigkeiten sind in der Lage Wärmestrahlen auszusenden und auch zu absorbieren. Zwischen Körpern / Gegenständen mit unterschiedlichen Temperaturen entsteht dadurch ein Strahlungsaustausch. Ein Wärmeträgermedium ist nicht erforderlich.

Wärmequellen geben immer ihre Energie durch Strahlung an Körper mit niedrigeren Temperaturen ab (Wärmesenke). Wenn die Infrarot-Strahlen auf einen kühleren Körper / Gegenstand auftreffen, werden dessen Oberflächen erwärmt. Umgekehrt geschieht dasselbe, d.h. die Oberflächentemperaturen der Körper / Gegenstände im Raum gleichen sich an. Für die Strahlungsflächen als Wärmequellen / Wärmesenken bieten sich sowohl die Decke, der Fußboden als auch die Wände an.

Heizen bzw. Kühlen durch Wärmestrahlung	
Vorteile	Nachteile
<ul style="list-style-type: none"> ▪ Wärme durch Strahlung mit gleichmäßigen Oberflächentemperaturen wird bei geringer Lufttemperatur als angenehm empfunden. ▪ Durch die geringe Lufttemperatur wird vermieden, dass sich warme Luft unter der Decke ansammelt. Das Temperaturgefälle zwischen Boden und Decke ist gering. ▪ Durch Strahlungsheizung entsteht kaum Luftumwälzung <ul style="list-style-type: none"> - Der Mensch hat nicht das Gefühl von Zug - Keine Staubaufwirbelung ▪ Durch die geringe Lufttemperatur sind die Wärmeverluste durch entweichende Raumluft – z.B. bei geöffneten Toren – relativ gering. ▪ Durch die Wärmestrahlung kann Kondensation vermieden werden, indem die Außenwände und die gelagerten Gegenstände erwärmt werden und deren Temperatur idealerweise über der Temperatur der Luft liegt. 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Zur Deckung des Wärmebedarfs reicht es nicht aus, wenige Strahler mit hoher Leistung zu installieren. Große Abstände führen zu großen Strahlungsasymmetrien. Einseitige intensive Strahlung sollte vermieden werden! Sie wird als unangenehm empfunden; von einer Seite „heiß“ von der anderen Seite „kalt“

Raumluft ist durchlässig für Wärmestrahlen. Die umgebende Luft wird nur indirekt erwärmt, und zwar über die erwärmten Oberflächen. Solange die Raumluft kühler ist, als die erwärmten Oberflächen wird auch ein geringer Konvektionsanteil gegeben sein.

2.4.2 Prinzip des Heizens bzw. Kühlens durch Konvektion

Unter Konvektion ist allgemein die Strömung von Molekülen oder Teilchen in Flüssigkeiten oder Gasen zu verstehen. Bei Wärmekonvektion tragen diese Moleküle oder Teilchen ihren Wärmeinhalt mit sich fort.

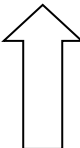

Wärmeträgermedium ist i. d. R. die Raumluft. Diese wird durch äußere Kräfte, wie z. B. durch Temperaturunterschiede (passive Konvektion) oder durch Gebläse (aktive Konvektion) an Wärmetauschern vorbeigeführt. Die erwärmte bzw. abgekühlte Luft wird dann im Raum verteilt. Die Wärme- bzw. Kälteleistung ist primär abhängig von der Gestaltung der Oberfläche des Wärmetauschers und dem Temperaturunterschied des Wärmeträgermediums gegenüber der Raumtemperatur.

Heizen / Kühlen durch Konvektion	
Vorteile	Nachteile
<ul style="list-style-type: none"> Sehr schnelle Aufheizung möglich Durch Außenluftanschlüsse kann das System als zusätzliches Frischluftsystem genutzt werden. 	<ul style="list-style-type: none"> Konvektion erfordert Übertemperaturen gegenüber der Raumlufttemperatur Die Luftumwirbelung bewirkt Staubaufwirbelung

2.4.3 Übergang der Systeme „Strahlung“ / „Konvektion“

Der Übergang zwischen den Systemen „Strahlung“ und „Konvektion“ ist fließend. Erwärmte Konvektoren geben auch Strahlung ab und Strahlungsquellen erzeugen auch Konvektion, solange die Raumlufttemperatur niedriger ist als die Temperatur der Strahlungsquelle.

Je heißer der abstrahlende Körper gegenüber der Raumlufttemperatur ist, desto mehr kann konvektiver Luftauftrieb an der Heizfläche erzeugt werden.

Anteil Strahlung steigt 	Deckenstrahlungsheizung	 Anteil Konvektion steigt
	Großflächenheizung (Boden, Wand, Decke)	
	Konvektoren passiv (Flächenheizkörper / Radiatoren)	
	Konvektoren aktiv (Warmluftheizung / Fan Coils)	
	Warmluftheizung (Warmluft von außen zugeführt)	

Tab. 2.4.4 / 01	Konvektive und strahlende Heizsysteme (in Anlehnung an [FHB 1])
-----------------	---

2.4.4 Systeme mit überwiegend Strahlungsanteil

2.4.4.1 Deckenstrahlung

Die Deckenstrahlungssysteme werden i. d. R. als Heizsysteme in höheren Räumen (ab ca. 4 m Raumhöhe) eingesetzt. Typische Einsatzbereiche sind u. a. Fertigungs- und Lagerhallen. Bei geringen Raumhöhen wird die Erwärmung in der Nähe des Kopfbereiches als unangenehm empfunden.

Bei Deckenstrahlungsheizungen gibt es grundverschiedene Bauarten. Sie können unterschieden werden nach

- dem Energie- bzw. Wärmeträger (mit flüssigem Wärmeträgermedium, mit Elektroenergie oder mit Gas bzw. Öl betrieben),
- in direkt und indirekt betriebene Systeme (siehe Kap. 2.1.1).
- nach dem Temperaturbereich der Strahlungsquelle,
- nach der emittierten Wellenlänge der Wärmestrahlung,
- bei mit Öl oder Gas betriebenen Systemen, aber auch bei mit elektrischer Energie betriebenen Systemen in Hell- und Dunkelstrahler.

Deckenstrahlssysteme arbeiten in der Regel mit sehr hohen Temperaturen. Bei der Auslegung der Anlage ist daher die Ausstrahlung der einzelnen Geräte zu beachten. Bei korrekter Planung müssen die Wärmeabgabesysteme mit angemessener Leistung bedarfsgerecht verteilt werden. Würden wenige Strahler mit hohen Leistungen installiert werden, würde dies zu unangenehmen Strahlungsasymmetrien führen.

Deckenstrahlssysteme sind modular aufgebaut. Bei unterschiedlichen Arbeitssituationen können unterschiedliche Temperaturen realisiert werden.

2.4.4.1.1 Dezentrale Infrarotheizung / Infrarotstrahler

IR-Strahler und IR-Heizungen sind direkt betriebene Systeme. Die Energiezufuhr kann über Elektroenergie, über Gas und in Ausnahmefällen auch über Öl erfolgen. Neben der Art der Energiezufuhr können die IR-Strahler unterteilt werden in Hellstrahler und Dunkelstrahler.

- Sowohl bei elektrisch betriebenen Strahlern als auch bei Strahlern, die mit Gas beheizt werden, erzeugen die Heizelemente sowie die Flammen der Gasbrenner neben Wärmewellen auch Lichtwellen in Form von sichtbarem Licht.
Bei Hellstrahlern besteht freie Sicht auf die Heizelemente bzw. Flammen.
- Bei Dunkelstrahlern sind die Heizelemente bzw. Flammen abgedeckt. Sie sind damit für das menschliche Auge nicht sichtbar, daher „dunkel“.

Neben dem Unterschied zwischen sichtbaren und nicht sichtbaren Wärmequellen gibt es weitere Unterschiede zwischen Hell- und Dunkelstrahlern:

- Dadurch, dass bei Hellstrahlern die Wärmequellen offen liegen, besteht Verbrennungsgefahr. Wegen der Abdeckung ist dies bei Dunkelstrahlern nicht möglich.
- Hellstrahler arbeiten in einem wesentlich höheren Temperaturbereich als Dunkelstrahler.

Gasbetriebene Heizstrahler

- Hellstrahler

Hellstrahler werden über einen atmosphärischen Brenner mit einem brennbaren Gas (Erdgas, Flüssiggas) direkt beheizt. Durch die offene Verbrennung verbleiben die Abgase im Raum; d. h. Hellstrahler benötigen kein Abgassystem.

Hellstrahler erfordern nur sehr kurze Aufheizzeiten. An der Oberfläche der Hellstrahler können Temperaturen bis zu 950 °C auftreten.

Einsatzbereich:

Hellstrahler sind besonders zur Beheizung von schlecht gedämmten Räumen geeignet. Sie sind leicht zu montieren und eignen sich dank hoher Wärmeleistung optimal für Hallen mit hoher Deckenhöhe, d. h. wegen der hohen Temperaturen für Höhen über 6 m.

Wegen der hohen Strahlertemperaturen sind die Abstände zu empfindlichen Lagergütern zu beachten.

- Dunkelstrahler

Dunkelstrahler verbrennen wie Hellstrahler ein Gas-Luftgemisch. Während aber im Hellstrahler die Verbrennung offen ist, erfolgt im Dunkelstrahler die Verbrennung in einem geschlossenen Strahlrohr. Daher ist die Verbrennung nicht sichtbar. Die Abgase müssen abgeführt werden.

Dunkelstrahler werden nach Bauart unterschieden in „Strahlungsbänder“ und „Einzelstrahler“. Der Aufbau eines Dunkelstrahlers als Strahlungsbänder besteht aus

- der Gaszuleitung
- einem Brenner
- einem Ventilator, der die Flamme in das Strahlungsrohr drückt
- einem Strahlungsrohr
- einem Reflektor, der darüber angeordnet ist und die Wärme in die zu beheizenden Bereiche lenkt.
- dem Abgassystem

Je nach Bauart beträgt die Oberflächentemperatur des Strahlers 200°C bis 650°C. Dunkelstrahler erfordern nur kurze Aufheizzeiten und sind gut regulierbar.

Einsatzbereich:

Isolierte Systeme können ab ca. 4 m eingesetzt werden; punktgenaue und angenehme Strahlungswärme für mittelhohe bis hohe Hallen. Keine Abgase in der beheizten Halle, da diese über die Hallendecke abgeleitet werden.

Elektrische IR-Heizstrahler

Elektrische IR-Strahler gibt es als Hell- und als Dunkelstrahler. Die Infrarotstrahlung befindet sich im Wellenlängenbereich zwischen 780 Nanometern und 1.000.000 Nanometer. Innerhalb dieses breiten Spektrums haben die unterschiedlichen Wellenlängen auch unterschiedliche Eigenschaften. Je niedriger die Temperatur des Heizelements ist, desto geringer ist der IR-Anteil und desto länger ist die Wellenlänge; der Anteil an sichtbarem Licht geht gegen null. Langwellige Wärmestrahlen werden als „weiche“ Strahlen empfunden.

Der Wellenlängenbereich wurde daher in drei Kategorien unterteilt:

- Kurzwelliges IR IR-A 780 bis 1.400 Nanometer
- Mittelwelliges IR IR-B 1.400 bis 3.000 Nanometer
- Langwelliges IR IR-C 3.000 bis 1.000.000 Nanometer

Durch zielgerichtete Auswahl der Materialien für die Heizelemente können die Heizstrahler auf bestimmte Wellenbereiche ausgelegt werden.

- Für großflächige, gleichmäßige Beheizung von Gebäuden kommen Infrarotheizungen zum Einsatz, die langwellige IR-C-Strahlung emittieren, z. B. Keramikstrahler.
- Für gezieltes Beheizen bestimmter Bereiche und für den Einsatz im Freien kommen Infrarotstrahler zum Einsatz, die mittelwellige IR-B-Strahlung bis kurzwellige IR-A-Strahlung emittieren, z. B. Quarzstrahler.

2.4.4.1.2 Deckenstrahlplatten, Zentral beheizte Infrarotheizung

Deckenstrahlplatten werden, über ein zentral erwärmtes Wärmeträgermedium (i. d. R. Warmwasser, aber auch Dampf) indirekt beheizt. Sie sind damit Bestandteil des Wärmeabgabesystems im Zusammenhang mit einem zentralen Wärmeerzeugungs- und verteilungssystem. Die Deckenstrahlplatten sind an einen Vor- und einen Rücklauf für das Wärmeträgermedium

angeschlossen. Die Wärmeenergie, die über das Wärmeträgermedium zugeführt wird, gibt eine Deckenstrahlplatte im Wesentlichen in Form von IR-Strahlung ab.

Der Aufbau von Deckenstrahlplatten besteht im Prinzip aus:

- Profilblechen als sichtbare Deckschicht von unten
- Eingeschweißten Rohren für den Mediendurchfluss
- Der Wärmedämmung zur Decke hin

Deckenstrahlplatten können durch Zusammenfügen einzelner Platten zu langen Bändern zusammengefügt werden.

Die maximale Temperatur der Strahler ist durch die Vorlauftemperatur des Wärmeträgermediums begrenzt. Wegen der relativ geringen Oberflächentemperaturen sind im Vergleich mit anderen Deckenstrahlungsheizungen große Flächen erforderlich. Sie erfordern daher auch einen hohen Montageaufwand.

Umgekehrt können die Strahlerflächen bei niedrigen Wasser-Vorlauftemperaturen – abhängig vom Wärme- / Kälteerzeugersystem - auch zur Kühlung genutzt werden.

2.4.4.2 Großflächen-Systeme

(Heizen / Kühlen über Fußboden, Wand, oder Decke)

Die aus dem Wohnungsbau bekannteste Großflächenheizung ist die Fußbodenheizung, die mit Warmwasser oder Strom beheizt wird. Aus der Büroraum-Beheizung, insbesondere bei Verwaltungsgebäuden, ist die Deckenheizung bekannt. Daneben wird in den letzten Jahren aber auch die großflächige Beheizung über Wand publiziert.

Bei den meisten Wärmeabgabesystemen fließt ein Wärmeträgermedium (i. d. R. Wasser) durch Rohrschlangen (bei Fußbodenheizung). bzw. durch Kapillare (bei der Wand und Deckenheizung). Die Rohre sind bei der Fußbodenheizung oberhalb der Betonplatte in oder unter den Estrich eingebaut. Die Kapillare sind bei der Deckenheizung unter die Betondecke, oberhalb einer abgehängten Decke verlegt und bei der Wandheizung in den Putz.

Eine Weiterentwicklung dieser Systeme ist die „Betonkernaktivierung“, auch „Bauteilaktivierung“ oder „Bauteiltemperierung“ genannt. Die Betonkernaktivierung unterscheidet sich von den oben genannten Systemen insbesondere durch die Lage der wasserdurchflossenen Rohre. Diese werden bei der Betonkernaktivierung i. d. R. direkt in den Beton der Bodenplatte bzw. der Rohdecke integriert. Dadurch wird die Speicherkapazität der Betonbauteile aktiviert.

Aufgrund der hohen statischen und dynamischen Lasten, die in Gewerbe- und Industriebauten, insbesondere in den Lagerhallen auftreten können, sind dort klassische Fußbodenheizungen nur bedingt einsetzbar. Eine Betonkernaktivierung der Bodenplatte ist dagegen problemlos möglich:

- Bei der Planung des Fußbodenaufbaus mit Betonkernaktivierung können die Nutzlasten vom Statiker entsprechend berücksichtigt werden. Bei richtiger Dimensionierung werden die Rohre durch die Lasten auf die Betonplatte nicht beansprucht.
- Bei der Festlegung der Höhenlage der Rohre innerhalb der Betonplatte sind die erforderlichen Verankerungen für Einbauten, wie z.B. Regale, Maschinen u.s.w. und deren Bohrtiefe zu beachten.
- Wärmeverluste durch die Bodenheizung an das Erdreich können durch folgende Maßnahmen reduziert werden:

- thermische Entkoppelung der beheizten Bodenplatte durch eine vollflächig verlegte Wärmedämmung
- Wärmedämmung eines Randstreifens (Breite bis zu max. 5 m)
- Wirkung des Erdreichs als Wärmelinse, d. h. das Erdreich wird als zusätzlicher Wärmespeicher genutzt.

