

Oktober 2000

Energie und Wasser sparende Gebäudetechnik in Sporthallen

Technische Anweisung Nr. 6



Freie und Hansestadt Hamburg
Umweltbehörde

Inhalt:

GELTUNGSBEREICH	4
<u>TEIL A: PLANUNG</u>	4
A1. WÄRMEVERSORGUNG	4
A2. HEIZUNGSSYSTEME	4
2.1 Halle	4
2.2 Nebenräume	6
A3. HEIZUNGSREGELUNG	6
3.1 Halle	7
3.2 Nebenräume	7
A4. RAUMTEMPERATUREN	7
4.1 Halle	7
4.2 Nebenräume	8
A5. LÜFTUNG	8
5.1 Halle	8
5.2 Nebenräume	8
A6. WARMWASSERVERSORGUNG	9
6.1 Warmwasserspeicher	9
6.2 Duschen	9
6.3 Waschbecken	10
A7. BELEUCHTUNG	10
<u>TEIL B: BETRIEB</u>	11
B1. ALLGEMEIN	11
B2. BEHEIZUNGSSTRATEGIEN	11
B3 BESONDERE REGELUNGSEINRICHTUNGEN	12
3.1 Temperaturfühler in der Halle	12
3.2 Ersatz der analogen Regler	12
B4 RAUMTEMPERATUREN	12
4.1 Raumtemperaturen in der Halle	12
4.2 Raumtemperatur der Nebenräume	13
B5. LUFTHEIZREGISTER UND LUFTABSAUGUNG	13
5.1 Luftheizregister	13
5.2 Luftabsaugung in den Duschen	14
B6. KONTROLLE DES WASSERVERBRAUCHS	14
B7. BELEUCHTUNG	14
7.1 Lichtsteuerung	14
7.2 Lampen mit EVG	14
<u>TEIL C: INFORMATIONSVORLAGEN</u>	15
ANLAGE:	16
1. Luftheizung	16
2. Wand-Plattenheizkörper	17
3. Deckenstrahlplattenheizung	17
4. Heizung mit Gas-Infrarotstrahlern	19
5. Fußbodenheizung	22

Gebäudetechnik in Sporthallen

Teil A: Planung

Anweisungen für die **Planung, Auslegung** und **Auswahl** der technischen Gebäudeausrüstung bei

- **Neubau**
- **Umbau**
- **Sanierung**

Teil B: **Betrieb**

Anweisungen für die **Betriebsführung** (Hausmeister), **Wartung** und Durchführung kleiner **Reparaturen**

Teil C: **Informationsvorlagen**

Vorlagen zum Aushängen in den Sporthallen mit Informationen für die

- **Sportlerinnen** und **Sportler**
- **Betreuerinnen** und **Betreuer**

Anlage: **Verschiedene Hallenheizungen**

Beschreibung; Vor- und Nachteile von

- Luftheizung
- Wand-Plattenheizkörper
- Deckenstrahlplattenheizung
- Gas-Infrarot-Strahlungsheizung
- Fußbodenheizung

Geltungsbereich

Die hier aufgeführten Anweisungen gelten sowohl für den Neu-, Um- und Erweiterungsbau und für Grunderneuerungen (Teil A: 'Planung'), als auch für den Bestand von Sport- und Gymnastikhallen (Teil B: 'Betrieb') im öffentlichen Bereich der FHH. Die Anweisung ersetzt die alte 'Technische Anweisung Nr. 6; Wärmeversorgung von Turnhallen' von 1977. Die Inhalte sind mit der Behörde für Schule, Jugend und Berufsbildung und der Baubehörde abgestimmt.

Teil A: Planung

A1. Wärmeversorgung

Standard:

Wärme für die Heizung und Warmwasserbereitung ist durch Gasverbrennung in einem Gas-Brennwertkessel bereitzustellen. Diese Versorgungsart verbindet geringe CO₂- und Schadstoffemissionen und einen hohen Anlagenwirkungsgrad mit der geforderten Eigenschaft, kurzfristig auf Bedarfsänderungen reagieren zu können.

Gas-Brennwertkessel

Es ist ein modulierender Kombi-Kessel für Hallen- und Nebenraumheizung sowie für die Warmwasserbereitung einzusetzen.

Für die Auslegung von Kesselanlagen und Brennern wird auf die Technischen Anweisungen Nr. 8 'Einsatz von Brennwerttechnik' - und Nr. 9 'Richtwerte für Kesselanlagen' sowie auf die Baufachliche Richtlinie 1/97 'Planung und Bau von Heizanlagen' verwiesen!

unter speziellen Voraussetzungen:

Fernwärme

Beim Einsatz von Fernwärme ist zu beachten, dass durch den unterbrochenen Betrieb zum Aufheizen ein hoher Heizwasserdurchsatz notwendig ist und damit ein hoher Leistungspreisanteil entsteht. Die Einzelversorgung einer Sporthalle mit Fernwärme mit Berechnung eines Leistungspreises ist deshalb selten sinnvoll und wirtschaftlich. Ist die Fernwärme ohne getrennte Leistungspreisberechnung zu beziehen, z.B. durch Nutzung des Fernwärme-Rücklaufs anderer Gebäude, so ist sie unter Umweltaspekten sinnvoll und bei höherer Wirtschaftlichkeit der Gasversorgung vorzuziehen.

A2. Heizungssysteme

2.1 Halle

Besonderheiten der Sporthallenbeheizung:

Bei der Wahl des Heizungssystems muss beachtet werden, dass der Wärmebedarf einer Sporthalle von einigen besonderen Eigenschaften geprägt ist:

- Es fehlen weitgehend die erwärmten Innenflächen, die mit den Außenwänden und Fenstern im Strahlungsaustausch stehen. Bei einer überwiegend konvektiven Heizung (z.B. Luftheizung) führt dies zu einer Verminderung des Transmissionswärmeverlusts (bis zu 10 %). Strahlungsheizungen heben diesen Effekt wieder auf oder überkompensieren ihn sogar. (vgl. DIN 4701 (1983), Teil 1, Abschn. 7.3)
- Das Verhältnis von Lüftungswärmebedarf (freie Lüftung) zu Transmissionswärmebedarf ist sehr klein.
- Durch unterschiedlich starke Aktivitäten der Sportlerinnen und Sportler ist sowohl der Anspruch an die Raumwärme als auch die Wärmeabgabe der

Personen sehr unterschiedlich:

Bei ruhigen Sportarten sollen die Raumtemperaturen höher sein, die Wärmeabgabe ist aber gering. Werden auf Grund größerer sportlicher Aktivitäten niedrigere Raumtemperaturen gewünscht, dann ist gleichzeitig die Wärmeabgabe hoch (bis zu 300 W / Person). Um trotz dieses Widerspruchs in der Heizperiode Behaglichkeit herzustellen, muss das Heizsystem und dessen Regelung besonders schnell und flexibel reagieren.