Betonkernaktivierung	
Vorteile	Nachteile
<ul style="list-style-type: none"> ▪ Der Einbau der Rohre in die Bodenplatte führt kaum zu einer Veränderung der Baukonstruktion ▪ Flächentemperierung, die mit niedrigen Vorlauftemperaturen betrieben wird (Sommer 18°C, Winter 26°C). ▪ Ideal in Verbindung mit regenerativen Wärmequellen, insbesondere Geothermie in Verbindung mit einer Wärmepumpe. ▪ Geringer Montageaufwand ▪ Das Wärmeabgabesystem ist praktisch wartungsfrei ▪ Gegenüber dem Einbau einer Deckenheizung kann die Dachkonstruktion vereinfacht werden, da störende Installationen im Dachbereich entfallen ▪ Die Flächenheizung kann auch zur Kühlung herangezogen werden ▪ Lange Lebensdauer (mehr als 50 Jahre) gegenüber alternativen Heizsystemen 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Der Einbau beschränkt sich auf Neubauten. ▪ Aufgrund der großen thermischen Masse ist eine genaue Temperaturregelung kaum möglich.

2.4.5 Systeme mit überwiegend Konvektionsanteil

2.4.5.1 Systeme mit überwiegend passiver Konvektion

Die bekanntesten Systeme mit überwiegendem Anteil an passiver Konvektion sind die konventionellen Heizungen, wie sie aus dem Wohnungsbau und aus Bürogebäuden bekannt sind. Die Wärmeabgabesysteme sind die Heizkörper, die an einen Heizwasserkreislauf angeschlossen sind.

Der Konvektionsanteil wird durch Lufterwärmung in der Nähe eines Heizkörpers bewirkt. Die Luft dehnt sich aus und steigt wegen ihrer reduzierten Dichte nach oben. Sie strömt an der Decke entlang in Richtung gegenüberliegender Wand. Auf diesem Weg gibt sie Wärme an die umgebenden Objekte ab, wie z. B. an Decke und Wand. Durch die Abkühlung sinkt die Luft wieder ab und strömt von unten zurück in Richtung der Heizkörper. Hier wird sie dann aufs Neue erwärmt. Mit zunehmender Temperaturdifferenz zwischen Heizkörper und Raumluft und mit zunehmender Kontaktfläche steigt der Konvektionsanteil, bzw. sinkt der Strahlungsanteil.

Im Industriebau werden Heizkörper nur in kleineren Räumen, wie z. B. in Büroräumen u. ä. eingesetzt. Dabei werden sie in der Regel unter den Fenstern platziert, um die vom Fenster abströmende Luft zu erwärmen. Für größere Hallen sind Heizkörper ungeeignet.

Die Heizkörper werden nach ihrer Bauform unterschieden in:

- Radiatoren Sie bestehen aus einzelnen Rippen aus Guss oder Stahl.
Strahlungsanteil je nach Bauweise 20 – 40%
- Plattenheizkörper
(Flachheizkörper) Sie bestehen aus einer oder mehreren Heizplatte(n) und dazwischen
angeordneten Konvektionsblechen.
Strahlungsanteil je nach Bauweise 20 – 55%
- Konvektoren Sie bestehen aus Rippenrohren. Diese sind in einer Verkleidung als
Luftschacht untergebracht.
Strahlungsanteil < 15%
Konvektoren werden aufgrund ihrer niedrigen Bauform häufig bei
bodentiefen Fenstern eingesetzt. Zur Verbesserung der Leistung können
Konvektoren mit Gebläse ausgestattet werden. Es sind dann
Wärmeabgabesysteme mit aktiver Konvektion (siehe unten)

Konvektion kann aber auch in umgekehrter Richtung erfolgen. Wird die Luft abgekühlt, z. B. durch kalte Fenster, sinkt sie nach unten. Die Strömungsrichtung der Luftwalze wäre dann genau umgekehrt. In entsprechender Ausführung können Konvektorensysteme auch zum Kühlen eingesetzt werden.

2.4.5.2 Systeme mit überwiegend aktiver Konvektion

Aktive Konvektion bedeutet, dass die Bewegung der Luft zur Wärme- / Kälteübertragung nicht nur infolge Thermik erfolgt, sondern dass diese Luft mit mechanischer Unterstützung mittels Ventilatoren / Gebläsen in den Raum eingeblasen wird. Dadurch wird die temperierte Luft gut und schnell im Raum verteilt.

Bei den Systemen mit aktiver Konvektion ist der Übergang von Warmluftheizungen bis zur Klimaanlage fließend. Soweit die Systeme die Funktion der Lüftung erfüllen (Erneuerung der Raumluft durch direkte oder indirekte Zuführung von Außenluft), zählen sie zu den Lüftungstechnischen Anlagen (siehe Kap. 2.4.6).

Die Systeme werden nach ihrer Luftzufuhr unterschieden in Systeme mit

- Umluft
- Außenluft
- Mischluft (Außenluft und Umluft wird gemischt)

Ferner wird noch unterschieden nach Systemen mit oder ohne Filterung und Systemen mit oder ohne Wärmerückgewinnung.

Zu den Systemen zur Wärme- oder Kälteübertragung mit aktiver Konvektion gehören z. B.

- Gebläsekonvektor (Fan-Coil)
- Torluftschleier
- Warmluftheizung zur Hallenbeheizung

Gebläsekonvektor (Fan-Coil)

Gebläsekonvektoren werden an eine zentrale Heiz- bzw. Kühlwasserversorgung angeschlossen. Die wichtigsten Baugruppen eines Gebläsekonvektors sind der Wärmetauscher und der Ventilator. Je nach gewünschter Raumtemperatur fließt Heiz- oder Kühlwasser durch den Wärmetauscher.

Gebläsekonvektoren gibt es in unterschiedlichen Ausführungen; z. B. als Wandkonvektoren oder auch als Unterflurkonvektoren. Sie werden in Räumen, insbesondere in Büros eingesetzt, wo schnell eine individuelle Raumkonditionierung verlangt wird.

Torluftschleier

Torluftschleier werden in Logistikhallen insbesondere im Warenein- und Warenausgang eingesetzt. In unseren Breitengraden soll primär das Eindringen von kalter Luft durch die häufig offen stehenden Tore verhindert werden. Sie dienen aber auch umgekehrt gegen das Eindringen von warmer Luft.

Durch kräftige Gebläse werden die unterschiedlichen Luftmassen von Außen und Innen voneinander getrennt. Mit Luftschleieranlagen können deutliche Einsparungen bei den Energiekosten erzielt werden



Abb.: 2.4.5 / 01 Tor-Luftschleier, z. B. im Wareneingang / Warenausgang [HLH 1]

Warmluftheizung

Warmluftheizungen dienen der Beheizung und Lüftung von Hallenbauten. Je nachdem ob die Luft indirekt oder direkt temperiert wird, wird unterschieden in:

- Lufterhitzer (indirekt befeuert)
- Warmlufterzeuger (direkt befeuert)

Die Begriffe „Warmluftheizung“, „Lufterhitzer“ und „Warmlufterzeuger“ sind aber in vielen Fällen irreführend, da diese Anlagen – unter bestimmten Voraussetzungen – auch zur Luftkühlung eingesetzt werden können.

Lufterhitzer und Warmlufterzeuger bestehen im Wesentlichen aus einem Stahlblechgehäuse mit einem Wärmetauscher bzw. Heizregister. An der Lufteingangsseite wird mittels Ventilator / Axialgebläse Luft angesaugt und über eine Einlaufdüse durch den Wärmetauscher bzw. das Heizregister geleitet. Auf der Luftausgangsseite wird die Luft über einstellbare Lamellen in den Raum geleitet.

- Frischluftansaugung erfolgt von der Seite durch die Wand,
- Die Ansaugung der Umluft erfolgt von unten
- die Einblasung in die Halle erfolgt waagrecht von der Wand aus.
- Durch Einblasen in einen Luftkanal kann das Gerät somit zur echten Lüftungsanlage werden.

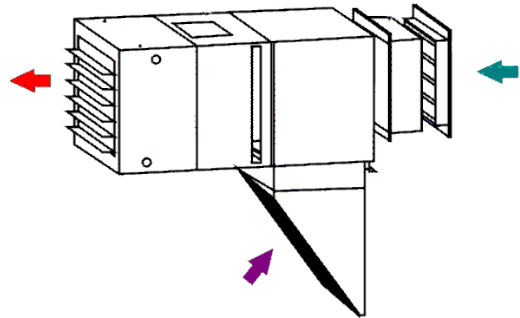


Abb. 2.4.5 / 02 Beispiel für einen Wand-Lufterhitzer mit Warmwasser

Lufterhitzer sind indirekt befeuert:

Der Wärmetauscher hat Anschlüsse an den Warmwasservor- und rücklauf. Lufterhitzer können an der Decke, werden aber in der Regel an den Wänden angebracht.

Lufterhitzer (Pumpenwarmwasser-Warmluftsysteme)	
Vorteile	Nachteile
<ul style="list-style-type: none"> ▪ Mit dem Wärmeträgermedium „Wasser“ können große Wärmemengen bei relativ kleinen Rohrquerschnitten transportiert werden. ▪ Wird kaltes Wasser durch das System gedrückt, kann die Anlage zum Kühlen verwendet werden. 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Hoher Wärmeverlust auf dem Transportweg von der Heizung zum Lufterhitzer

Warmlufterzeuger sind direkt befeuert:

Warmlufterhitzer haben im Gegensatz zum Lufterhitzer eine eigene Wärmequelle.

- Bei Gas- oder Öl-betriebenen Warmlufterzeugern werden die heißen Abgase durch die Wärmequelle geführt.
Zu beachten ist, dass bei Gas- oder Öl-betriebenen Warmlufterzeugern für jedes einzelne Gerät eine eigene Abgasanlage erforderlich wird.
- Bei elektrisch betriebenen Warmlufterzeugern wird ein Heizregister beheizt.

Zur Erhöhung der Wirtschaftlichkeit werden bei direkt befeuerten Warmlufterzeugern Wärmerückführungssysteme eingesetzt. Durch vertikale oder horizontale Zirkulation der Raumluft gelangt die warme Luft aus dem Deckenbereich zurück in den Aufenthaltsbereich.

Warmluftheizungen bieten sich für Hochregallager an. Die Effizienz von Warmluftheizungen hängt in Hochregallagern primär von der Luftführung ab. Über die Höhe muss eine gleichmäßige Temperaturverteilung erzielt werden, damit auch in den oberen Hallenbereichen die Temperatur nicht zu hoch wird.

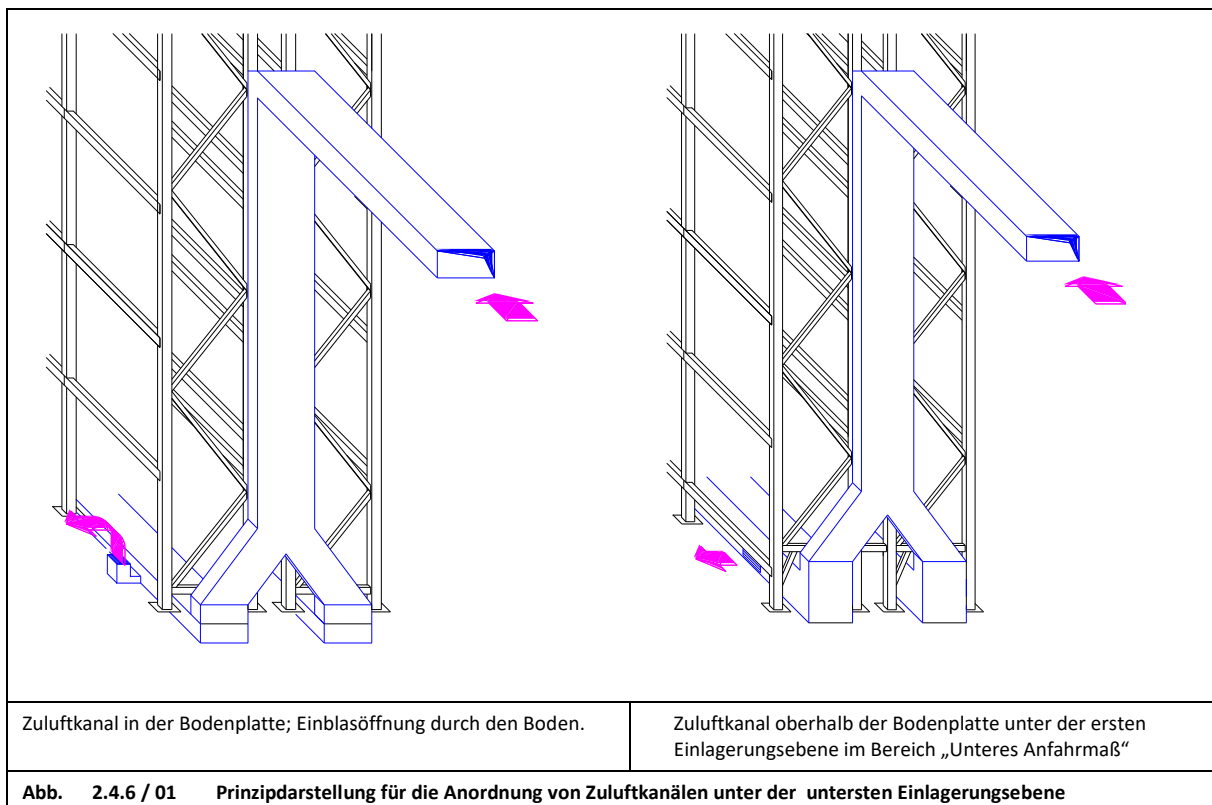
Regale sind trennende Einbauten. Durch sie wird die Luftführung begrenzt. Gestalt und Anordnung der Regale bestimmen die Form der Luftströme.

2.4.6 Lüftungstechnische Anlagen und Klimaanlagen

Alle oben beschriebenen Systeme, bei denen das Medium Luft unter anderem auch für die Funktion „Belüften / Entlüften“ verwendet wird, sind raumluftechnische Anlagen.

Lüftungstechnische Anlagen erneuern die Raumluft durch Belüftung und Entlüftung. Sie können mit zusätzlichen Einrichtungen zur Filtrierung, Befeuchtung, Trocknung, Kühlung oder Erwärmung der Raumluft versehen sein. Klimaanlagen sind lüftungstechnische Anlagen, welche die Lufttemperatur und die Luftfeuchtigkeit in einem Raum selbsttätig auf vorgegebenen Werten halten. Filtereinrichtungen sorgen für die Reinigung der Zuluft.

Lüftungstechnische Anlagen sind erforderlich, wenn die natürliche Be- und Entlüftung nicht ausreichend gewährleistet werden kann. Sie können aber auch notwendig werden, wenn bedingt durch die Lagergüter entsprechende Anforderungen an die Luftqualität gestellt werden. Derartige Anforderungen können sich z. B. ergeben, wenn Kondensation infolge von Temperaturdifferenzen vermieden werden muss, oder wenn die Luftfeuchte nach oben oder unten begrenzt werden muss, um z. B. ein Quellen, Faulen oder Austrocknen des Lagergutes zu vermeiden.



Raumluftechnische Anlagen können unterteilt werden in dezentrale und zentrale Anlagen.

- Im einfachsten Fall besteht eine Raumluftechnische Anlage aus einem Gebläse in einer Außenwand und einem Auslassgitter in der gegenüberliegenden Außenwand. Das Gebläse saugt Außenluft an und bläst es als Zuluft in den Raum. Die verbrauchte Abluft strömt durch das Auslassgitter als Fortluft ins Freie.
- Anlagen mit zentraler Luftkonditionierung und Verteilung über Luftkanäle kommen dann zum Einsatz, wenn die Verwendung von Einzelgeräten nicht mehr möglich ist. Im Zusammenhang mit der Planung intralogistischer Systeme sind insbesondere diese Systeme zu beachten, weil große Luftvolumina durch diese Lüftungskanäle transportiert werden müssen. Der Platzbedarf für die Kanäle bereitet bei der Planung häufig Probleme.

2.4.6.1 Wärmerückgewinnung

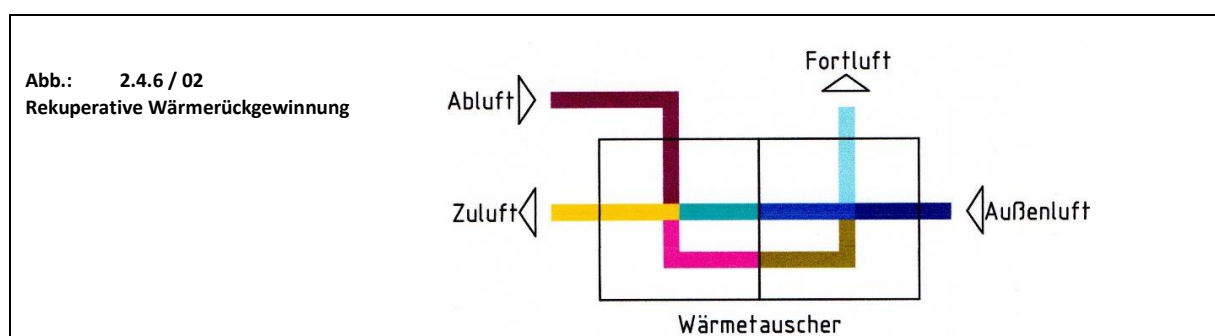
Wärmerückgewinnung ist ein Sammelbegriff für Systeme, die abströmenden Massen thermische Energie entziehen um diese Energie wieder nutzen. Die thermischen Massen sind i. d. R. Luft oder Wasser. Bei vielen industriellen Prozessen fällt Abwärme an. Diese Abwärme könnte z. B. mittels Wärmepumpe auf ein anders Temperaturniveau gefördert werden und für andere Zwecke (z. B. Heizen / Temperieren) genutzt werden.

In Lüftungssystemen, in denen die Heiz- bzw. Kühlluft durch Luftkanäle geführt wird, kann durch die Temperatur der Fortluft die angesaugte Außenluft entsprechend vorgekühlt oder vorgewärmt werden. Zur Energierückgewinnung aus Lüftungssystemen gibt es verschiedene Verfahren:

- Rekuperatives Verfahren
- Regeneratives Verfahren
- Direkte Luftbeimischung

Rekuperatives Verfahren

Nur die Temperatur wird der Abluft entzogen und auf die Zuluft übertragen. Die Luftströme sind dabei voneinander getrennt. Die Energieübertragung erfolgt über Wärmetauscher, z. B. Plattenwärmetauscher oder Röhrenwärmetauscher.



Regeneratives Verfahren

Der Abluft wird nicht nur Wärme, sondern auch Feuchte entzogen und auf die Zuluft übertragen. Dabei besteht direkter Kontakt zwischen den beiden Luftströmen, z. B. über Rotations-Sorptionsgeneratoren.

Rotations-Sorptionsgeneratoren bestehen aus einem hygroskopisch beschichteten Wärmerad. Das Wärmerad rotiert durch den Zuluft- und den Abluft-Wärmestrom. Durchläuft es die Abluft wird z. B. Wärme und Feuchte aufgenommen. Dies wird anschließend an die kalte und trockene Zuluft abgegeben.

Die blauen und roten Pfeile symbolisieren die kalten und warmen Luftströme

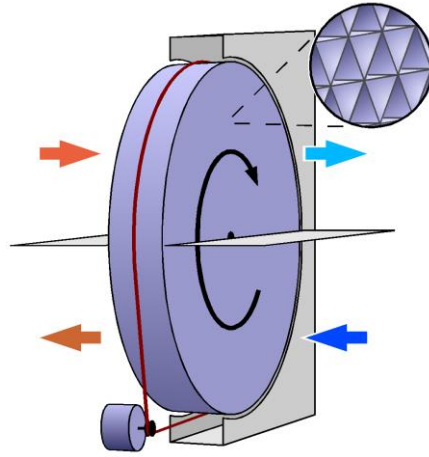


Abb.: 2.4.6 / 03 Rotationswärmeübertrager (schematische Darstellung) [Wikipedia]

Direkte Luftbeimischung

Ein Teil der Abluft wird abgezweigt und der Zuluft direkt als Umluft beigemischt.

2.4.7 Gegenüberstellung der Systeme und Resümee

2.4.7.1 Gegenüberstellung gemäß diverser Veröffentlichungen

In einer Internetveröffentlichung stellt die Verbundnetz Gas AG [VNG 1] zum wirtschaftlichen Vergleich der Systeme eine Modellrechnung vor. Basis dieser Modellrechnung ist eine Musterhalle mit folgenden Parametern:

- | | |
|---|---------------------------|
| ▪ Abmessungen der Halle (Länge x Breite x Höhe) | 60 x 24 x 7,5 m |
| ▪ Mittlerer Wärmedurchgangskoeffizient U | 0,94 W / m ² K |
| ▪ Empfindungstemperatur | 18 °C |
| ▪ Niedrigste Außentemperatur | -15 °C |
| ▪ Luftwechselrate | 0,33 m ³ / h |

Die angegebenen Investitionskosten (in €) enthalten – soweit erforderlich - :

- Kosten für das Heizsystem
- Montage der Wärmeübertrager
- Kessel / Heizrauminstallation
- Schornstein / Abgassystem

Die angegebenen jährlichen Verbrauchs und Betriebskosten (in € / a) enthalten:

- Verbrauchsgebundene Kosten
- Betriebsgebundene Kosten





Die nachfolgend angegebenen Werte sind Zirkawerte in Anlehnung an o. g. Veröffentlichung.

Heizsysteme	Warmluft- heizung	Hell- strahler	Dunkel- strahler	Strahl- platten- heizung	Fußboden- heizung
Investitionskosten je m ² (€/m ²) inkl. Heizzentrale	15	19	15	80	53
Verbrauchs- und Betriebskosten pro Jahr und je m ² (€/a m ²)	5,58	4,17	3,96	4,8	4,85
Tab.: 2.4.7 / 01 Verbrauchs- und betriebsgebundene Kosten der Heizsysteme für eine Modellhalle (in Anlehnung an [VNG 1])					

Diese Werte sind zu relativieren:

- Die Systeme haben zum Teil sehr unterschiedliche Lebensdauern; bei dem Wärmeabgabesystem für Betonkerntemperierung kann man von ca. 50 Jahre ausgehen.
- Die EnEV 2009 fordert für zukünftig erstellte Gebäude eine deutlich höhere Wärmedämmung. Mit sinkendem Wärmebedarf ergeben sich Vorteile für Systeme mit niedriger Einspeisetemperatur.

In einer weiteren Internetveröffentlichung stellt der Bundesverband der deutschen Gas- und Wasserwirtschaft „Wärmeluftheizer“ und „Deckenstrahlungsheizungen“ [BGW 1] gegenüber:

Systeme	Wärmeluftheizer		Strahlungsheizung	
	direkt 	indirekt 	Hellstrahler 	Dunkelstrahler 
Eigenschaften				
Anlagenwirkungsgrad	gut	geringer	sehr gut	sehr gut
Hilfsenergiebedarf	erheblich	erheblich	sehr gering	gering
Geräusche	vorhanden	vorhanden	keine	vorhanden
Luftbewegung	ja	ja	nein	nein
Lufterneuerung	möglich	möglich	nicht möglich	nicht möglich
Aufheizzeit	kurz	lang	sehr kurz	kurz
Teilbereichsheizung	bedingt möglich	bedingt möglich	möglich	möglich
Beheizung von Räumen mit leicht entzündbaren Stoffen	bedingt möglich	möglich	bedingt möglich	bedingt möglich
Tab.: 2.4.7 / 02 Gegenüberstellung „Wärmeluftheizer“ zu „Deckenstrahlungsheizungen“ [BGW 1]				

2.4.7.2 Resümee

Direkt befeuerte Heizgeräte sind sehr wirtschaftliche Hallenheizsysteme. Sie sind immer anwendbar, wenn es keine besonderen Anforderungen bezüglich Ex-Schutz gibt. Sie sind aber wegen ihrer hohen Oberflächentemperaturen für Hochraumlager und Hochregallager und der damit gegebenen Nähe zum Lagergut und zum Regalbediengerät nur bedingt geeignet.

Dem Nachteil der relativ hohen Investition für indirekt beheizte Systeme, die mit Wasser als Wärmeträgermedium betrieben werden, (Strahlplattenheizung, Fußbodenheizung sowie indirekt beheizte Wärmeluftheizer) steht der Vorteil gegenüber, dass sie ohne große Mehraufwendungen

durch entsprechende Auslegung auch als Kühltssystem verwendet werden können. Bei direkt beheizten Systemen wäre das Kühltssystem als zusätzliche Investition zu berücksichtigen.

Die EnEV 2009 schreibt für den Neubau von Wohn- und Nichtwohngebäuden einen Mindestanteil erneuerbarer Energien zur Kompensation des Wärmeenergiebedarfs vor. Zulässige Ersatzmaßnahmen sind z.B. die Reduzierung des Primärenergiebedarfs durch Erhöhung des baulichen Wärmeschutzes, durch Kraft-Wärme-Kopplung oder durch Abwärmenutzung.

Die indirekt beheizten Niedrigtemperatur-Heizsysteme (wie z. B. Betonkerntemperierung) sind ideal geeignet für die Nutzung erneuerbarer Energien z. B. der Solarwärme, insbesondere aber der Geothermie durch Wärmepumpe als auch für die Nutzung industrieller Abwärme.

Nach einer Veröffentlichung der Uponor Anwendungstechnik [GÜN 1] läuft z. Z. eine Studie an der TU Dresden in Vorbereitung der EnEV 2012, in der die verschiedenen Hallenheizsysteme auf Basis thermischer Simulationen neu bewertet werden. Die bereits vorliegenden Ergebnisse zeigen, dass Deckenstrahlplatten und Fußbodenheizungen unter bestimmten Voraussetzungen (wie z. B. baulicher Wärmeschutz und angepasste Betriebsführung des Heizsystems) fast ebenso gute Bewertungen erzielen, wie die anderen Heizsysteme.

3 BELEUCHTUNG

3.1 Normen und Regelwerke

Um die arbeitsplatzbedingten Anforderungen an die Sehaufgaben zu erfüllen (z. B. das Arbeiten am Bildschirm, das Lesen von Kommissionieraufträgen, das Identifizieren und Zählen von Kleinteilen beim Kommissionieren, u. s. w.), insbesondere aber um die Sicherheit am Arbeitsplatz zu gewährleisten, gibt es eine Vielzahl an Anforderungen an die Beleuchtung von Arbeitsstätten. Diese Anforderungen sind in verschiedenen Regelwerken beschrieben:

- | | |
|--|---|
| ▪ Technische Regeln für Arbeitsstätten ASR A 3.4 | Beleuchtung |
| ▪ BGR 131 | Natürliche und künstliche Beleuchtung von Arbeitsstätten; |
| ▪ BGR 131-2, Kapitel 5 | Künstliche Beleuchtung von Arbeitsplätzen in Innenräumen |
| ▪ DIN 5034 | Tageslicht in Innenräumen |
| ▪ DIN 5035 | Beleuchtung mit künstlichem Licht
(Teilweise ersetzt durch DIN EN 12464 und 12465) |
| ▪ DIN EN 12464 | Licht und Beleuchtung;
Beleuchtung von Arbeitsstätten |
| ▪ DIN EN 12464-1 | Teil 1: Arbeitsstätten in Innenräumen |
| ▪ DIN EN 12665 | Licht und Beleuchtung;
Grundlegende Begriffe und Kriterien für die Festlegung von Anforderungen an die Beleuchtung |
| ▪ VDI 6011 | Optimierung von Tageslichtnutzung und künstlicher Beleuchtung |

Das Regelwerk „Technische Regeln für Arbeitsstätten ASR A 3.4“ beruht auf der BGR 131, Teil 2. In dieser ASR wird darauf hingewiesen, dass die ASR in Einzelfällen von den Normen, insbesondere von DIN EN 1264-1:2003 und DIN EN 1264-2:2007 abweicht. Es wird damit begründet, dass die Normen Planungsgrundlagen für Beleuchtungsanlagen festlegen, sie berücksichtigen aber nicht die Anforderungen, die an Sicherheit und Gesundheitsschutz der Beschäftigten bei der Arbeit zu stellen sind.

Anmerkung:

Unter der Abkürzung „ASR“ gibt es zwei Regelwerke, die nicht miteinander verwechselt werden dürfen!

Das neue Regelwerk Technische Regeln für Arbeitsstätten	Das alte Regelwerk Arbeitsstättenrichtlinien
z. B. ASR A3.4 (Ausgabe April 2011)	Seit Aug. 2004 gibt es eine neue Arbeitsstättenverordnung. Gemäß Leitlinie zur Arbeitsstättenverordnung werden die Arbeitsstättenrichtlinien (ASR) längstens bis 2010 als fortgeltend benannt.

Während die Versorgung mit Tageslicht insbesondere Bestandteil der Gebäudeplanung ist (z. B. angemessene Dimensionierung von Fenstern bzw. Oberlichtöffnungen in Dachflächen), gehört die künstliche Beleuchtung in Innenräumen zur Technischen Gebäudeausrüstung.

3.2 Künstliche Beleuchtung von Arbeitsstätten in Innenräumen

Tageslicht steht nicht immer in ausreichendem Maße zur Verfügung. Die Arbeitsstätten müssen daher mit angemessener künstlicher Beleuchtung ausgestattet sein. Die DIN EN 12464-1 nennt zwei Beleuchtungsziele:

- **Sehkomfort:** Soll den arbeitenden Menschen Wohlbefinden vermitteln
- **Sehleistung:** Beschreibt das Ziel, Sehaufgaben auch unter schwierigen Umständen und über längere Zeit erbringen zu können.

Die Mindestanforderungen an eine „angemessene“ künstliche Beleuchtung sind z. B. in der ASR A 3.4 festgelegt. Der Arbeitgeber muss aber im Rahmen einer Gefährdungsanalyse überprüfen, ob durch individuelle Anforderungen von Beschäftigten höhere Anforderungen gestellt werden müssen. Beschäftigte mit verringertem Sehvermögen können höhere Anforderungen an die Beleuchtungsqualität erfordern (z. B. höhere Beleuchtungsstärke oder höhere Anforderungen an die Begrenzung der Blendung). Bei Nachtschichtarbeit werden durch eine höhere Beleuchtungsstärke die gefürchteten Müdigkeitsattacken reduziert.

Anmerkung

Mit zunehmendem Alter büßen die Leuchtmittel an Beleuchtungsstärke ein; die Mindestwerte müssen aber auch dann noch eingehalten werden. Daraus folgt, dass beim Einsatz neuer Leuchtmittel die Werte über den Vorgaben der Regelwerke liegen müssen.

3.2.1 Anforderungen an die künstliche Beleuchtung

Begriffe und Anforderungen

- **Beleuchtungsstärke** Die Beleuchtungsstärke E ist ein Maß für das auf eine Fläche auftreffende Licht, gemessen Lux (lx).
Die in o. g. Regelwerken festgelegten Mindestwerte der Beleuchtungsstärke dürfen nicht unterschritten werden (Beispiele siehe nachfolgende Tabellen)
- **Begrenzung der Blendung** Blendung entsteht durch schlecht abgeschirmte und zu helle Lichtquellen (Direktblendung), bzw. durch störende Spiegelungen (Reflexblendung).
Störende Blendung ist zu minimieren, bzw. ganz zu vermeiden, wenn sie zu Unfällen führen kann.
- **Farbwiedergabe** Die Farbwiedergabe ist abhängig von der Lichtquelle. Die Güte der Farbwiedergabe wird durch den Farbwiedergabeindex R_a klassifiziert (Kennzahl von 0 bis 100). Je höher der Wert ist, desto besser ist die Farbwiedergabe.
Bei der Auswahl der Lampen dürfen die in den Regelwerken festgelegten Mindestwerte nicht unterschritten werden (Beispiele siehe nachfolgende Tabellen). Bei niedrigen Indizes muss durch geeignete Maßnahmen gewährleistet sein, dass Sicherheitsfarben erkennbar bleiben (z. B. Hintergrundbeleuchtung oder Anstrahlung).
- **Flimmern oder Pulsation** Bei Gasentladungslampen (Leuchtstoff- und Kompaktleuchtstofflampen, Halogen-Metall dampflampen) können Flimmern und Pulsation auftreten. Dieser stroboskopische Effekt ist zu vermeiden, da er zu Sehstörungen und Ermüdungen führen kann. Der Effekt wird

durch den Einsatz von elektronischen Vorschaltgeräten oder einer Dreiphasenschaltung verhindert.