Zur Lösung dieser Problematik hat es sich bewährt, in den Nutzungszeiten grundsätzlich nur so viel zu heizen, dass für aktive Sportarten behagliche Temperaturen vorliegen (ca. 14 - 15°C). Bei besonderem Bedarf muss das Heizsystem dann aber in der Lage sein, die Hallentemperatur schnell auf 17°C zu erhöhen.

Entscheidungsrelevant für die Wahl eines Heizsystems sollte deshalb dessen Fähigkeit zu einer schnellen bedarfsgerechten Anpassung der Wärmezufuhr in die Halle sein, um eine nutzergesteuerte Schaltung mit 'Bedarfsknopf' (siehe 3.1 Regelung) zu ermöglichen.

Standard im Bestand und bei Hallen mit Be- und Entlüftungsanlage:

Luftheizung

(Beschreibung, Vor- u. Nachteile siehe Anlage >Luftheizung<)

Die Luftheizung stellt wegen ihrer Flexibilität und den verringerten Transmissionswärmeverlusten eine energiewirtschaftlich günstige Beheizungsart einer Sporthalle dar. Die warme Luft (normalerweise ohne Frischluftanteil!; siehe auch 5.1 Lüftung; Halle; "bei Luftheizung") wird dabei in ca. 2,5 - 3 m Höhe in die Halle eingeblasen. Die Luftansaugung erfolgt in ähnlicher Höhe oder in Bodennähe.

Mit zunehmender Wärmedämmung aller Außenflächen (v.a. auch der Fenster) verlieren die energiewirtschaftlichen Vorteile der Luftheizung gegenüber anderen Beheizungsarten an Bedeutung. Insbesondere bei neuen oder modernisierten Hallen können deshalb gesamtwirtschaftliche Aspekte, wie Installations- und Wartungskosten, Lebensdauer oder Behaglichkeitskriterien zum Einbau einer anderen Beheizungsart führen.

Bei Hallen mit Zuschauerrängen, in denen auf Grund der benötigten Frischluftmenge eine Be- und Entlüftungsanlage installiert wird, soll auch die Beheizung hierüber erfolgen. Andere zusätzliche Heizsysteme würden unnötige Investitionskosten verursachen und wären in Bezug auf die Betriebskosten auch nicht günstiger. Ist auf Grund der Tribünen eine Luftzufuhr in 2 - 3 m Höhe nicht möglich, so wird die Warmluft über Düsen von der Decke eingeblasen.

Alternative Systeme im Neubau und nach Modernisierung:

Plattenheizkörper an Decke oder Wand mit sehr hohem Strahlungsanteil;

(Beschreibung, Vor- u. Nachteile siehe Anlage >Deckenstrahlplattenheizung< und >Wand-Plattenheizkörper<)

Die o.g. Bedingungen werden mit einigen Einschränkungen von warmwasserdurchflossenen Plattenheizkörpern an Wand oder Decke erfüllt. Der Strahlungsanteil dieser Systeme muss aber möglichst hoch sein, da sonst eine übermäßige Erwärmung der Luft im oberen Bereich der Halle und damit ein unnötiger Wärmeverlust auftritt.

An der Wand eignen sich z.B. einreihige Plattenheizkörper ohne Konvektorbleche. Um die Verletzungsgefahr zu mindern, werden diese oberhalb des Prallschutzes an den Längswänden der Halle angebracht. Die Befestigung muss besonders haltbar (ballwurfsicher) ausgeführt sein. Scharfe Ecken und Kanten sind unzulässig.

Deckenstrahlplatten müssen rückseitig sehr gut wärmegeklämt sein und sollen waagrecht in die ebenfalls gut wärmegeklämte, möglichst waagrechte Decke integriert werden.

Da die strahlenden Heizsysteme die Luft nur langsam erwärmen, ist eine Bedarfsschaltung nur insofern möglich, als kurz nach dem Einschalten der Heizung zusätzliche Strahlungswärme im Raum die empfundene

Temperatur anhebt.

Die Leistung der Heizkörper an Wand und Decke ist aber auf Grund des bei neuen Hallen insgesamt niedrigen Wärmebedarfs so gering, dass die Strahlungsintensität höchstens ausreicht, um die empfundene Temperatur um 1 - 2 K über die Lufttemperatur anzuheben. Die Nutzungsgrundtemperatur kann entsprechend nur ca. 1 -2 K unter der Bedarfstemperatur liegen. Um die Strahlungsintensität und die Flexibilität zu erhöhen, sollten die Heizplatten größer ausgelegt werden, als nach der Heizwärmebedarfsberechnung nötig wäre.

In Einzelfällen:

Fußbodenheizung

(Beschreibung, Vor- u. Nachteile siehe Anlage >Fußbodenheizung<)

Alle in Gebäudeteile integrierten Heizsysteme wie Fußboden-, Decken- oder Wandheizung können auf kurzfristige Wärmebedarfe (z.B. nach Lüftung) oder Wärmeüberschüsse (z.B. durch Sportaktivitäten oder Sonneneinstrahlung) nicht schnell reagieren. Sie weisen außerdem erhöhte Wärmeverluste über die Rückseite der Heizfläche auf.

nicht:!!

Decken- oder Wandheizung

Deshalb sollte eine Fußbodenheizung nur in Einzelfällen und bei zusätzlicher Wärmedämmung der Bodenfläche eingebaut werden. Die installierte Heizleistung sollte außerdem über dem berechneten Bedarf liegen, um die Reaktionsfähigkeit zu erhöhen.

In Ausnahmefällen:

Gas-Strahlungsheizung (Hell- und Dunkelstrahler)

(Beschreibung, Vor- u. Nachteile siehe Anlage >Gas-Infrarotstrahlern <)

Wand- und Deckenheizungen sind nicht zu verwenden.

Die Gas-Strahlungsheizung erfüllt die beschriebenen Anforderungen in ähnlicher Weise, wie die vorgenannten Strahlungsheizsysteme. Auch bei den Gas-Strahlungsheizsystemen muss ein möglichst hoher Strahlungsanteil (ca. 70 -80 %) angestrebt werden. Sie haben allerdings u.a. die Nachteile höherer Betriebskosten, ungleichmäßiger z.T. starker Wärmestrahlung auf den Kopf der Sportlerinnen und Sportler und es wird ein zusätzlicher Kessel zur Nebenraumheizung und Warmwasserbereitung benötigt. Außerdem ist der Anlagenwirkungsgrad gegenüber einem modernen Gas-Brennwertkessel schlechter. Bei Hellstrahlern ist zusätzlich nachteilig, dass durch die offene Verbrennung Sauerstoff aus der Hallenluft verbraucht wird.

2.2 Nebenräume

Standard:

Umkleide- und Duschräume werden mit Heizkörpern beheizt.

Heizkörper

Die Geräteräume und der Eingangsbereich sind ebenfalls mit Heizkörpern auszustatten.

A3. Heizungsregelung

Standard bei Neuanlagen mit Gas-Brennwertkessel:

Pumpenregelung über die Temperaturdifferenz

Bei Neuanlagen mit Gas-Brennwertkessel sind die Heizungspumpen jedes Stranges entsprechend dem jeweiligen Wärmebedarf, d.h. über die jeweilige Temperaturdifferenz zwischen Heizungsvorlauf und -rücklauf zu regeln. Dies minimiert den Energieverbrauch der Pumpen und erhöht die Brennwertnutzung.

Beim hydraulischen Abgleich muss sichergestellt werden, dass auch bei kleinster Pumpenleistung jeder Heizkörper versorgt wird.

Beim Umbau bestehender Anlagen ist diese Regelung anzustreben.

3.1 Halle

<i>Standard:</i>	Die Hallenheizung ist mit einem busfähigen Regelungssystem in DDC-Technik auszustatten.
- DDC-Regler (busfähig);	In jedem abtrennbaren Hallenteil ist ein Raumtemperaturfühler in ca. 3 m Höhe (möglichst nicht an der Außenwand) ballwurfsicher zu installieren.
- Raumfühler	Die Heizungsvorlauftemperatur wird über die Außentemperatur geregelt
- Außentemperaturfühler	Ein Tages- und Wochenprogramm schaltet prioritär zwischen Zeiten im Frostschutzbetrieb (Nacht, evtl. Wochenende und Ferien) und Hallennutzungszeiten.
- Tages- und Wochenprogramm	Innerhalb der Nutzungszeiten soll es möglich sein, manuell über einen Bedarfsknopf (im Aufsichtsraum) für eine voreingestellte Zeit (45 Min.) die Heizung zu verstärken, sodass sich in der Halle die sog. Bedarfstemperatur einstellt (s. a.: 2.1 Heizung; Halle; "wichtige Eigenschaften").
- Bedarfsknopf	
<i>Ausnahme:</i>	Bei Fernwärmeversorgung mit Leistungspreisanteil und/oder bei Fußbodenheizung ist die Regelungsmöglichkeit eingeschränkt!
Fernwärme und/oder Fußbodenheizung	In der Halle sollte eine entsprechende Erläuterung aushängen, die über die Möglichkeit der Bedarfsschaltung informiert (siehe Teil C).

3.2 Nebenräume

<i>Standard:</i>	Die Beheizung der Nebenräume ist ebenfalls mit einem busfähigen Regelungssystem in DDC-Technik auszustatten.
- DDC-Regler (busfähig);	Die Temperatur der Dusch- und Umkleieräume wird mit selbsttätig wirkenden Einrichtungen raumweise geregelt (Einzelraumregelung oder Thermostatventile). Thermostatventile müssen robust konstruiert sein und über die Möglichkeit einer arretierten Begrenzung der maximalen und der minimalen Raumtemperatur verfügen
- Thermostatventile (arretierbar)	
- Tages- und Wochenprogramm	Die Regelung soll ein Tages- und Wochenprogramm beinhalten, das eventuell von der Hallenregelung übernommen werden kann. In den Nebenräumen wird aber nur zwischen Frostschutz- und Nutzungsbetrieb geschaltet.

A4. Raumtemperaturen

4.1 Halle

<i>Standard:</i>	Wegen einer eventuellen Nutzung als Notunterkunft ist die Heizungsanlage der Sporthallen auf eine Hallentemperatur von 20°C auszulegen, obwohl zur üblichen Nutzung nur eine Temperatur von max. 17°C (Bedarfstemperatur) benötigt wird.
Berechnungsgrundlage zur Auslegung der Heizung: 20°C	

4.2 Nebenräume

Standard

**Umkleide- und
Duschraum: 22°C**

**Eingangsbereich u.
Geräteräume: 12°C**

Die Heizung der Umkleide- und der Duschräume ist auf eine Raumtemperatur von 22°C auszulegen, die des Eingangsbereichs und der Geräteräume auf 12 °C.

A5. Lüftung

5.1 Halle

*Standard bei
Luftheizung:*

**3-facher Luftwechsel
ohne Außenluftanteil**

evtl. im Neubau:

**zeitlich begrenzt,
geringer vorgewärm-
ter Außenluftanteil**

Bei allen bestehenden Hallen soll die Frischluftzufuhr über Türen und Fenster erfolgen. Deshalb ist auch bei der Umluftheizung (dreifacher Luftwechsel pro Stunde) kein Frischluftanteil vorgesehen.

Bei neuen Hallen wird über die freie Fugenlüftung nur ca. die Hälfte bis ein Drittel der nötigen Menge Frischluft (nach DIN 1946 T2: ca. 20 m³ / (h Person)) der Halle zugeführt. Bei Einbau einer Luftheizung in neuen Hallen kann es deshalb sinnvoll sein, die Möglichkeit zu schaffen, zeitweilig einen von der Abluft vorgewärmten Anteil Frischluft zuzugeben. Diese Zufuhr darf aber nur nach manuell geschalteter Anforderung oder evtl. über einen Hygrostaten geregelt, für eine begrenzte Zeit erfolgen.

*bei anderen
Heizsystemen:*

keine Zwangslüftung

Um Energieverbrauch und Kosten zu minimieren, soll bei anderen Heizsystemen in allen Hallen ohne Zuschauerränge keine Zwangslüftung vorgesehen werden. Die Möglichkeit der Querlüftung über mehrere Lüftungsklappen oder Kippfenster muss gegeben sein.

*bei elektromotorisch
betriebenen Klappen
oder Fenstern:*

**Heizungsab-
schaltung beim
Öffnen und autom.
Verschließen nach
10 Minuten**

Sind die Lüftungsmöglichkeiten elektromotorisch zu öffnen, dann muss folgende Schaltung eingerichtet werden:

- Öffnen und Schließen über einen Taster (bei Dreifeldhallen für jedes Hallenteil einzeln) im jeweiligen Aufsichtsraum.

- Automatisches Verschließen der Klappen/Fenster in der Heizperiode durch ein zwischengeschaltetes Zeitrelais nach maximal 10 Minuten.

- Automatische Abschaltung der Heizung während der Öffnungszeit.

Im Sommer ist das Zeitrelais in der Nutzungszeit und mindestens einige Zeit danach, so zu schalten, dass auch Dauerlüftung möglich ist!

5.2 Nebenräume

*Standard im
Duschraum:*

**Luftabsaugung mit
Feuchtesensor**

In die Decke über den Duschen ist eine Luftabsaugung einzubauen und über einen Feuchtesensor zu steuern. Luftzufuhr soll aus der Halle über den Umkleideraum erfolgen. Die Verbindungstüren sind hierfür jeweils mit Luftschlitzen o.ä. zu versehen.