▪ Schatten

Schatten ermöglicht die räumliche Wahrnehmung; Oberflächenstrukturen und Gegenstände können somit leichter erkannt werden. Andererseits dürfen Gefahrenquellen nicht durch Schatten überdeckt werden und damit zu Unfallgefahren führen.

Beleuchtungsanforderungen für: Arbeitsräume, Arbeitsplätze, Tätigkeiten	Beleuchtungs- stärke [lx]	Farbwiedergabe Index [R _a]
Verkehrswege in Gebäuden		
▪ Verkehrswege und Flure <u>ohne</u> Fahrzeugverkehr		
○ Normal	50	40
○ im Bereich von Absätzen und Stufen	100	40
▪ Verkehrswege und Flure <u>mit</u> Fahrzeugverkehr	150	40
▪ Treppen, Fahrtreppen, Fahrsteige, Aufzüge	100	40
▪ Laderampen, Ladebereiche	150	40
▪ Begehbare Unterflurtunnel, Zwischenböden, Wartungsgänge	50	40
▪ Halleneinfahrten		
○ Tagesbetrieb: Übergangsbereich <u>im</u> Gebäude	400	40
○ Nachtbetrieb: Übergangsbereich <u>vor dem</u> Gebäude	50	40
Lagerräume		
▪ Versand- und Verpackungsbereich	300	60
▪ Lagerräume für gleichartiges oder großteiliges Lagergut	50	60
▪ Lagerräume mit Suchaufgabe bei nicht gleichartigem Lagergut	100	60
▪ Lagerräume mit Leseaufgaben	200	60
Allgemeine Bereiche, Tätigkeiten und Aufgaben		
▪ Kantine, Teeküchen, SB-Restaurants Pausenräume, Warteräume, Aufenthaltsräume Waschräume, Bäder, Toiletten, Umkleideräume	200	80
▪ Erste Hilfe Räume	500	90
▪ Haustechnische Anlagen, Schaltgeräte Räume	200	60
▪ Steuerwarten, Kontrollwarten, Schaltwarten	500	80
Büros und büroähnliche Arbeitsbereiche		
▪ Ablegen, Kopieren	300	80
▪ Schreiben, Lesen, Datenverarbeitung	500	80
▪ Archive	200	80
Tab. 3.2.1 / 01 Mindestwerte für Beleuchtungsstärke und Farbwiedergabe in Räumen (In Anlehnung an ASR A 3.4, Anhang 1 – auszugsweise-)		

Ergänzend zu oben genannten Forderungen wird auf die DIN EN 12464-1 verwiesen. Danach gelten die Anforderungen nicht grundsätzlich für den gesamten Raum, sondern eigentlich nur für den Bereich der Sehaufgabe, d. h. für den Teil des Arbeitsplatzes, an dem die Sehaufgabe ausgeführt wird. Der unmittelbar anschließende Umgebungsbereich kann geringere Werte haben.

Die Arbeitsstättenrichtlinie ASR 7/3 von 1993 (mit Veröffentlichung der ASR 3.4 überholt) enthält noch weitere Richtwerte. Diese können im ersten Planungsansatz ebenfalls herangezogen werden.

Beleuchtungsanforderungen für Arbeitsräume		Nenn- beleuchtungsstärke E_n [lx]
<ul style="list-style-type: none"> ▪ Automatische Hochregallager <ul style="list-style-type: none"> ○ Gänge ○ Bedienungsstand 		20
		200
<ul style="list-style-type: none"> ▪ Verkehrswege in Gebäuden <ul style="list-style-type: none"> ○ Automatische Fördereinrichtungen oder Transportbänder im Bereich von Verkehrswegen 		100
Tab. 3.2.1 / 02 Mindestwerte für Beleuchtungsstärke in Räumen (Auszug aus der ASR 7/3)		

In Anlage 2 zur ASR A 3.4 werden Beleuchtungsanforderungen für Arbeitsbereiche, Arbeitsplätze und Tätigkeiten im Freien benannt.


Beleuchtungsanforderungen für: Arbeitsbereiche, Arbeitsplätze, Tätigkeiten	Beleuchtungs- stärke [lx]	Farbwiedergabe Index [R_a]
Verkehrswege im Freien		
▪ Toranlagen	50	25
▪ Fußwege	5	25
▪ Werkstraßen mit Be- und Entladezone oder mit starkem Querverkehr und mit Geschwindigkeitsbegrenzung max. 30 km/h	10	25
▪ Werkstraßen mit Be- und Entladezone oder mit starkem Querverkehr und mit Geschwindigkeitsbegrenzung max. 50 km/h	20	25
Parkplätze		
▪ Betriebliche Parkplätze	10	25
Umschlagflächen, Verladestellen, Lagerflächen im Freien		
▪ Lagerflächen Massengut	10	25
▪ Umschlagflächen, Verladestellen	3	25
▪ Lagerflächen Stückgut	30	25
Gleisanlagen, Bahnbereiche		
▪ Tätigkeiten im Gleisbereich, Rangieren, Verkehrswege in Bahnanlagen bei Eisenbahnen	10	25
▪ Gleisbauarbeiten	50	25
▪ Bahnüberwege	20	25

<ul style="list-style-type: none"> ▪ Laderampen 		150	40
<ul style="list-style-type: none"> ▪ Umschlagbereiche 		30	25
Tab.	3.2.1 / 03	Mindestwerte für Beleuchtungsstärke und Farbwiedergabe im Freien (In Anlehnung an ASR A 3.4, Anhang 2 – auszugsweise-)	

3.2.2 Lampen und Leuchten

Die Begriffe „Lampe“ und „Leuchte“ werden umgangssprachlich oft gleich gesetzt.

- Eine Lampe ist ein Teil einer Leuchte. Die Lampe ist das Leuchtmittel, mit dem durch Energieumwandlung Licht erzeugt wird.
- Eine Leuchte ist der gesamte Beleuchtungskörper inklusive aller für Befestigung, Betrieb und Schutz der Lampe notwendigen Komponenten.

	
<ul style="list-style-type: none"> ▪ Obere Reihe ▪ Untere Reihe 	Stabförmige Leuchtstofflampen und Kompakt-Leuchtstofflampen Induktionslampen, Halogen-Metall dampflampen, Na-Hochdrucklampen, Halogenlampen
Abb.	3.2.2 / 01 Beispiele der verschiedenen Lampenarten [LIC 1]

In der Abbildung sind nicht die LED-Lampen enthalten, die sich nach und nach ebenfalls auf dem Markt durchsetzen.

3.2.3 Auswahl des Beleuchtungssystems

Im Bereich der Intralogistik steht die Beleuchtung der Lagerräume- und Hallen im Mittelpunkt, angefangen von den Wareneingangs- Warenausgangsbereichen bis hin zu den Hochregallagern. Bei der Auswahl des Beleuchtungssystems sind auf jeden Fall die Mindestanforderungen gemäß oben genannter Regelwerke zu beachten. Bei der Auswahl des Systems sind aber auch die Kostenaspekte zu berücksichtigen.

Kosten, die unmittelbar mit der Systemauswahl verbunden sind, sind die Kosten für

- Anschaffung
- Energie
- Wartung und Instandhaltung / Reparatur

Bei der Beleuchtung können sich hohe Anschaffungskosten schnell durch geringe Betriebskosten amortisieren, d. h. insbesondere durch geringe Energiekosten, aber auch durch geringe Wartungs- und Instandhaltungskosten sowie durch lange Lebensdauer.

Ein Ziel der Beleuchtung ist das Wohlbefinden der Beschäftigten (siehe DIN EN 12464-1). Die Regelwerke geben Mindestwerte für die Beleuchtungsstärke vor. In Lagerbereichen mit Lese- und Schreibaufgaben, Kommissionierung – insbesondere von Kleinteilen – u.s.w. sollte die Beleuchtungsstärke über die Mindestwerte hinausgehen und ca. 300 lx erreichen. Eine gute Beleuchtung senkt nicht nur das Unfallrisiko, sondern fördert das Wohlbefinden. Damit verbunden ist eine erhöhte Konzentration und das Vermeiden von Fehlern. Gute Beleuchtung führt zu einer Steigerung der Produktivität.

Durch die richtige Auswahl des Beleuchtungssystems je Lagerbereich kann aber auch Energie gespart werden. In Bereichen, die selten frequentiert werden oder nur zur Durchfahrt dienen, kann z. B. die Beleuchtung mittels Bewegungsmelder geschaltet werden. Wenig frequentierte Lagerbereiche bleiben überwiegend ausgeschaltet. Es kann aber auch durch eine entsprechende Schaltung z. B. jede zweite Lampe im „Ruhebetrieb“ ausgeschaltet und bei Bedarf kurzfristig wieder zugeschaltet werden.

In der Internetveröffentlichung „licht.wissen 05“ [LIC 1] – eine Veröffentlichung der Brancheninitiative licht.de –, werden verschiedene Aspekte aufgeführt, die bei der Auswahl des Beleuchtungssystems zu beachten sind. Hierzu zählen:

- Das Beleuchtungssystem in Abhängigkeit von der Hallenhöhe
- Die Beleuchtung von Regalgängen
- Die Beleuchtung in Übergangsbereichen vom Hellen ins Dunkle

Grundsätzlich ist zu beachten, dass die Beleuchtung nicht durch hoch gestapeltes Lagergut oder durch hohe Regale verschattet wird. In den VdS-Richtlinien – z. B. VdS 2005 [VDS 2] und VdS 2199 [VDS3] – wird darauf hingewiesen, dass der überwiegende Teil der Leuchtmittel Wärmequellen sind. Elektrische Einrichtungen mit Wärmeentwicklung, wie z. B. die Beleuchtungen, sollen so angeordnet werden, dass sie – unter Berücksichtigung von Sicherheitsabständen – das Lagergut nicht entzünden können.

Anmerkung

Die EU-Kommission hat im Laufe der letzten Jahre mehrere Verordnungen verabschiedet und mehrfach aktualisiert, die das Inverkehrbringen bestimmter Leuchtmittel verbietet:

- EU-Verordnung 2019 / 2020 EU vom 01.10.2019, mit Ökodesignanforderungen, die Leuchtmittel mit mangelnder Energieeffizienz betreffen.
- RoHS-Richtlinie Nr. 65/2011/EU in der konsolidierten Fassung vom 22.07.2019 zur Beschränkung gefährlicher Stoffe (Restriction of Hazardous Substances).

Zwei Beispiele für Leuchtmittel, die betroffen sind:

- Das Inverkehrbringen der normalen 60 W-Glühlampe ist bereits seit einiger Zeit wegen mangelnder Effizienz verboten.
- Viele Leuchtmittel enthalten Gefahrstoffe, wie z. B. Quecksilber oder Blei. Das Inverkehrbringen von T5- und T8-Leuchtstofflampen soll verboten werden.

3.2.3.1 Beleuchtung von Lagerräumen / Lagerhallen

Für Lagerhallen ist die Hallenhöhe ausschlaggebend für das Beleuchtungssystem. In „licht.wissen 05“ werden Einsatzmöglichkeiten von Beleuchtungssystemen in Abhängigkeit von der Hallenhöhe aufgeführt:

- Hallen bis 6 m Höhe
 - Leuchten mit Leuchtstofflampen in Verbindung mit elektronischen Vorschaltgeräten;
 - LED-Lichtbandsysteme
- Hallen ab 6 m Höhe
Wahlweise kommen in Frage:
 - Leuchtstofflampen in Hallenspiegelleuchten
es eignen sich jedoch nur Leuchtstofflampen mit hohem Lichtstrom (High Output),
z. B. Ø 16 mm, Ausführung „HO“
 - Hochdruckentladungslampen
 - Hallenreflektorleuchten mit
 - Halogen-Metall dampflampen
 - Natriumhochdampflampen

In einer weiteren Internetveröffentlichung [perfekte-led-lampen.weebly.com] wird darauf hingewiesen, dass LED-Beleuchtung für den Einsatz in Industriehallen, Produktionshallen und Lagerhallen geradezu prädestiniert sei. Da diese Einsatzbereiche relativ hoch sind, muss dies bei der Planung des LED-Beleuchtungssystems beachtet werden, indem der Beleuchtungswinkel der LED-Strahler durch entsprechende Linsen angepasst wird.

Vorteile des LED-Beleuchtungssystems sind:

- Hohe Lebensdauer: bis zu 50.000 Stunden
- Niedrige Betriebskosten: hohe Energieeffizienz und geringe Wärmeentwicklung (dadurch kann nicht unmittelbar Strom gespart werden. In Temperatursensiblen Bereichen kann aufgrund der geringen Wärmeentwicklung Klimatisierung eingespart werden)
- Geringer Wartungsaufwand: während der hohen Lebensdauer (bis zu 5 Jahren) entfällt der Aufwand für Ersatz
- Hohe Lichtqualität: Die Farben werden realistisch, wie unter Tageslicht wahrgenommen.

Gegenüber dem Einsatz von Halogen-Metall dampflampen sei die LED-Beleuchtung 2x effizienter, d. h. die Stromkosten könnten durch LED-Beleuchtung um 50 % reduziert werden.

3.2.3.2 Beleuchtung von Regallagern

Bei der Auswahl des Beleuchtungssystems ist auch zu differenzieren, wofür es ausgelegt werden muss:

- für die Halle insgesamt, oder
- für Regalgänge innerhalb einer Halle.

Für Regallager ist die vertikale Beleuchtungsstärke besonders wichtig, um Aufschriften auf dem Lagergut und die Regalbeschriftung schnell und fehlerlos lesen zu können. Die Brancheninitiative licht.de empfiehlt daher – abweichend von den Mindestwerten in o. g. Regelwerken – zumindest bereichsweise eine Beleuchtungsstärke von 300 lx zu installieren.

Für staplerbediente Regallager normaler Höhe sind Lichtbandsysteme mit Leuchtstofflampen geeignet. Sie werden in der Gangmitte abgependelt.



Abb. 3.2.3 / 01 Beispiele für Hallenbeleuchtung und Regalgangbeleuchtung

3.2.3.3 Beleuchtung von Hochregallagern

Hochregallager, in denen Stapler ohne hebbaren Bedienungsstand eingesetzt werden, stellen mit ihren sehr schmalen Gassen höchste Ansprüche an eine gleichmäßige vertikale Beleuchtung. Hierfür gibt es spezielle Beleuchtungssysteme:

- Bis 15 m Lichtpunkthöhe eignen sich Lichtbandsysteme für Leuchtstofflampen mit tief strahlenden Reflektoren
- Für größere Höhen gibt es Hallenreflektorleuchten mit schräg strahlenden Reflektoren. Diese erzeugen gleichmäßige vertikale Beleuchtungsstärken. Ein Blendschutzsteg verhindert Direktblendung beim Hinaufschauen in die Regale.

Anmerkung:

Personenbediente Regalförderzeuge mit hebbarem Bedienungsstand haben eine eigene Beleuchtung innerhalb des Bedienungsstandes. Da sich das Bedienungspersonal beim Beschieken und Entnehmen immer in Höhe des Lagerortes befindet, ist es beim Lesen und Identifizieren von der Regalgangbeleuchtung unabhängig.

3.2.3.4 Beleuchtung in Übergangsbereichen vom Hellen ins Dunkle

An den Schnittstellen zwischen Innen- und Außenbereich werden die Augen durch große Helligkeitsunterschiede überfordert. Kritisch ist insbesondere der Übergang vom Hellen ins Dunkle; d. h. bei Tageslicht die Einfahrt in die relativ dunkle Halle und bei Nacht die Ausfahrt aus der beleuchteten Halle nach draußen.

Um Unfälle zu vermeiden, müssen in diesen Übergangsbereichen die unterschiedlichen Beleuchtungsniveaus ausgeglichen werden. Dafür ist eine umschaltbare Beleuchtungsanlage für den Tag- und Nachtbetrieb notwendig.

3.2.3.5 Beleuchtung im Bereich Lagerverwaltung

Die Lagerverwaltung hat i. d. R. eigene Büros. Der Arbeitsplatz muss wie in einem Büroraum beleuchtet sein. Ist dagegen der Arbeitsplatz in räumlicher Nähe z. B. zu den Regalen eingerichtet, muss er so abgeschirmt sein, dass eine Blendwirkung auf den Computerbildschirm verhindert wird.