A6. Warmwasserversorgung

<i>Standard:</i> Warmwasserbereitung durch Gas-Brennwertkessel	Die Erwärmung des Duschwarmwassers erfolgt durch den Gas -Brennwert Kessel, der auch das Heizwasser für Nebenräume und Halle erhitzt.
<i>eventuell:</i> Solarthermie	Eine zusätzliche solarthermische Erwärmung kann mit kurzem Leitungsweg auf dem Hallen- oder Nebenraumdach installiert werden, wenn die Kosten zu 2/3 durch die voraussichtlichen Energiekosteneinsparungen gedeckt werden.
<i>Standard:</i> Wasserzähler im Kaltwasserzulauf	Der Kaltwasserzulauf zur Warmwasserbereitung erhält einen Wasserzähler mit einer Möglichkeit zur zeitbezogenen Verbrauchsmessung.

6.1 Warmwasserspeicher

<i>Standard:</i> Pufferspeicher mit Durchflusserwärmung	Als Warmwasserspeicher ist ein Puffer-Schichtenspeicher zu verwenden, der primär nur Heizwasser speichert. Dieses erwärmt dann über einen leistungsfähigen Wärmetauscher sekundär das Duschwasser im Durchfluss. Dadurch, dass fast kein Trinkwasser gespeichert wird, kann auf eine Entkeimung verzichtet werden. Die Leistungsfähigkeit der Durchflusserwärmung soll ausreichen, um sämtliche Duschen gleichzeitig mit Warmwasser in Duschtemperatur zu versorgen.
Auslegung des Speichers für ca. 700 l Duschwarmwasser	Der Speicher ist so zu bemessen, dass pro Spielfeld ca. 700 l Duschwarmwasser zur Verfügung stehen. Danach steht im Regelfall für die Aufheizung des Speichers ein Zeitraum von 50 Min. zur Verfügung.
Pumpenregelung über Wassertemperatur	Sämtliche Pumpen in diesem System müssen bedarfsabhängig über die Messung der Wassertemperaturen geregelt werden.

6.2 Duschen

<i>Standard:</i> Duschwasser max. 9 Liter / Minute	Es sind Schrägduschen mit unverstellbarem diebstahlsicherem und verkalkungsarmem Duschkopf zu verwenden. Zur Ausbildung eines ausreichenden Strahlbildes und zur Verhinderung von Wasservernebelung (Legionellenrisiko) sind Tropfenduschköpfe einzusetzen. Sie müssen mit vom Leitungsdruck unabhängigen Durchflussmengenkonstanthaltern ausgestattet sein, die die Ausflussleistung auf max. 9 l/min begrenzen.
Selbstschlussventil	Die Brausemischarmatur besteht aus einer Absperreinrichtung für Kalt- und Warmwasser und einem Selbstschlussventil mit Laufzeitsteuerpatronen mit werkseitig festeingestellter Fließdauer von 20 Sekunden. Die Steuerpatronen müssen leicht zu wechseln und durch Austauschpatronen zu ersetzen sein.

6.3 Waschbecken

Standard.

Kein Warmwasser an Waschbecken im WC

Warmwasserwaschstellen dürfen auf Grund der aufzuwendenden Wärmeenergie und der Deckung der Verteilverluste nur sehr restriktiv bereitgestellt werden. An Waschbecken in WC-Anlagen wird nur Kaltwasser angeschlossen (Ausnahme: Behinderten-WC).

A7. Beleuchtung

Standard:

ausreichend Tageslicht

Die Größe und Anordnung der Fenster oder anderer transparenter Außenflächen von Sporthallen muss so gewählt werden, dass bei Tageslicht keine zusätzliche Beleuchtung benötigt wird. Größere Fensterflächen bedeuten im Winter einen erhöhten Wärmeverlust und im Sommer evtl. eine zu starke Aufheizung und sind deshalb zu vermeiden.

Langfeldleuchten; 3-Banden-Leucht- stofflampen mit EVG

Die Beleuchtung von Sporthallen erfolgt durch ballwurfsichere Langfeldleuchten. Diese sind mit elektronischem Vorschaltgerät (EVG) mit Warmstart und Drei-Banden-Leuchtstofflampen auszustatten.

zentrale Lichtsteuerung über Lichtsensoren und Zeitprogrammierung

In allen Hallen ist eine energiesparende zentrale Lichtsteuerung für Halle und Nebenräume zu installieren. Zu diesem, in Hamburg standardisierten, System gehört eine differenzierte Lichtkreisaufteilung, der Einsatz von Lichtsensoren und eine Zeitprogrammierung der Lampen. Dabei wird auch nach drei Helligkeitsstufen für Reinigungs-, Trainings- und Wettkampfbetrieb unterschieden. Außerhalb von definierten Nutzungszeiten kann das Licht nur manuell über ein Zeitintervall von jeweils 15 Minuten eingeschaltet werden. Detaillierte Informationen zu dieser Schaltung und eine Broschüre "Lichtsteuerung in Sporthallen" sind in der Umweltbehörde im Referat 'Rationelle Energie- und Wasserverwendung' erhältlich.

Zentralabschaltung der Nebenraum- beleuchtung

In einem Aufsichtsraum soll es möglich sein, die gesamte Nebenraumbeleuchtung zentral abzuschalten.

Teil B: Betrieb

B1. Allgemein

Keine Technik ersetzt den erfahrenen praktischen Menschen: - Trotz vielerlei technischer Unterstützung und Automatisierung hat die Betriebsführung der technischen Anlagen durch den Hausmeister auch heute noch einen wesentlichen Einfluss auf den sparsamen Einsatz von Energie und Wasser. Gerade in Sporthallen sind auch bei ähnlicher Bauweise und Ausstattung extreme Unterschiede in den Verbräuchen festzustellen.

Die technischen Anlagen müssen optimal eingestellt sein und die Steuerungsprogramme immer wieder der Nutzung angepasst werden. Die Funktionsfähigkeit muss laufend überprüft werden. Defekte Teile sind so schnell wie möglich zu reparieren oder zu ersetzen. Einige Anlagen oder Anlagenteile müssen regelmäßig gewartet werden, wobei z.T. besondere Fachkenntnis erforderlich ist, sodass der Abschluss eines Wartungsvertrags sinnvoll ist. Durch die 'Technische Anweisung Nr.1' (Heizungsbetriebsanweisung) der Umweltbehörde wird detailliert die Art und Weise der Bedienung und Betriebsführung verschiedener Heizungsanlagen vorgeschrieben, um einen möglichst energiesparenden Betrieb sicherzustellen. Dasselbe Ziel verfolgen die Vorschriften der 'Technischen Anweisung Nr. 11' (Elektro) im Bereich der Elektroenergie.

In den folgenden Abschnitten wird deshalb nur auf einige Besonderheiten beim Betrieb von Sporthallen eingegangen. Selbstverständlich gelten alle allgemeinen Vorschriften und Richtlinien auch hier, soweit sie nicht durch besondere Vorschriften ersetzt sind.