3.2.4 Resume

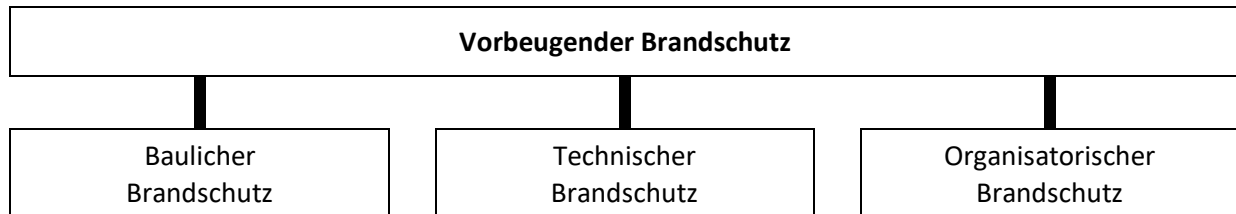
Bei der Auswahl des Beleuchtungssystems muss es Ziel sein, eine für den jeweiligen Arbeitsplatz optimale Beleuchtung zu gewährleisten und gleichzeitig die Kosteneinflussfaktoren für die Beleuchtung angemessenen zu reduzieren.

Die Qualität der Beleuchtung, aber auch die Anschaffungskosten sowie die Kosten für Wartung, Instandhaltung und Ersatz sind vom gewählten Beleuchtungssystem abhängig. Diese Einflussfaktoren werden i. d. R. bei der Planung von Räumen / Hallen im Rahmen von Neubau- oder Umbaumaßnahmen festgelegt. Eine nachträgliche Änderung ist relativ kostenaufwendig und i. d. R. erst bei Ersatz des Beleuchtungssystems rentabel.

Die Auswahl muss daher sehr sorgfältig erfolgen.

4 TECHNISCHER BRANDSCHUTZ

Der technische Brandschutz ist ein Teilbereich des Themas „Vorbeugender Brandschutz“. Für die Maßnahmen des vorbeugenden Brandschutzes sind verschiedene Regelwerke zu beachten (siehe auch Teil IV „Anforderungen an Gebäude“, „Baulicher Brandschutz“).



In der VdS-Richtlinie „VdS 2000:2010 „Leitfaden für den Brandschutz im Betrieb“ [VDS 1] gibt es noch eine weitere Kategorie „Betrieblicher Brandschutz“

Zum vorbeugenden Brandschutz zählen alle Vorsorgemaßnahmen, die

- eine Entstehung von Bränden verhüten
- eine Brandausbreitung verhindern
- eine Brandbekämpfung und Rettung vom Menschen und Tieren ermöglichen
- eine Gefahrenabwehr bei einem Brand vorbereiten.

Die Vorbeugemaßnahmen durch den „Baulichen Brandschutz“ werden in Teil IV „Anforderungen an Gebäude“ behandelt. In Teil IV wird auch kurz auf die Themen des organisatorischen und des betrieblichen Brandschutzes eingegangen.

4.1 Anforderungen an den Technischen Brandschutz

Brandschutz, insbesondere der Technische Brandschutz, ist mit hohen Investitionen verbunden. Zumindest vordergründig ist er platzaufwendig. Besonderer technischer Brandschutz sollte daher auf wenige Nutzungseinheiten beschränkt werden. Die Nutzungseinheiten sollten für eine wirtschaftliche Umsetzung nach folgenden Kriterien gebildet werden [BLF 1]:

- Gleichartige Nutzungen mit gleicher Brandbelastung und / oder ähnlichen Brandentstehungs- und Ausbreitungsrisiken zusammenfassen
- Die Bauprodukte und Bauarten sollten einheitlichen Anforderungen entsprechen.
- Die Nutzungsabschnitte sollten einfache und sichere Flucht- und Rettungswege intern und extern sicherstellen.

In einer Internetveröffentlichung eines Sachversicherers [FMG 1] wird u. a. auf folgende Punkte hingewiesen:

- „Ein hohes Maß an Engineering fließt in den optimalen Ablauf der Logistik, aber spätestens bei der Baugenehmigung fällt auf, dass der technische Brandschutz vernachlässigt wurde.“
- „Bei der Platzierung der Industriesachversicherung stellt man dann fest, dass das Gebäude zwar den behördlichen Anforderungen entspricht, jedoch dem optimierten Risikoprofil eines Logistikzentrums immer noch nicht gerecht wird.“

Bereits bei der Konzeptplanung- und Bewertung müssen die aus dem Konzept resultierenden Anforderungen an den Brandschutz berücksichtigt und bewertet werden. Die behördlichen / gesetzlichen Vorgaben sind Minimalanforderungen. Zu den gesetzlichen Vorgaben gehören:

- die jeweilige Landesbauordnung (siehe auch Musterbauordnung [MBO 1])
- die Industriebaurichtlinie (IndBauRL)
- die Arbeitsstättenrichtlinie mit den dazugehörigen Technischen Regeln für Arbeitsstätten
- die Vorgaben der jeweiligen Unteren Brandschutzbehörde / Feuerwehr

Die Empfehlungen der Sachversicherer gehen z. T. weit über die behördlichen und gesetzlichen Anforderungen hinaus. Diese Empfehlungen müssen zwar nicht zwingend umgesetzt werden; Abweichungen können aber mit drastischen Folgekosten durch hohe Versicherungsprämien verbunden sein. Das frühzeitige Gespräch mit dem jeweiligen Sachversicherer sollte daher angestrebt werden.

Aussage eines Vertreters des VdS in einem Interview [FMJ 1] „Prämien für die Feuerversicherung können einen bedeutenden Anteil der Betriebskosten von Lagern ausmachen. Bei Installation von Schutzeinrichtungen – die 5 bis 10 % der Gesamtinvestition erreichen können – lassen sich jedoch Prämienrabatte bis 85 % erzielen.“

Aber selbst ein Konzept, das die behördlichen / gesetzlichen Vorgaben einhält und das dem langfristig wirtschaftlichen Optimum aus Investition und Betriebskosten inkl. Versicherungsprämie entspricht, muss noch nicht das Gesamtoptimum darstellen. Aus Unternehmenszielen, wie z. B. „Lieferbereitschaft“ und „Termintreue“ können sich weitergehende Anforderungen ergeben. Bevor also ein Brandschutzkonzept erstellt wird, müssen die Schutzziele definiert werden. (siehe auch Teil 4.1, Kap. 3.1.2 und Vfdb-Richtlinie „Brandschutzkonzept“ [VFD 1]).

Beispiel für eine Definition von Schutzzielen in Anlehnung an [FMG 1]

Das Logistikzentrum soll so gebaut werden, dass:

- ein Feuer
 - nicht mehr als „x“ m² Sachwerte zerstört,
 - nicht mehr als „y“ Tage Betriebsunterbrechung verursacht
- der nichtthermische Schaden (vornehmlich Rauchschaden) nicht größer ist, als das was innerhalb einer Zeit von „z“ wiederbeschafft werden kann

Die Planung und Umsetzung des geeigneten Brandschutzes für Logistikbetriebe erfolgt somit in folgenden Schritten:

- Brandstoffe, Lagerwaren und Ladungsträger / Verpackungsmaterialien identifizieren
- Brand- und Brandgefahrenklassen festlegen
- Bauart des Gebäudes, die Lagerhöhen und Lagerhilfen vorbestimmen
- mit dem Brandschutz abstimmen
- Bedarf des stationären Brandschutzes analysieren
- Bauart der Brandmelde- und Feuerlöschanlage festlegen
- Die Planung mit den Richtlinien abgleichen und festlegen.

4.2 Massnahmen des „Technischen Brandschutzes“

Die Untergliederungen in baulichen, technischen und organisatorischen Brandschutz sind in den vielfältigen Veröffentlichungen zum Thema Brandschutz nicht einheitlich. Entsprechend sind auch die möglichen Brandschutz-Maßnahmen sehr unterschiedlich zugeordnet. Die wichtigsten Maßnahmen, die dem technischen Brandschutz zugeordnet werden können, sind:

- Brandmeldeanlagen
- Feuerlöschanlagen
- Rauch-Wärmeabzugseinrichtungen

4.2.1 Brandmeldeanlagen

Brandmeldeanlagen sind Frühwarnsysteme (siehe BGI 560 [BGI 1]). Systemabhängig erkennen und reagieren sie auf Merkmale, wie

- Rauch
(Rauchmelder sind am weitesten verbreitet; sie reagieren nach dem Steulichtprinzip oder dem Ionisationsprinzip)
- Flammen
(Flammenmelder reagieren auf den Infrarotanteil einer Flamme;
(wenig geeignet für Schwelbrände)
- Wärmeentwicklung
(Thermo-Wärmemelder für Brandverlauf mit schnellen Temperaturänderungen)

Brandmeldeanlagen sollen primär Melden und Alarmieren, damit Menschen rechtzeitig gewarnt und in Sicherheit gebracht werden können. Sie können aber auch noch andere Funktionen ausüben:

- Schließen von Brandschutztüren
(siehe auch Teil IV.1, Kap. 3.4.4 „Feuerschutzabschlüsse“)
- Öffnen von Rauch- und Wärmeabzugsanlagen
- Auslösen von Löschvorrichtungen

4.2.2 Feuerlöschanlagen

Nach einer Definition aus „Wikipedia“ ist eine Feuerlöschanlage „eine ständig betriebsbereite technische Anlage, die einen Brand mit einem Löschmittel löscht“.

Löschanlagen können erforderlich sein und / oder angeordnet werden:

- Wenn die zulässigen Brandabschnittsflächen überschritten werden
- Bei Sonderbauten (Anlagen und Räume besonderer Art und Nutzung) mit besonderen Gefahren, wie z. B. Hochregallager
- Gefahrstofflager
- Zur Aufrechterhaltung des Betriebes und zur Erhaltung wichtiger Betriebsdaten (z. B. Archiv oder EDV-Räume)
- Bei Sonderbauten, wie z. B. Verkaufsstätten, Versammlungsstätten, Großgaragen

Gemäß Muster-Industriebaurichtlinie (IndBauRL [IND 1]) müssen selbsttätige Feuerlöschanlagen angeordnet werden, wenn in Gebäuden mit Lagerbereichen die Lagerguthöhe mehr als 7,5 m bis Oberkante Lagergut beträgt.

Die Muster-Industriebaurichtlinie schreibt ebenfalls vor (Kapitel „Lage und Zugänglichkeit“ unter Pkt. 5.2.1), dass jeder Brandabschnitt und jeder Brandbekämpfungsabschnitt mindestens an einer Außenwand liegen und von dort von der Feuerwehr zugänglich sein muss. Dies gilt nicht für Brandabschnitte und Brandbekämpfungsabschnitte, die eine selbstständige Feuerlöschanlage haben.

Nach VDS 2199 [VDS 3] sind bei den meisten Lagern automatische Feuerlöschanlagen wegen der hohen Brandgefahr dringend zu empfehlen. Brände in Lagern über 5 m Stapelhöhe sind ohne Sprinkleranlagen kaum zu löschen. Feuerlöschanlagen erkennen, melden und löschen Brände bereits im Entstehungsstadium. „Dies trifft insbesondere zu in hohen und kompakten Lagern, z. B. in

- Blocklagern
- Gitterboxpaletten-Lagern
- Durchlaufslagern
- Höheren Regallagern und Hochregallagern.

Die Ausbreitung eines Feuers kann verhindert werden, wenn eine der drei Bedingungen beeinflusst wird, die für eine stabile Verbrennung erforderlich sind. Dies kann gemäß einer Veröffentlichung der Firma „Total Walther“ [TOT 1] erfolgen durch:

- Absenken der Temperatur und damit Unterbrechung der Reaktionskette der Verbrennung
- Reduzieren des Sauerstoffs, bzw. des Oxidationsmittels, oder Verhindern des Sauerstoffzutritts
- Entfernen des brennbaren Stoffes, oder durch Verdünnen dessen Konzentration senken.

Da es also verschiedene Wege zur Verhinderung der Brandausbreitung, oder gar zur Verhinderung der Brandentstehung gibt, gibt es auch unter dem Überbegriff „Feuerlöschanlage“ eine Vielzahl unterschiedlichster Löschsysteme.

Für eine Systematik kann man nach folgenden Kriterien unterscheiden:

- Nach der Mobilität
 - Stationäre Systeme (z. B. Sprinkleranlagen)
 - Halbstationäre Systeme
 - Mobile Systeme (z. B. in Feuerwehrfahrzeuge eingebaut)
- Nach dem Medium, das eingesetzt wird, den Brand zu löschen, bzw. die Brandentstehung zu verhindern, z. B.:
 - Wasser
 - Schaum (Wasser mit einem zugesetzten Schaummittelkonzentrat)
 - Pulver
 - Gas (z. B. Feuerlöschanlagen mit Inertgas oder CO₂)
 - Stickstoff zur Verhinderung der Brandentstehung
- Nach dem Prinzip des Löschsystems, z. B. bei stationären Wasserlöschanlagen:
 - Sprinkleranlage
 - Wassersprühanlage
 - Regenvorhang

Für die Planung intralogistischer Systeme sind primär die stationären Systeme relevant. Nach [TOT 1] ist Wasser auch heute noch für über 90 % der Anwendungsfälle das ideale Mittel zu Brandbekämpfung. Der Vorteil von Wasser ist:

- Es ist i.d.R. leicht zu beschaffen
- Es lässt sich vergleichsweise gut transportieren, auch über größere Strecken.

Schaumlöschsysteme sind eine Ergänzung zu den Wasserlöschsystemen. Sie kommen bei brennbaren Flüssigkeiten zum Einsatz, d. h. insbesondere in Gefahrstofflagern.

Im Folgenden wird daher der Schwerpunkt auf Sprinkleranlagen gelegt.

4.2.2.1 Sprinkleranlagen

Mit der DIN EN 12845 „Automatische Sprinkleranlagen – Planung, Installation und Instandhaltung“ wurde 2004 auf der europäischen Ebene ein verbindliches Regelwerk eingeführt. Die deutsche Fassung wurde unter Berücksichtigung der Anhänge A1 und A2 im Jahr 2009 freigegeben. Die DIN EN 12845 basiert im Wesentlichen auf den privatrechtlichen Regelungen der Versicherungswirtschaft.

Der „Verband der Sachversicherer“ (VdS) verfasste die Richtlinie VdS CEA 4001. Diese Richtlinie enthält Anforderungen und gibt Empfehlungen für Planung, Einbau und Wartung von ortsfesten Sprinkleranlagen in Gebäuden und Industrieanlagen. Sie legt zudem besondere Anforderungen an Sprinkleranlagen fest, die für Maßnahmen des Personenschutzes wesentlich sind.

Die DIN EN 12845 und die VdS CEA 4001 stimmen in ihren wesentlichen Bereichen überein. In der Norm und in der Richtlinie ist in einigen Fällen die Höhe des Schutzniveaus unterschiedlich hoch angesetzt, jedoch sind diese Unterschiede gering. Grundsätzlich sind zunächst die Forderungen der Norm einzuhalten.

In der VdS CEA 4001, Kap. 5 [VDS 10] wird nach Brandgefahrenklassen unterschieden. Diese sind abhängig von der Nutzung und von der Brandgefahr, die von den eingelagerten Materialien ausgeht. Die Brandgefahr ist abhängig von der Brennbarkeit des Materials einschließlich Verpackung sowie der Lagerart. Die Materialien sind nach ihrer Brennbarkeit in 4 Kategorien unterteilt (siehe Anhang B zur VdS CEA 4001 „Methode für die Zuordnung von Lagergut“).

Brandgefahrenklassen			Risiken-Unterteilung	Nutzung
Kleine Brandgefahr	LH	Low Hazard		nichtindustrielle Nutzung
Mittlere Brandgefahr	OH	Ordinary Hazard	OH 1 OH 2 OH 3 OH 4	Handel, industrielle Nutzung
Hohe Brandgefahr, Produktionsrisiken	HHP	High Hazard, Produktion	Produktionsrisiken Gruppe HHP 1 HHP 3 HHP 3 HHP 4	Handel, industrieller Nutzung mit Produktionsrisiken
Hohe Brandgefahr, Lagerrisiken	HHS	High Hazard; Storage	Lagerrisiken Kategorie I - IV HHS 1 HHS 2 HHS 3 HHS 4	Lagerrisiken; Lager mit höheren Lagerhöhen als bei OH 3 ¹⁾ zulässig
Zu ¹⁾ Die maximale Lagerhöhe für OH 3 ist abhängig von der Lagerkategorie I – IV und der Lagerart. Die Höhe ist im Bereich 1,2 m bis 4,0 m.				
Tab.: 4.2.2 / 01 Brandgefahrenklassen				

Anmerkung:

Die Feuerlöschanlagen werden für definierte Brandgefahren ausgelegt. Wird zu einem späteren Zeitpunkt die Brandgefahr verändert, weil z. B. andere Materialien eingelagert werden, so ist zu überprüfen, ob die Feuerlöschanlage das nun zu erwartende Brandszenario noch sicher beherrschen kann.

Bei den Sprinkleranlagen gibt es eine Vielzahl an Varianten. Allein bei der Auswahl der geeigneten Sprinklerdüsen kann nur der Fachmann weiterhelfen. Eine Sprinkleranlage besteht im Wesentlichen aus

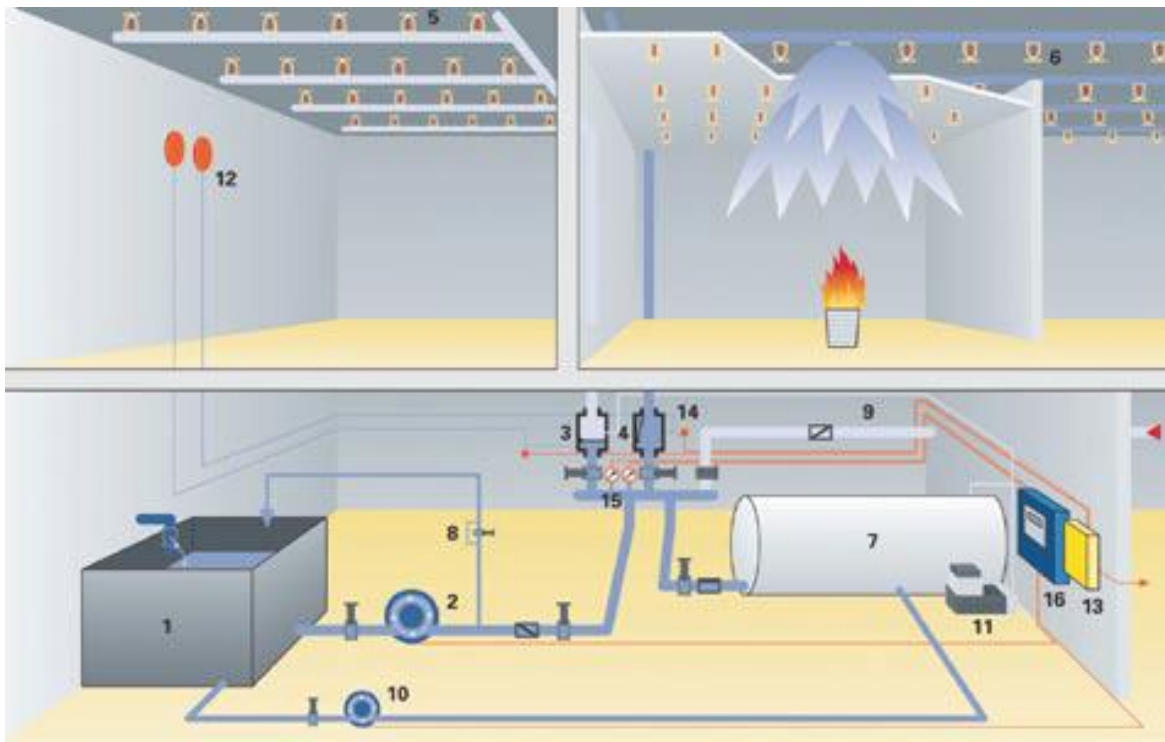
- der Wasserversorgung
- einem fest installierten Rohrsystem
- einer Vielzahl an Sprinklerdüsen
- einer Sprinklerüberwachungszentrale

Die Wasserversorgung wird möglichst durch mindestens zwei voneinander unabhängige Systeme gewährleistet, z. B.:

- Ein Löschwasserbehälter mit Pumpstation
„unerschöpfliche Wasserquelle“, z. B. mit automatischer Nachspeisung über Schwimmerventil aus dem öffentlichen Wassernetz, als Wasserreservoir können auch Löschwasserteiche, Seen oder Flüsse dienen
- Ein Druckluftwasserbehälter
„erschöpfliche Wasserquelle“ zur Versorgung der ersten geöffneten Sprinkler

Das Rohrnetz kann nicht in jedem Anwendungsfall ständig mit Wasser beaufschlagt sein, z. B. wegen der Gefahr des Einfrierens in frostgefährdeten Bereichen. Entsprechend den Anforderungen gibt es verschiedene Rohrsysteme. Die bekanntesten Anlagen sind die Nassanlagen und die Trockenanlagen. Darüber hinaus unterscheidet man noch Mischformen wie „Nass-Trockenanlagen“, „Vorgesteuerte Anlagen“ und „Tandemanlagen“.

- Bei Nassanlagen ist das Rohrnetz hinter der Ventilstation ständig mit Wasser beaufschlagt. Das Rohrnetz ist bis zu den Sprinklerdüsen mit Löschwasser gefüllt. Nassanlagen werden in frostsicheren Räumen eingesetzt, wie z. B. in Produktions- und Lagerräumen und in Hochregalanlagen.
- Bei Trockenanlagen ist das Rohrnetz hinter der Ventilstation im Betriebszustand mit Druckluft oder Inertgas unter Druck gefüllt. Das Rohrsystem wird erst mit Wasser befüllt, nachdem ein Sprinklerkopf durch Wärme ausgelöst wurde. Trockenanlagen werden in Bereichen eingesetzt, in denen z. B. Nassanlagen nicht eingesetzt werden dürfen. Dies sind Bereiche, die frostgefährdet sind (z. B. Tiefkühlager), oder in denen hohe Temperaturen herrschen.



1 Löschwasserbehälter	8 Pumpentestleitung mit Messeinrichtung
2 Sprinklerpumpe	9 Einspeiseleitung der Feuerwehr
3 Trocken-Alarmventilstation	10 Behälter-Füllpumpe
4 Nass-Alarmventilstation	11 Kompressor
5 Sprinkler-Trockenrohrnetz (stehende Sprinkler, freiliegendes Rohrnetz)	12 Mechanische Alarmglocken
6 Sprinkler-Nassrohrnetz (hängende Sprinkler, verdecktes Rohrnetz)	13 Brandmeldezentrale
7 Druckluftwasserbehälter	14 Alarmedruckschalter
	15 Druckschalter für Pumpenstart
	16 Elektrischer Schaltschrank

Abb.: 4.2.2 / 01 Schema einer Sprinkleranlage [TOT 1]

Die Sprinklerdüsen sind die wichtigsten Komponenten im System. Bei den meisten Düsenarten handelt es sich um geschlossene Düsen mit einem thermischen Auslöseelement. Tritt im Bereich einer Sprinklerdüse Brandwärme mit entsprechend hoher Temperatur auf, wird automatisch der

Verschluss der Düse geöffnet. Durch das Öffnen der Düse kann in dem Rohrnetz der Druck entweichen.

- Durch den Druckabfall im Rohrnetz wird der Alarm ausgelöst
- Bei Nassanlagen tritt mit dem Öffnen der Düse sofort Löschwasser aus
- Bei Trockenanlagen entweicht die Druckluft und durch das Alarmventil strömt Löschwasser zu dem Sprinkler.

Eine Sprinklerüberwachungszentrale gehört ebenfalls zum System. Bei Druckabfall in der Leitung meldet sie das Signal an eine übergeordnete Brandmeldezentrale weiter.

Das Ziel beim Einsatz der meisten Sprinkleranlagen ist die Brandbegrenzung:

- Bei den brennenden Materialien tritt auch eine Löschwirkung ein.
 - Die Löschwirkung des Wassers wird überwiegend durch die große Abkühlung erreicht. Diese ergibt sich aus dem hohen Wärmebindungsvermögen des Wassers und zwar hauptsächlich durch die erforderliche Wärmemenge in der Übergangsphase von Wasser zu Dampf.
 - Der Wasserdampf hat darüber hinaus noch eine erstickende Wirkung, indem durch die Verdampfung Teile des brandfördernden Sauerstoffs verdrängt werden.
- Noch nicht brennende Materialien werden vorgehäst. Dadurch wird die Zündfähigkeit reduziert.
- Das Wasser kühlt die Konstruktionselemente des Gebäudes und macht sie wärmeresistent.
- Die heißen Gase an der Decke werden abgekühlt.

Das eigentliche Löschen erfolgt i. d. R. erst durch den mobilen Einsatz der Feuerwehr.

Da nur die Düsen im Brandbereich geöffnet werden, wird ein möglicher Wasserschaden durch die Sprinkleranlage begrenzt.

Sprinkler gibt es in verschiedenen Ausführungsarten. Neben weiteren Unterscheidungsmerkmalen sind die Hauptkriterien

- die Auslösetemperatur
- die Art der Auslösung
- die Wasserverteilung

Daneben wird noch nach der Einbauweise unterschieden in

- stehenden Einbau
- hängenden Einbau
- horizontalen Einbau

Anmerkung

Nach VdS CEA 4001 sind bei stehenden Sprinklern die Mindestabstände von Oberkante Rohr bis zum Sprühteller geregelt. Bei Rohren > DN 80 beträgt der einzuhaltende Mindestabstand das 1,5-fache des Rohrdurchmessers.

In Abhängigkeit vom Einsatzbereich werden die Sprinkler so gewählt, dass deren Auslösetemperatur ca. 30 °C über der maximal zu erwartenden Raumtemperatur liegt.

- Der Sprinkler löst damit aus, bevor Schäden eintreten
- Es kann damit ausgeschlossen werden, dass die Sprinkleranlage ohne Brandeinwirkung ausgelöst wird.

Die geschlossenen Sprinklerdüsen werden nach ihrem thermischen Auslöseelement unterschieden in

- Glasfuss-Sprinkler (heute gebräuchlichster Typ)
- Schmelzlot-Sprinkler

Bei Wärmeeinwirkung schmelzen die Lote; die Glasampullen zerplatzen infolge der Ausdehnung der Flüssigkeit. Das austretende Löschwasser trifft auf den Sprühteller und wird dadurch gleichmäßig auf den Brandherd verteilt.

Für die Wasserverteilung sind die Sprühteller entscheidend. Die unterschiedlichen Ausführungen der Sprühteller führen zu unterschiedlichen Sprühbildern. Sie sind insbesondere entscheidend für die zugeordneten Schutzflächen und die Tropfengrößen.

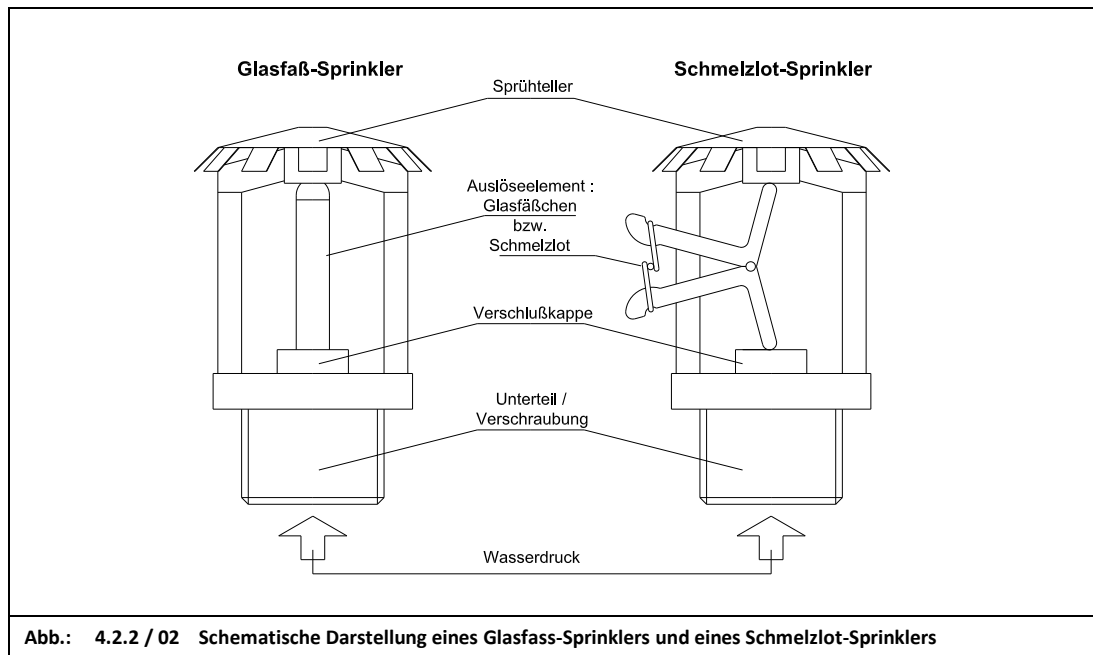


Abb.: 4.2.2 / 02 Schematische Darstellung eines Glasfass-Sprinklers und eines Schmelzlot-Sprinklers

Nach dem Sprühbild wird unterschieden in:

- | | |
|--|--|
| ▪ Schirmsprinkler
(stehend, hängend) | Das gesamte Wasser wird zum Boden gerichtet verteilt |
| ▪ Flachschrimsprinkler
(stehend, hängend) | Die Sprühkurve ist flacher als beim Schirmsprinkler, daher minimaler Abstand zwischen Oberkante des Lagergutes und Sprühteller |
| ▪ Seitenwandsprinkler
(stehend, hängend) | Das Sprühbild ist einseitig zum Boden gerichtet |
| ▪ Conventional- oder Normalsprinkler | Das Wasser wird teils an die Decke, teils zum Boden verteilt. Einsatz bei brennbaren Decken und Stahlkonstruktionen |
| ▪ Großtropfensprinkler
(ESFR oder High Challenge) | Großtropfensprinkler |

Der ESFR-Sprinkler („Early Suppression Fast Response“ / „Früh löschend und schnell reagierend“) ist ein Spezialsprinkler für Lagerrisiken, die nur von der Decke aus geschützt werden können. Das Ziel dieses Sprinklertyps ist die Brandunterdrückung. Dazu müssen die Auslöseelemente in einer sehr frühen Phase auf den Brand reagieren. Bei diesem Sprinklersystem wird dann mit einer sehr großen Wassermenge und mit hoher Dynamik das Wasser direkt in und durch den Brandherd befördert. Der ESFR-Sprinkler ist in Amerika speziell für hohe Lager und besondere Anwendungsfälle entwickelt worden. Da dieser Sprinklertyp im Lager ausschließlich unter der Decke angebracht wird, entfallen

die Regalsprinkler. Nach den Richtlinien des US-amerikanischen Sachversicherers „FM-Global“ ist aber der Einsatz auf Raumhöhen von 12 m beschränkt.

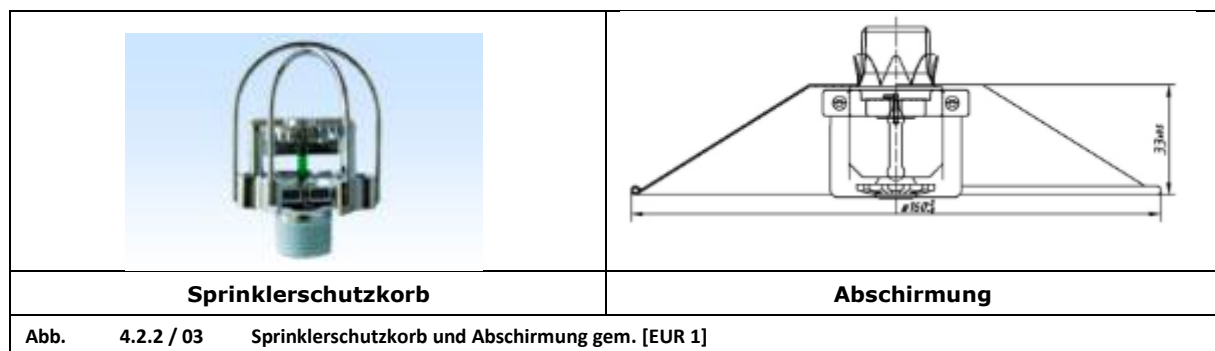
Nach VdS CEA 4001 unterscheidet sich Planung und Einbau von ESFR-Anlagen erheblich von Standard-Sprinklerarten. Aufgrund der geringen zulässigen Fehlertoleranzen werden besondere Anforderungen an ESFR-Anlagen gestellt. Die vorherige Zustimmung der zuständigen Stelle wird vorausgesetzt.