B2. Beheizungsstrategien

alte Hallen:

- **schnell aufheizen**
- **möglichst oft abgesenkter Betrieb**

Die meisten Sporthallen in Hamburg sind nur wenig wärme gedämmt. In solchen Hallen geht mehr als 90 % der Heizungswärme über den Wärmedurchgang durch die Außenflächen (v.a. Dach und Fenster) verloren und nur weniger als ein Zehntel wird für die ausgetauschte Luft benötigt. Außerdem speichern fast alle Sporthallen nur sehr wenig Wärme.

Unter diesen Bedingungen ist es sehr wichtig, schnell aufzuheizen, nur solange wie unbedingt nötig die Temperatur zu halten und so oft wie möglich die Heizung abzuschalten, bzw. durch Absenkung nur den Frostschutz (+10°C) sicherzustellen.

kurzzeitig und kräftig lüften

Wenn Frischluft benötigt wird, so sollte kurzzeitig kräftig gelüftet werden; wenn möglich, Querlüftung über zwei Seiten .

neue Hallen:

- **regelmäßig kurzzeitig und kräftig lüften**

Neue Sporthallen sind gut bis sehr gut wärme gedämmt und die Gebäudehülle (Wände, Fenster, Türen) ist besonders luftdicht. Sie kühlen deshalb nur langsam aus.

Auf 'richtiges Lüften' ist deshalb besonders zu achten. Wird zu wenig gelüftet, entstehen Feuchteschäden und Schimmel, wird zu viel gelüftet (z.B. durch offen stehende Fensterklappen), geht unnötig Heizenergie verloren.

D.h. regelmäßig kurzzeitig und kräftig lüften; wenn's geht, über zwei Seiten querlüften!

B3 Besondere Regelungseinrichtungen

3.1 Temperaturfühler in der Halle

Temperaturfühler in der Halle regelmäßig kontrollieren! In der Halle muss ein Temperaturfühler vorhanden und durch ein Schutzgitter gesichert sein. Ist er defekt, kann dies schnell zu einem hohen Heizenergieverbrauch führen. Deshalb muss sein Zustand regelmäßig beobachtet werden. Außerdem muss in etwa einmonatigem Abstand die Hallentemperatur in der Mitte der Halle gemessen werden. Bei geringen Abweichungen von der Soll-Temperatur kann die Einstellung am Regler angepasst werden. Bei starken Abweichungen und wenn die Veränderungen am Regler keine Verbesserung bringen, so muss schnellstmöglich die Funktionsfähigkeit des Raumfühlers und/oder des Reglers überprüft werden.

3.2 Ersatz der analogen Regler

nur noch DDC-Regler einbauen! Bei Ersatzbeschaffung ist darauf zu achten, dass nur busfähige digitale Regler (DDC-Regler) gekauft werden. Auch abgängige analoge Regler sind durch busfähige digitale Regler zu ersetzen! Es ist darauf zu achten, dass neue DDC-Regler zu evtl. an anderer Stelle der Schule vorhandenen Reglern passen (Kompatibilität des Bussystems).

B4 Raumtemperaturen

4.1 Raumtemperaturen in der Halle

Standard: Mit Ausnahme von Hallen mit Fußboden- oder Deckenheizung (siehe unten) sollten alle Heizungsanlagen in Hamburger Sporthallen über eine dreistufige Regelung verfügen

3 Temperaturstufen!

- 1. **Nachtabenkung** bzw. Frostschutz: gesteuert über das Tages- und Wochenprogramm
- 2. **Nutzungs(Grund-)temperatur:** gesteuert über das Tages- und Wochenprogramm
- 3. **Bedarftemperatur:** kann nur manuell für 40 Min. eingeschaltet werden.

Für diese Stufen sind folgende maximale Raumlufftemperaturen einzustellen:

1. Nachtabenkung bzw. Frostschutz: **10°C** Außerhalb der Nutzungszeiten wird auf eine Minimaltemperatur (Frostschutz) von ca. 10°C abgesenkt. Bei Fernwärmeanschluss mit Leistungspreisberechnung ist die Absenkmöglichkeit eingeschränkt (Einzelheiten hierzu siehe 'TA1 - Heizungsbetriebsanweisung').

2. Nutzung: **14°C** Innerhalb der Nutzungszeit wird nur eine Raumlufftemperatur von 14°C vorgehalten. Die Nutzungszeit muss im Tages- und Wochenprogramm genau eingestellt werden. Ist die Anlage nicht mit einer automatischen Optimierung ausgestattet, muss der Bediener zusätzlich eine Vorlaufzeit zur Erwärmung von der Nachtabenkung bis zum Erreichen der

Nutzungstemperatur vorgeben, kann aber auch schon einige Zeit vor dem Nutzungsende absenken. Die eingestellte Nutzungszeit ist so kurz wie möglich zu halten.

**3. bei Bedarf:
17°C
(manuell einschalten
für 40 Minuten)**

Durch Betätigen des Bedarfsknopfs können die Nutzerinnen und Nutzer für eine begrenzte Zeit (40 Minuten) die Heizung einschalten / bzw. verstärken, sodass sich eine Raumlufttemperatur von max. 17°C einstellt.

Ausnahme:

**Strahlungs-
heizung:
bei Bedarf: 15-16°C
(Wand- und
Deckenstrahlplatten
oder Gasstrahlungs-
heizung)**

Bei einer Strahlungsheizung werden der Boden und die Wände besonders erwärmt. Der Mensch fühlt die Strahlungswärme dieser Flächen und der Heizung. Dadurch ist die Behaglichkeit schon bei niedrigeren Raumlufttemperaturen erreicht. Meistens werden auch diese Heizsysteme über die Lufttemperatur geregelt. Dann ist die Bedarfstemperatur nur auf max. 16°C einzustellen. Die Einstellung der Nutzungstemperatur von 14 °C bleibt.

Ausnahme:

**Fußboden- und
Deckenheizung:
Nutzung =
Bedarf : 14-16°C**

Bei Fußboden- und Deckenheizung ist wegen der Trägheit des Heizsystems keine Bedarfsschaltung, d.h. kein kurzfristiges Aufheizen möglich. Bei einer regelmäßigen Nutzung mit aktiven Sportarten (Fußball, Handball, Basketball, etc.) reicht eine Raumlufttemperatur von 14°C aus. Bei wechselndem Sportbetrieb ist innerhalb der gesamten Nutzungszeit (gesteuert über das Tages- und Wochenprogramm) auf eine Raumlufttemperatur von höchstens 16°C zu heizen, da auch diese Systeme Strahlungsheizungen sind.

4.2 Raumtemperatur der Nebenräume

Frostschutz: 10°C Außerhalb der Nutzungszeiten wird auf eine Minimaltemperatur (Frostschutz) von 10°C abgesenkt. Bei Fernwärmeanschluss mit Leistungspreisberechnung ist die Absenkmöglichkeit eingeschränkt (Einzelheiten hierzu siehe 'TA1 - Heizungsbetriebsanweisung').

**Nutzungszeit:
Umkleide- und
Duschraum: 22°C** Die Raumtemperatur der Dusch- und Umkleideräume soll maximal 22°C betragen.

**Eingangsbereich u.
Nebenräume: 12°C** Eingangsbereich und Geräteräume sind auch in der Nutzungszeit nur auf 12°C zu heizen.

B5. Luftheizregister und Luftabsaugung

5.1 Luftheizregister

**Kontrolle
der Filter**

Bei laufender Anlage muss die Druckdifferenz über den Filter bzw. das Heizregister beobachtet werden. Durch Verschmutzung des Filters steigt die Druckdifferenz langsam an. Nach Überschreiten des fabrikatabhängigen Grenzwertes muss der Filter gewechselt oder gereinigt werden.

5.2 Luftabsaugung in den Duschen

Absaugung durch Ventilatoren	Um eine Durchfeuchtung der Wände und Schimmelbildung zu vermeiden, muss die feuchte Luft in den Duschräumen abgeführt werden. Hierfür sind normalerweise Ventilatoren mit Feuchtesensoren (Hygrostaten) eingebaut.
Zuluft über Umkleideraum	Die Zuluft soll dabei über die Umkleideräume aus der Halle bzw. dem Vorraum kommen. Deshalb dürfen die entsprechenden Zwischentüren nicht dicht schließen, bzw. sollten darin Lüftungsöffnungen vorhanden sein.
Fenster im Duschaum schließen	Während der gesamten Heizperiode sind im Duschaum evtl. vorhandene Fensterklappen oder andere nach Außen führende Lüftungsöffnungen geschlossen zu halten.

B6. Kontrolle des Wasserverbrauchs

Wasserverbrauch beobachten!	Der Wasserverbrauch ist regelmäßig zu beobachten (möglichst an der Wasseruhr). Dadurch können auch kleine Leckagen im Wassersystem frühzeitig erkannt werden. Sie müssen genauso wie tropfende Wasserhähne oder Duschen schnellstmöglich repariert werden. Bei größeren Schäden, wie z.B. eine nicht abzustellende Dusche, ist die Wasserversorgung ganz abzdrehen, bis der Schaden behoben ist.
Schäden sofort beheben!	

B7. Beleuchtung

7.1 Lichtsteuerung

Zeitschaltuhr der Lichtsteuerung genau einstellen!	Die inzwischen in fast allen Sporthallen installierte Lichtsteuerung kann bis zu 50 % Strom sparen. Dafür muss über eine Zeitschaltuhr der genaue Wochenplan der Hallennutzung getrennt nach Reinigung, Training und Wettkampf eingegeben werden.
---	---

7.2 Lampen mit EVG

Nur 3-Banden-Leuchtstofflampen mit elektronischen Vorschaltgeräten und Warmstart	Zukünftig sind nur noch 3-Banden-Leuchtstofflampen mit elektronischem Vorschaltgerät (EVG) und Warmstart zu beschaffen.
---	---

Teil C: Informationsvorlagen

Den Sportlerinnen und Sportlern und den Betreuerinnen und Betreuern sind die meisten der in Sporthallen durchgeführten Energiesparmaßnahmen nicht bekannt. Einige davon können aber nur gut funktionieren, wenn die Nutzerinnen und Nutzer mithelfen. Bei anderen entstand in der Vergangenheit oft Unmut über die Sparmaßnahmen, weil die richtige Bedienung nicht bekannt war und es deshalb zu unbehaglichen Zuständen kam.

Wird jedoch richtig und rechtzeitig informiert, kann allein die pädagogische Wirkung, die durch die Information über praktische Beispiele des Umweltschutzes entsteht, schon sehr wertvoll sein. Beides zusammen sollte ausreichen, in dieser Richtung aktiv zu werden. Deshalb sind hier mehrere Informationsbeispiele beigelegt, die bei Vorhandensein der entsprechenden Technik, direkt an Ort und Stelle in der Halle oder im Umkleideraum die Nutzung und den Nutzen erläutern.

Einleitung/Überschrift jeweils:

Liebe Sportlerinnen und Sportler,

niemand soll in dieser Halle frieren oder ein Nachtsichtgerät brauchen, um den Ball zu erkennen. Wir wollen aber auch keine Energie verschwenden. Moderne Technik und richtiges Verhalten ergänzen sich! Beachten Sie deshalb bitte Folgendes:

Lichtsteuerung:

Die Beleuchtung der Sporthalle wird automatisch und außenlichtabhängig geregelt. Sie arbeitet in drei Stufen: 1. Reinigung 2. Training 3. Wettkampf. Die Zeiten der einzelnen Stufen werden vom Hausmeister eingestellt. Trotzdem müssen Sie zum Einschalten den Lichtschalter betätigen. Sind danach immer noch alle Lampen aus, so ist für die eingestellte Stufe genügend Helligkeit vorhanden. Nach 22 Uhr schaltet die Beleuchtung automatisch aus.

Heizung:

Die Halle wird standardmäßig nur auf 14°C geheizt. Diese Temperatur reicht bei vielen Sportarten aus. Ist Ihnen trotzdem zu kalt, müssen Sie sich mehr bewegen.....; nein, im Ernst, dann können Sie die Heizung durch Betätigen des Bedarfsknopfs verstärken. Es wird dann für eine Zeitspanne von 45 Minuten bis max. 17°C geheizt. Bitte helfen Sie Heizenergie zu sparen und benutzen sie den Knopf möglichst selten!

Lüftung:

Sie erhalten Frischluft über motorbetriebene Lüftungsklappen. Diese werden über den Schalter 'Frischluft' geöffnet; in der Heizungsperiode allerdings nur für eine begrenzte Zeit. Außerdem ist bei geöffneten Lüftungsklappen die Heizung abgeschaltet. Nach einer vom Hausmeister voreingestellten Zeit (ca. 10 Minuten) schließen sich die Klappen automatisch.

Warmwasserbereitung mit Solarwärme:

Das Duschwasser dieser Halle wird durch die Sonne erwärmt. Durchschnittlich wird dadurch ca. 60 % der Energie zur Warmwasserbereitung gespart. Genauere Angaben können Sie eventuell einer vorhandenen Anzeige entnehmen. Sparen auch Sie Energie und Wasser, indem Sie nicht unnötig lange duschen!