Die Auswahl des Sprinklertyps richtet sich nach der Brandgefahr:

Brandgefahr		Sprinklerart
LH und OH		Normal-, Schirm-, Flachschild-, Seitenwandsprinkler
HHP und HHS	Dach- oder Deckenschutz	Normal- oder Schirmsprinkler
HHS	Zusätzliche Regalsprinkler in hohen Lagern	Normal-, Schirm-, oder Flachschildsprinkler

Die Sprinklerdüsen müssen geschützt werden,

- durch einen Sprinklerschutzkorb, wenn sie an Stellen eingebaut sind, an denen die Gefahr der mechanischen Beschädigung besteht;
- durch eine Abschirmung, wenn die Sprinkler durch das Löschwasser höher gelegener Sprinkler beeinträchtigt werden können.



Anmerkung:

Verbunden mit Wasserlöschanlagen ist auch die Forderung nach wasserundurchlässigen Bodenwannen und Auffangvorrichtungen (siehe Teil IV, Baulicher Brandschutz).

4.2.2.2 Gaslöschanlagen

Das Medium zur Brandlöschung ist ein Inertgas (CO₂, Argon, Stickstoff sowie Gemische daraus) oder halogenierter Kohlenwasserstoff. Die Wirkung der Löschanlage bezieht sich auf Bereiche. Im Brandfall wird in den vom Brand betroffenen Bereich das Gas eingebracht und damit der Sauerstoff verdrängt. Zum Schutz der Personen darf diese Aktivierung erst mit einer Verzögerung nach dem Brandalarm erfolgen.

Einsatz finden Gaslöschanlagen in Bereichen mit löschwasserempfindlichen Materialien und Einrichtungen sowie in Bereichen, in denen Löschwasser nicht zugelassen ist (z. B. elektrische Betriebsräume, EDV-Räume, Öl- und Lacklager usw.).

Die Hauptkomponenten einer Gaslöschanlage sind:

- Gastank, bzw. Gas-Flaschenbatterie
- Branderkennungs- und Steuerungseinrichtung
- Auslöse- und Verzögerungseinrichtung
- Bereichsventile
- Löschleitungen / Rohrnetz
- Offene Löschdüsen

4.2.2.3 Sauerstoffreduzierungsanlagen

Zur Verhinderung von Bränden bzw. deren Ausbreitung wird durch kontrollierte Zuführung von Stickstoff der Sauerstoffgehalt in der Umgebungsluft abgesenkt. Das Ziel ist, in bestimmten Bereichen den Sauerstoffgehalt soweit abzusenken, dass die Brand- oder Explosionsgefahr vermieden wird, die Bereiche aber dennoch begehbar bleiben. Kriterien hierfür sind:

- Die Entzündungsgrenze des jeweiligen Materials
- Das erforderliche Sauerstoffvolumen für den jeweiligen Personeneinsatz
 - Bis 17 Vol % O₂ keine Einschränkungen
 - Unter 15 Vol % O₂ Abstimmung mit dem Arbeitsschutz unbedingt erforderlich
 - Bei 13 Vol % O₂ Min. Konzentration für gängige Anwendungsfälle

Weitere Kriterien für einen optimalen Einsatz des Systems sind:

- In den zu schützenden Räumen gibt es wenig Personenverkehr
- Die Räume sind relativ dicht.

Vorteil des Systems ist, dass Brände verhindert werden und damit die Lieferbereitschaft gesichert ist. Insbesondere bei rauchempfindlichen und hochwertigen Wirtschaftsgütern (z. B. medizinische Produkte, Textilien) können Sauerstoffreduzierungsanlagen sinnvollen Schutz bieten, sowie bei Gebäuden, bei denen konventionelle Löschanlagen keine optimale Lösung darstellen (z. B. Tiefkühlager, Gefahrstofflager, EDV-Räume).

Siehe auch VdS 3527; „Richtlinien für Inertisierungs- und Sauerstoffreduzierungsanlagen, Planung und Einbau“.

4.2.3 Feuerlöscher und Wandhydranten

Feuerlöscher sind in jedem Gang griffbereit an geeigneter Stelle aufzustellen. Regalförderzeuge sind zusätzlich mit mindestens einem Feuerlöscher auszurüsten.

Wandhydranten mit Druckschläuchen und Strahlrohren sind an zugänglichen Stellen anzuordnen.

4.2.4 Rauch-Wärmeabzugsanlagen

Rauch-Wärmeabzugsanlage (RWA) ist ein Oberbegriff. Er beinhaltet die Funktionen

- Rauchabzug
- Wärmeabzug

Wesentliches Element des vorbeugenden Brandschutzes ist der Rauchabzug. Hierfür gibt es Rauchabzugsvorrichtungen (RA-Anlagen). Ziel des Rauchabzugs ist, im Brandfall Flucht- und Rettungswege rauchfrei zu halten, sowie mit der Entrauchung die Löschangriffe der Feuerwehr zu unterstützen.

Der Wärmeabzug ist eine zusätzliche Maßnahme und dient primär dem Gebäudeerhalt und damit indirekt der Sicherheit der Feuerwehr beim Löschen. Kombiniertes Rauch- und Wärmeabzug kann erforderlich werden

- bei Überschreitung der zulässigen Brandabschnittsflächen,
- bei Unterschreitung der erforderlichen Feuerwiderstandsdauer der tragenden Bauteile.

Das Komplettsystem einer Rauch-Wärmeabzugsanlage umfasst mehrere Bestandteile:

- die Rauch-Wärmeabzugsgeräte,
- die Auslöse- und Bedienelemente,
- die Zuluftversorgung
- die Energieversorgung,
- und ggf. Rauchschürzen (bei größeren Räumen).

Rauch-Wärmeabzugsgeräte werden in Verbindung mit Lichtkuppeln, Jalousien, Fenstern o.ä. Bauelementen eingesetzt, die Dach- oder Wandöffnungen verschließen (Rauch-Wärmeabzugsanlagen werden daher i. d. R. dem baulichen Brandschutz zugeordnet). Wird die Anlage ausgelöst, werden die Öffnungen in der Gebäudehülle durch die Abzugsgeräte freigegeben, so dass dadurch der Rauch sowie die Brandhitze entweichen können. Nach ihrer Funktion können Rauch-Wärmeabzugsanlagen unterteilt werden in

- | | |
|-----------------------------|---|
| ▪ Natürliche Abzugsanlagen | Der Rauchabzug erfolgt durch thermischem Auftrieb |
| ▪ Maschinelle Abzugsanlagen | Der Rauchabzug erfolgt durch maschinellen Antrieb, z. B. Ventilatoren |

Die Auslösung der Anlage muss manuell möglich sein (z. B. handbetätigte Rauch- oder Brandmelder). Je nach Anforderung kann eine zusätzliche automatische Auslösung erforderlich sein (siehe Brandmeldeanlagen).

Für einen wirksamen Rauchabzug muss sichergestellt werden, dass entsprechende Luftmengen nachströmen können. Dies kann durch Öffnungen in den Außenwänden oder durch Ventilatoren gewährleistet werden.

Die Anlagen für Rauchabzug, bzw. kombinierten Rauch-Wärmeabzug müssen auch bei Stromausfall funktionsfähig bleiben. Die Energieversorgung für eine Abzugsanlage muss daher weiterhin gewährleistet werden, z. B. über eine Not-Stromversorgung.

Mit Rauchschürzen / Rauchschutzvorhängen kann ein großer Raum in Abschnitte unterteilt werden. Im Falle eines Brandes werden die Vorhänge geschlossen und schränken dabei die Bewegung von Brandgasen ein.

4.3 Technischer Brandschutz im Lager

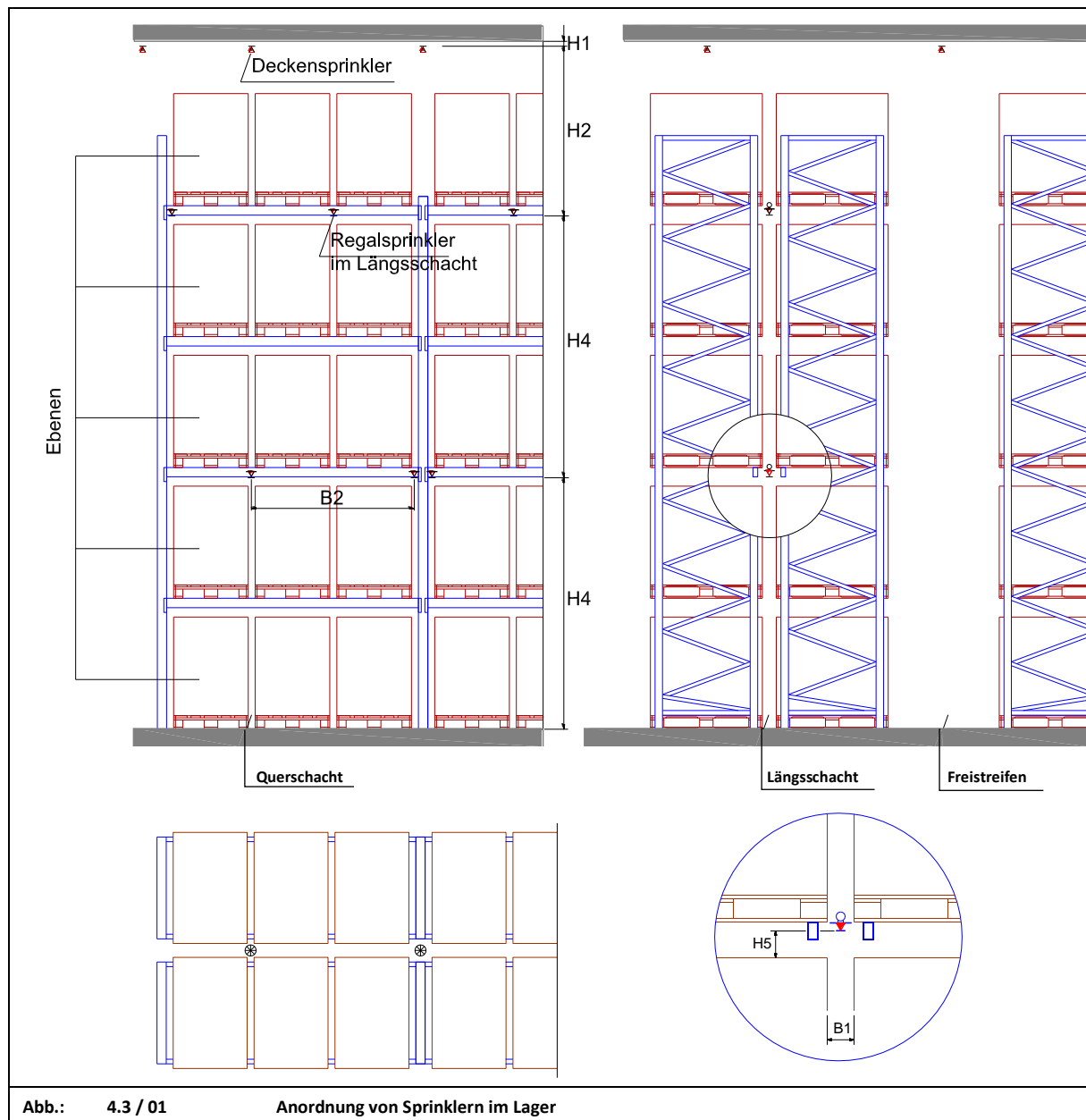
Wie bereits oben erwähnt,

- zählen nach der Muster-Bauordnung Regallager mit einer Höhe bis Oberkante Lagergut von mehr als 7,50 m bereits zu Sonderbauten.
- müssen gemäß IndBauRL Lager mit einer Höhe bis Oberkante Lagergut von mehr als 7,50 m mit einer selbsttätigen Feuerlöschanlage ausgerüstet werden.
- endet die Gültigkeit der Muster-Industriebauanleitung bei Regallagern mit einer Höhe von 9 m bis Oberkante Lagergut.

Für Lager intralogistischer Systeme ist i. d. R. der Brandschutz mit baulichen Maßnahmen allein nicht zu gewährleisten (aufgrund der üblichen Lagerhöhen; aufgrund der Überschreitung der zulässigen

Brandabschnittsflächen und / oder aufgrund der Brennbarkeit der gelagerten Materialien). Ergänzend werden daher im Rahmen des Technischen Brandschutzes am häufigsten Sprinkleranlagen eingesetzt. Die Sprinklerdüsen sind i. d. R. unter dem Dach bzw. unter der Decke eines Raumes angebracht (Dach- bzw. Deckensprinkler). Zusätzlich können sie über besonders zu schützenden Anlagen angebracht werden, wie z. B. in Regalen, unter Zwischenböden sowie an anderen besonderen Stellen.

In Regalen müssen Sprinkler schnell und gezielt über einem Brandherd auslösen um den Löscherfolg zu erreichen. Hierzu werden die Sprinklerdüsen in mehreren Zwischenebenen direkt in die Regale eingebaut (siehe nachfolgende Abbildung).



Bei der Planung sind für die Sprinklerdüsen Freiräume zu berücksichtigen; siehe auch Abbildung oben und nachfolgende Tabellenangaben in Anlehnung an VdS CEA 4001 (Anmerkung: für Kleinteilelager gelten andere Angaben für die Zwischenebenen):

- Freiraum oberhalb der Dach- oder Deckensprinkler. Der Freiraum ist der vertikale Abstand zwischen Sprühteller und Dach / Decke (Ausnahmen siehe VdS CEA 4001, Kap. 11.4.2).
- Freiraum unterhalb von Dach- oder Deckensprinklern.
- Freiraum unterhalb von Regalsprinklern
- Freiraum seitlich von Regalsprinklern

Anbringung der Sprinklerdüsen:

- Die Sprinklerdüsen sind an den Schnittpunkten der Längsschächte und Querschächte anzubringen.
- Bei Einfachregalen müssen die Sprinklerdüsen an der nicht zum Beladen der Regale genutzten Seite angebracht werden.

In der nachfolgenden Tabelle und in der dazugehörigen Abbildung sind einige wichtige Abstandsmaße zusammengefasst (Zwischenebenen- bzw. Regalsprinkler für HH-Risiken):

Maß	Decken- sprinkler	Regal- sprinkler	Abstand vertikal	Abstand horizontal	Abstand (m)	Anmerkung	Siehe VdS CEA 4001 Kapitel:
H1	X		X		0,075 bis 0,15	möglichst einzuhaltender Abstand	11.4.2
					max. 0,3	Unter brennbaren Decken	11.4.2
					max. 0,45	Unter nichtbrennbaren Decken	11.4.2
H2	X		X		0,5	Freiraum unter Sprühteller Bei Brandgefahr LH und OH, ausgenommen bei abgehängten offenen Decken	11.1.2
					1,0	Bei Brandgefahr HHP und HHS	11.1.2
(H3)	(X)					Zwischenebene oberhalb Lagergut, wenn Deckensprinkler mehr als 4 m über OK Lagergut angeordnet ist	11.5.2
H4		X	X		max. 3,5 ^{1) 2)}	Bis zu max. 2 Zwischenebenen (Höhe ¹⁾)	11.5.2
					max. 3 ¹⁾	Bei Kleinteilelagern der Kategorie 1 bis 3 ¹⁾	11.5.2
					max. 2	Bei Kleinteilelagern der Kategorie 4	11.5.2
H5		X	X		min. 0,15	Abstand Sprinklerteller zum Lagergut	11.5.1
B1		X		X	min. 0,15	Abstand zum Lagergut	11.5.1
B2		X		X	max. 3,75 ¹⁾	Für Materialien der Kategorie 1 und 2; bis zu max. 2 Querschächte ¹⁾	11.5.3
		X		X	max. 1,9	Für Materialien der Kategorie 3 und 4; in jedem Querschacht	11.5.3
1) Das kleinere Maß darf nicht überschritten werden 2) Abstand zur untersten Zwischenebene vom Boden aus							
Tab.: 4.3 / 01 Auswahl wichtiger Abstandsmaße gemäß VdS CEA 4001							

Lagerspezifische Besonderheiten bei der Installation von Sprinkleranlagen:

- Kragarmregale
Würden bei Kragarmregalen die horizontal verlaufenden Sprinklerrohre unterhalb der Kragarme verlegt, bestünde die Gefahr der Beschädigung. Es ist daher darauf zu achten, dass die Steher mit entsprechenden Durchbrüchen für die horizontale Verteilung versehen werden.

- Verfahrbare Regalanlagen

Die Wasserzufuhr wird im hinteren Bereich der Regale angebracht, wo auch die Stromzufuhr ist. Dabei sind zwei Systeme zu unterscheiden:

- Wasserzufuhr über flexible Schläuche
- Wasserzufuhr über Rohre mit Gelenkstücken

4.3.1 Technischer Brandschutz im Hochregallager

4.3.1.1 *Technischer Brandschutz in HRL ohne Personenbedienung*

Typisch für Hochregallager mit den großen Höhen (bis über 40 m hoch) und den schmalen Gängen, ist die sehr hohe Materialkonzentration. Das Risiko besteht darin, dass sich Brände von unten nach oben entwickeln. Die heißen Brandgase steigen von einem Brandherd auf und erhitzen das noch nicht brennende Material auf den darüber liegenden Regalebenen. Schon nach wenigen Minuten kann es zu einer Durchzündung bis unter die Hallendecke kommen.

Gleichzeitig ist die Zugänglichkeit für die Brandbekämpfung durch die Feuerwehr aufgrund der Lagerhöhen und der schmalen Lagergänge sehr eingeschränkt. Im Brandfall hat die Feuerwehr praktisch keine Möglichkeit, die oberen Lagerebenen zu erreichen.

- Die mobilen Steckleitern der Feuerwehr reichen nur bis zu einer Nutzhöhe von 7,5 m.
- B-Schläuche sind für Höhen über 15 m ungeeignet und der Einsatz von Wasserwerfern ist aus Platzgründen nicht möglich.

Die Brandbekämpfung vom Boden aus ist auch durch die fehlenden Sichtverhältnisse infolge der Rauchentwicklung erschwert.

Für den Brandschutz in Hochregalanlagen gelten die Empfehlungen nach VDI 3564, soweit der Normalbetrieb keine Anwesenheit von Personen erfordert. Angrenzende Bereiche, wie z. B. die Zonen WE / WA und Kommissionierung sind durch bauliche Maßnahmen, d. h. durch feuerbeständige Wände (F 90 A) zu trennen.

Hochregalanlagen sind mit stationären automatischen Feuerlöschanlagen auszurüsten. Bezogen auf die einzelnen Brandschutzeinrichtungen wird auf Kapitel 4.2 ff verwiesen.

4.3.1.2 *Technischer Brandschutz in HRL mit Personenbedienung*

Für Personenbediente HRL gibt es eine Empfehlung des LFV Hessen [LFV 1]. Dabei handelt es sich um eine Entscheidungshilfe ohne Rechtscharakter. Diese Entscheidungshilfe setzt die Regelungen der VDI 3564:2011 grundsätzlich voraus. Die Planung und Ausführung ist mit der zuständigen Brandschutzdienststelle abzustimmen.

Die empfohlenen Ergänzungen zur VDI 3564 für „Personenbediente Hochregallager“ betreffen folgende Themen:

- Rettungswege
- Rettungswegkennzeichnung
- Sicherheitsbeleuchtung
- Ergänzungen zu den Brandmeldeanlagen
- Ergänzungen zu den Löschanlagen
- Ergänzungen zu den RWA-Anlagen
- Gebädefunk für die Feuerwehr
- Weitergehende Anforderungen

Themen, die sich auf Maßnahmen des baulichen Brandschutzes beziehen, werden in Teil IV.1 „Gebäude / Bauliche Anforderungen“ erläutert.

Ergänzungen zur Brandmeldeanlage (VDI 3564, Abschn. 6.7)

Hochregallager müssen Brandmeldeanlagen haben.

- Beim Auslösen der Brandmeldeanlage müssen geeignete Signalgeber für Brandalarm (nach DIN 33404) zur Warnung der Personen aktiviert werden.
- Selbstständige Löschanlagen sind auf die Brandmeldeanlage aufzuschalten; bei Sprinklern ist jede Sprinklergruppe mit einer eigenen Meldelinie aufzuschalten.
- Die Brandmeldeanlage muss auf die zuständige Leitstelle der Feuerwehr aufgeschaltet sein bzw. auf die zentrale Leitstelle für den Brand- und Katastrophenschutz des jeweiligen Landkreises.

Ergänzungen zu Löschanlagen

Sollen anstelle von Sprinkleranlagen andere selbstständige Löschanlagen eingebaut werden, z.B. Löschanlagen mit gasförmigen Löschmitteln oder Sauerstoffreduzierungsanlagen, ist dies vor Planungsbeginn mit der zuständigen Brandschutzdienststelle abzuklären.

Sprinkleranlagen in personenbedienten HRL müssen der DIN EN 12845 und / oder der VdS CEA 4001 entsprechen. Anlagen nach VdS CEA 4001 müssen der Sprinklerklasse 1 – Vollschutz – entsprechen.

Andere gleichwertige Regelwerke sind z.B. die FM-Richtlinie 2-8 bzw. der NFPA-Standard Nr. 13. Der Einbau nach diesen Regelwerken ist in Abstimmung mit der zuständigen Brandschutzdienststelle zulässig, wobei die Sprinkleranlage dann vollständig nach dem Regelwerk erstellt werden muss, nach dem sie geplant wurde.

Rauchabzugsanlagen (DIN 18232-2 oder 18232-5)

In Lagerbereichen, in denen sich im Normalbetrieb Personen für die Ein- und Auslagerung aufhalten (z. B. Fachbodenanlagen, Handlager, Kommissionierzonen usw.) ist nach den oben genannten Normen zu planen (DIN 18232-2 „Natürliche Rauchabzugsanlagen, Bemessung, Anforderungen und Einbau“ oder DIN 18232-5 „Maschinelle Rauchabzugsanlagen, Bemessung, Anforderungen und Einbau“). Die Höhe der raucharmen Schicht soll mindestens 2,5 m über der obersten, von Personen begehbaren Ebene liegen.

4.3.2 Technischer Brandschutz in Lagern mit Kunststoff-Lagerbehältern

Wegen der hohen Brandgefahr sind für die meisten Lager automatische Feuerlöschanlagen zu empfehlen. Am häufigsten werden Sprinkleranlagen eingesetzt.

Nach einer Internetveröffentlichung [GDV 1] können in gesprinklerten Lagern, in denen Kunststoffe wie Polypropylen (PP) oder Polyethylen (PE) eingesetzt werden, brandschutztechnische Probleme auftreten. Neben dem problematischen Brandverhalten dieser Kunststoffe ergeben sich weitere Probleme durch die Ausführung zu Lagerbehältern, wie z. B. zu Kleinladungsträgern (KLT) nach VDA 4500.

Probleme aus dem Brandverhalten dieser Kunststoffe und Kunststoff-Lagerbehälter:

- Die Kunststoffe schmelzen unter Wärmeinwirkung und tropfen brennend ab
- Im Brandfall entsteht eine nahezu rauchfreie, hochenergetische Verbrennung
- Die Kunststoffe nehmen keine Flüssigkeit auf und brennen deshalb auch unter Wasserkontakt weiter.
- Die Isolierung dieser Kunststoffe ist so gut, dass z. B. ein mit Wasser gefüllter zweischaliger Behälter in dem Hohlraum ungehindert weiter brennt.

Folgeschäden durch den Einsatz dieser Kunststoffe:

- Geschmolzene Kunststoffe bilden nach dem Erstarren mit anderen Materialien eine feste Einheit. Dadurch wird die Entsorgung auf eine Sondermülldeponie erforderlich.
- Geschmolzene Kunststoffe können in das Abwassersystem eindringen und dieses beim Erstarren verstopfen

Die VdS CEA 40001 beschreibt unter Anhang K „Schutz vor besonderen Risiken“ u. a. auch die Anforderungen an „Lager mit Lagerbehältern aus Polypropylen (PP) und Polyethylen (PE); PP-Kleinladungsträgern (KLT) und gelagerten PP/PE/PS-Materialien“.

5 QUELLENNACHWEIS ZU TEIL V

5.1 Tabellenverzeichnis

Kapitel / Tab.	Titel der Tabelle	Quelle
2 / 01	Arbeitsplatzabhängige Richtwerte für Raumtemperaturen und Luftwechselraten	In Ablehnung an [BDE 1]
2 / 02	Einteilung von Lüftungs-, Teilklima- und Klimaanlage	In Anlehnung an [WIK 1] mit Bezug auf DIN EN 13779
2.2.5 / 01	Speicherarten und erzielbare Energiedichten	[SOL 1]
2.4.4 / 01	Konvektive und strahlende Heizsysteme	[FHB 1]
2.4.7 / 01	Verbrauchs- und betriebsgebundene Kosten der Heizsysteme für eine Modellhalle	In Anlehnung an [VNG 1]
2.4.7 / 02	Gegenüberstellung „Warmflurzeuger“ zu „Deckenstrahlungsheizungen“	[BGW 1]
3.2.1 / 01	Mindestwerte für die Beleuchtungsstärke und Farbwiedergabe in Räumen	In Anlehnung an ASR A 3.4 Anhang 1
3.2.1 / 02	Mindestwerte für Beleuchtungsstärke in Räumen	Auszug aus ASR 7/3
3.2.1 / 03	Mindestwerte für die Beleuchtungsstärke und Farbwiedergabe im Freien	In Anlehnung an ASR A 3.4 Anhang 2
4.2.2 / 01	Brandgefahrensklassen	In Anlehnung an VdS CEA 4001
4.3 / 01	Auswahl wichtiger Abstandsmaße	In Anlehnung an VdS CEA 4001

5.2 Abbildungsverzeichnis

Kapitel / Abb.	Titel der Abbildung	Quelle
2.1.3 / 01	Funktionsschema einer BHKW-Anlage	Verfasser
2.1.3 / 02	Funktionsschema einer Kompressionswärmepumpe zur Erzeugung von Heizwärme	Verfasser
2.1.3 / 03	Prinzipschaltbild einer Absorptionskältemaschine	Verfasser
2.1.3 / 04	Prinzipschaltbild einer Adsorptionskältemaschine	Verfasser
2.1.3 / 05	Funktionsschema einer solaren Brauchwassererwärmung kombiniert mit einer Zusatzheizung und einem bivalenten Speicher	Verfasser
2.4.5 / 01	Tor-Luftschleier, z. B. im Wareneingang / Warenausgang	[HLH 1]
2.4.5 / 02	Beispiel für einen Wand-Lufterhitzer mit Warmwasser	Internet, Verfasser unbekannt
2.4.6 / 01	Prinzipdarstellung für die Anordnung von Zuluftkanälen unter der untersten Einlagerungsebene	Verfasser
2.4.6 / 02	Rekuperative Wärmerückgewinnung (Schema)	Verfasser
2.4.6 / 03	Rotationswärmeübertrager (schematische Darstellung)	WIKIPEDIA
3.2.2 / 01	Beispiele für verschiedene Lampenarten	[LIC 1]
3.2.3 / 01	Beispiele für Hallenbeleuchtung und Regalgangbeleuchtung	Internet, Verfasser unbekannt
4.2.2 / 01	Schema einer Sprinkleranlage	[TOT 1]
4.2.2 / 02	Schematische Darstellung: Glasfass-Sprinkler und Schmelzlot-Sprinkler	Verfasser
4.2.2 / 03	Sprinklerschutzkorb und Abschirmung	[EUR 1]
4.3 / 01	Anordnung von Sprinklern im Lager	Verfasser

5.3 Literaturverzeichnis

5.3.1 Gesetze, Normen, Richtlinien, Empfehlungen, usw.

BGI 1	BGI 560	BG-Information: Arbeitssicherheit durch vorbeugenden Brandschutz, Kap. 11 Technischer Brandschutz (www.vbg.de/zwischenfall/zh/z112/11.htm)
IND 1	IndBauRL	Richtlinie über den baulichen Brandschutz im Industriebau (Industriebaurichtlinie) Fassung März 2000
MBO 1	MBO	Musterbauordnung
VDS 1	VdS 2000:2010	Leitfaden für den Brandschutz im Betrieb
VDS 2	VdS 2005:2001	Leuchten, Richtlinien zur Schadensverhütung
VDS 3	VdS 2199:1998	Brandschutz im Lager
VDS 4	VdS 2259:2010	Batterieanlagen für Elektrofahrzeuge, Richtlinien zur Schadensverhütung
VDS 5	VdS 2324	Niedervoltbeleuchtungsanlagen, Richtlinien zur Schadensverhütung
VDS 6	VdS 2298	Lüftungsanlagen im Brandschutzkonzept, Merkblatt
VDS 7	VdS 3429	Auswahl des analgentechnischen Brandschutzes
VDS 8	VdS 2557	Planung und Einbau von Löschwasser-Rückhalteanlagen
VDS 9	VdS 2564	Richtlinien für Löschwasser-Rückhalteanlagen – Bauteile und Systeme
VDS 10	VdS CEA 4001	VdS-Richtlinien für Sprinkleranlagen – Planung und Einbau (2010)
VFD 1	Vfdb 01/01	Vfdb-Richtlinie „Brandschutzkonzept“ (Verein zur Förderung des Deutschen Brandschutzes e. V.)

5.3.2 Literatur, Firmenbroschüren, Internetveröffentlichungen

BDE 1	BDEW Bundesverband der Energie- und Wasserwirtschaft „Wärmeluftheizung“, (Stand 2004)
BES 1	„Deckenstrahlungsheizung bringt große Einsparung“ Internetveröffentlichung der Best GmbH
BGW 1	Erdgas für die Beheizung von Großräumen und Hallen, Bundesverband der deutschen Gas- und Wasserwirtschaft, BGW, 2003
BUD 1	Buderus, Internetveröffentlichung
EUR 1	Eurosprinkler, Internetveröffentlichung
FHB 1	FH Braunschweig / Wolfenbüttel; Internetveröffentlichung: „Wärmeabgabesysteme“, Qualifikation zum/r Energieberater/in TGA
FMJ 1	Fördermitteljournal 7-8 / 95, „Brandschutz im Lager – die Kostenfrage“ Interview mit Dr. Wiese, VdS
FMG 1	FM Global Deutschland; L. Tegeler; Internetveröffentlichung Brandschutz in der Logistik; Betriebsunterbrechung kann das Aus bedeuten
GDV 1	Gesamtverband der Deutschen Versicherungswirtschaft e. V. (GDV); Baulicher und technischer Brandschutz in Speditions- und Lagerbetrieben, (Vortrag von Herrn Dieter Georgi, VdS Schadensverhütung GmbH),
HLH 1	HLH, Bd. 60 (2009) Nr. 11, S. 53 ff); Internetveröffentlichung
IHK 1	Baulicher Brandschutz für Gewerbe- und Sonderbauten; Internetveröffentlichung der IHK Ostwürttemberg; 2001
LFV 1	LFV Hessen, FA - Vorbeugender Brand- und Gefahrenschutz; Internetveröffentlichung „Ergänzende Empfehlungen für Brandschutz in Hochregallagern, die im Normalfall die Anwesenheit von Personen erfordern“.
LIC 1	licht.wissen 05 – Industrie und Handwerk – (Freier Download auf www.licht.de)
SAL 1	Salzer & Koch Consultants GmbH in Kooperation mit Dömges Architekten AG: „Logistikhalle aus nachwachsenden Rohstoffen“
SCH 2	Schulte, Internetveröffentlichung der Schulte Industrieheizung GmbH,

SOL 1	SolarServer (Internetportal zu Sonnenenergie) © Heindl Server GmbH; Sonne speichern: Thermochemische Wärmespeicher als Perspektive für autarke Solarheizung, Fernwärme und solare Trocknungsanlagen
SOM 1	Sommer, Klaus, FH Köln, Fakultät 09, Heizen und Kühlen am Beispiel der Betonkernaktivierung, BVF- Symposium 2002
TOT 1	Total Walther, Wasser- und Schaumlöschanlagen;
VNG 1	Verbundnetz Gas AG; Strahlungsheizung – ein System mit hoher Effizienz
WIK 1	WIKIPEDIA (Internetveröffentlichung): „Klimaanlage“