Anlage:

Zu den verschiedenen Beheizungssystemen für Sporthallen werden von Herstellern oder auch von Ingenieurbüros oft widersprüchliche oder lückenhafte, zum Teil sogar falsche Informationen verbreitet. Deshalb werden hier die Vor- und Nachteile der einzelnen Heizsysteme ausführlich beschrieben:

1. Luftheizung

Beschreibung: In Sporthallen werden üblicherweise Umluftheizungen mit 3-fachem Luftwechsel pro Stunde eingesetzt. Sie sind meist so aufgebaut, dass die Hallenluft mittels Ventilator über einen Heizwasser/Luft - Wärmetauscher erwärmt wird. Die Warmluft wird nach passieren eines Filters über Luftkanäle an mehreren Stellen in ca. 2 – 3 m Höhe in die Halle eingeblasen. Die Ansaugung kann in ähnlicher Höhe, oder in Bodennähe erfolgen. Dadurch wird eine gute Durchmischung der Hallenluft erreicht. In allen Einfeld- und den meisten Dreifeldhallen wird die Lüftungsheizung als reine Umluftheizung, ohne Frischluftzufuhr betrieben. Eine teilweise Ansaugung von Frischluft ist nur in Hallen mit Zuschauerrängen bei hoher Personenbelegung notwendig. Die Schaltung zur Zugabe von Frischluft sollte immer nur im Bedarfsfall manuell erfolgen. Die Dauer der Frischluftzugabe ist durch ein Zeitrelais zu begrenzen, so dass nach vorgegebener Zeit automatisch wieder auf reine Umlüftung geschaltet wird. Die angesaugte Frischluft ist mittels Wärmetauscher durch die Abluft vorzuwärmen.

Vorteile:

- **geringer Transmissionswärmeverbrauch**, da die empfundene Temperatur höher ist, als die innere Oberflächentemperatur der Außenwände und der Decke (Dies ist bei alten, schlecht isolierten Hallen von entscheidender Bedeutung, da dort der Gesamtwärmebedarf zu fast 90 % vom Transmissionswärmebedarf bestimmt ist.)
- ermöglicht **schnelle Erwärmung** der **Hallenluft**, auch nach stärkerer Auskühlung
- **effektive Bedarfsschaltung** möglich
- **keine frostgefährdeten** (wasserführenden) **Anlagenteile** in der **Halle**

Nachteile:

- **erhöhter Lüftungswärmeverbrauch**
- **kältere innere Oberflächen**, insbesondere des Fußbodens
- regelmäßiger **Wartungsaufwand** für Filterwechsel
- zusätzlicher Verbrauch **elektrischer Energie** zum Betrieb des Ventilators
- erhöhte **Luftbewegung**
- **Anlagengeräusche** in der Halle

2. Wand-Plattenheizkörper

Beschreibung: In Sporthallen ist anzustreben, dass die Wärmeabgabe der Wand-Plattenheizkörper zu einem großen Teil über Strahlung erfolgt, um eine kurzfristige Erwärmung der inneren Oberflächen zu erreichen und die empfundene Temperatur über die Lufttemperatur anzuheben. (Wirkung. -siehe unter 3. Deckenstrahlplatten) Außerdem würde eine hohe konvektive Wärmeabgabe eine unnötige übermäßige Erwärmung der Luft im oberen Bereich der Halle bewirken.

Um die Verletzungsgefahr zu mindern, sollten die Platten oberhalb des Prallschutzes (in mind. 2 m Höhe) vor den Längswänden der Halle angebracht werden. Die Befestigung muss besonders haltbar aufgeführt werden, da die Platten zum Beispiel bei Ballsportarten hohen Belastungen ausgesetzt sind. Um auftreffende Bälle zu schonen, dürfen kein scharfen Ecken und Kanten vorhanden sein.

Vorteile:

- **schnelle Erhöhung** der empfundenen Temperatur um ca. 1 K, da die Strahlungswärme sofort nach Erwärmung der Heizplatten wirkt
- dadurch ist eine **Bedarfsschaltung** (eingeschränkt) möglich (nur mit einer Temperaturdifferenz um ca. 1 K)
- **angenehme Fußbodentemperaturen**
- **geringe Wartungskosten**
- **lange Nutzungsdauer**

Nachteile:

- **erhöhter Transmissionswärmeverbrauch** durch die Erhöhung der Oberflächentemperaturen der Umgebungsflächen (Außenflächen). Dieser Effekt ist um so bedeutender ist, je schlechter die Wärmeisolierung (v.a. der Fenster) ist.
- **Frostschutz** in der Halle ist notwendig, da die Anlage wasserführend ist.
- **Anlage** muss in der Halle **sehr robust** ausgeführt sein, da sie hohen Belastungen ausgesetzt ist und austretendes Heizwasser bei empfindlichem Fußbodenaufbau (z.B. Holz-Schwingboden) zu größeren Schäden führen kann.

3. Deckenstrahlplattenheizung

Beschreibung: In die Decke integrierte oder unter der Decke abgehängte Stahlplatten mit integrierten Rohren, durch die Heizwasser (bis 90°C je nach Höhe und Heizfläche) fließt.

Bei dieser Beheizung gelangt die Energie durch Wärmestrahlung in den Aufenthaltsbereich. Sie verbreitet sich im Raum wie sichtbare Lichtstrahlung in alle Richtungen. Deshalb nimmt die Intensität der Strahlung je Flächeneinheit mit dem Quadrat der Entfernung ab.

Eine zum größten Teil auf den Fußboden ‚gerichtete‘ **Wärmestrahlung**, wie in einzelnen Werbungen dargestellt, **entspricht nicht den Tatsachen!**

Trifft die Strahlung auf eine Oberfläche (Hallenboden, Personen in der Halle), so wird sie in Wärme umgewandelt oder reflektiert. Dies bedeutet eine Erhöhung der empfundenen Temperatur abhängig von der Intensität der Strahlung (max. 3 K über der Lufttemperatur).

Sekundär erfolgt die Erwärmung der Luft ausschließlich indirekt über freie Konvektion an den erwärmten Oberflächen. Bei leerer Halle sind dies die Raumumschließungsflächen Fußboden, Wände und Fenster. Da diese oft Außenflächen sind, ist die **Erwärmung der Luft stark von der Wärmeisolierung und den Wärmeeindringkoeffizienten** dieser Flächen **abhängig**; z.B. erreichen die meisten Fenster (v.a. einfachverglaste) bei niedrigen Außentemperaturen keine inneren Oberflächentemperaturen die höher sind, als die Lufttemperatur in der Halle. Die auf diese Fenster eingestrahlte Wärmeenergie trägt daher auch nicht zum Erwärmen der Luft bei.

Wird die Luft im Deckenraum durch Erhöhung der freien Konvektion an den Strahlplatten verstärkt erwärmt, so bedeutet dies einen unnötig erhöhten Transmissionswärmeverbrauch über die Decke. Dieser Effekt tritt verstärkt auf, wenn die Platten unterhalb der Decke und/oder nicht horizontal aufgehängt werden.

Vorteile:

- **niedriger Lüftungswärmeverbrauch**, da die empfundene Temperatur höher ist, als die Lufttemperatur und der Temperaturgradient mit zunehmender Höhe gering ist
(Dies bedeutet aber selten, wie in der Werbung der Hersteller dargestellt, eine Reduzierung des Gesamtwärmeverbrauchs. Der erhöhte Transmissionswärmeverbrauch kompensiert meist die Einsparung an Lüftungswärme.)
- **schnelle Erhöhung** der empfundenen Temperatur, da die Strahlungswärme sofort nach Erwärmung der Heizplatten wirkt
- dadurch ist eine **Bedarfsschaltung** möglich, allerdings bei modernen Hallen mit geringem Heizwärmebedarf nur mit einer schnellen Erwärmung um ca. 1 K
- **angenehme Fußbodentemperaturen**
- **geringer vertikaler Temperaturgradient** (ca. 0,3 K/m)
- **geringe Wartungskosten**
- **lange Nutzungsdauer**

Nachteile:

- **erhöhter Transmissionswärmeverbrauch** durch die Erhöhung der Oberflächentemperaturen der Umgebungsflächen (Außenflächen). Dieser Effekt ist um so bedeutender ist, je schlechter die Wärmeisolierung (v.a. der Fenster) ist
- **Erwärmung der Luft** ist relativ **träge** (bis zu mehreren Stunden)
- v.a. bei abgehängten Strahlplatten und bei nicht waagrechter Decke tritt eine **Erhöhung der Lufttemperatur im Deckenraum** der Halle auf, die zu einem **zusätzlichen Transmissionswärmeverbrauch** und evtl. auch **zusätzlichem Lüftungswärmeverbrauch** führt (wenn hauptsächlich oben gelüftet wird)
- **Frostschutz** in der Halle ist notwendig, da die Anlage wasserführend ist.

4. Heizung mit Gas-Infrarotstrahlern

4.1 Hellstrahler

Beschreibung: Bei dieser Beheizungsart sind mehrere Gasinjektorbrenner an der Hallendecke aufgehängt. Dort findet eine offene Verbrennung eines Erdgas-Luft-Gemisches in einer porigen Keramikplatte bei Temperaturen von ca. 930 °C statt. Das Abgas gelangt zunächst in die Hallenluft im Deckenbereich. Um eine Abgasanreicherung zu vermeiden, ist oben in der Halle eine Gebläseentlüftung vorgeschrieben. Sie muss pro installierte KW Strahlerleistung mindestens 30 m³ Luft in der Stunde abführen.

Bei neuen Sporthallen mit modernen dichtschießenden Fenstern kann diese abgeführte Luftmenge nicht über Fenster- und Türritzen o. ä. zuströmen. Eine zusätzliche Zuluftöffnung ist notwendig. Im Vergleich mit anderen Heizsystemen bedeutet dies einen zusätzlichen Luftaustausch und damit einen erhöhten Lüftungswärmeverbrauch. Durch Vorwärmung der Zuluft über Wärmerückgewinnung aus der Abluft kann dieser Nachteil jedoch weitgehend ausgeglichen werden. Da ein Ventilator wegen der oben beschriebenen Abgasproblematik sowieso eingebaut werden muss, sind die zusätzlichen Investitionen und Betriebskosten für die Wärmerückgewinnung minimiert.

Die Wärme gelangt bei diesem Heizsystem primär durch Strahlung in den Aufenthaltsbereich. Der Strahlungswirkungsgrad sollte deshalb möglichst hoch sein, denn er bezeichnet den Anteil der Strahlungsenergie an der gesamten vom Gerät abgegebenen Wärmeenergie. Er liegt bei ca. 45 % bei alten und ca. 70 – 80 % bei modernen Hellstrahlern. Die übrige Energie wird durch freie Konvektion an der Brenneroberfläche und über die heißen Abgase an die Hallenluft im Deckenraum abgegeben.

Die Verbesserung bei modernen Geräten wird u.a. durch seitlich am Brenner angebrachte, rückseitig isolierte Reflektoren erreicht, die gleichzeitig die Wärmestrahlung in begrenztem Umfang 'bündeln'. Sie trifft dadurch hauptsächlich auf den Hallenboden und den unteren Bereich der Wände bzw. auf die Personen in der Halle. Dort erfolgt dann sekundär die Erwärmung der Luft über freie Konvektion der erwärmten Oberflächen, also v. a. des Fußbodens und des unteren Bereichs der Wände (und evtl. Fenster). Da diese Flächen meist Außenflächen sind, ist die **Erwärmung der Luft stark von der Wärmeisolierung und den Wärmeindringkoeffizienten** dieser Flächen **abhängig**.

Wichtiger Hinweis: Die Hersteller verweisen auf einen erheblichen Energieeinspareffekt, indem sie eine Wärmebedarfsberechnung nach DIN 4701 mit einer um ca. 3 K erniedrigter Innentemperatur durchführen. Bei hoher Strahlungsleistung kann die Temperatur der Hallenluft tatsächlich um bis zu 2 - 3 K niedriger sein, da die empfundene Temperatur aufgrund der Strahlungswärme erhöht ist. Bei modernen Sporthallen wird aber wesentlich weniger Heizleistung benötigt, so dass dort die mittlere Strahlerleistung maximal 1 K Temperaturerhöhung bewirkt. Jegliche **Berechnung mit einer erniedrigten Raumtemperatur** beachtet außerdem meist nicht die folgenden Aspekte und **ist** deshalb **fehlerhaft**:

Der gesamte **Lüftungswärmeverbrauch** liegt im oberen Bereich der Halle, da dort die Luft abgesaugt wird. Sie ist in diesem Bereich aber nicht kälter als bei anderen Heizungsarten, sondern im Gegenteil durch die heißen Brennerabgase und die Konvektion am Brennergehäuse meist wärmer. Durch die vorgeschriebene Zwangsentlüftung wird außerdem mehr Luft ausgetauscht, als bei ‚freier‘ Lüftung. Nur bei Rückgewinnung der Abluftwärme können die Verluste minimiert werden.

Der **Transmissionsverbrauch** ist im Dachbereich durch die dort erhöhte Lufttemperatur verstärkt. Am Hallenboden und im unteren Wandbereich sind die inneren Oberflächen aufgrund der dort auftreffenden Strahlung ebenfalls besonders erwärmt und sorgen für eine erhöhte Transmission.

Vorteile:

Strahlungswärme steht praktisch **sofort** nach Einschalten der Heizung zur Verfügung, d.h. die empfundene Temperatur kann schnell erhöht werden

dadurch ist eine **Bedarfsschaltung** möglich, je nach erforderlicher Heizleistung mit einer schnellen Erwärmung um 1 - 3 K

Fußboden wird **schnell erwärmt**

geringer vertikaler Temperaturgradient (ca. 0,3 K/m) unterhalb der Strahler

keine Frostgefahr in der Halle

Kein Stromverbrauch und **Wärmeverlust** wegen **Heizmitteltransport**

geringe Investitionskosten

Nachteile:

erhöhter Transmissionswärmeverbrauch durch die Erhöhung der Oberflächen-temperaturen der Umgebungsflächen (v.a. Dach, Fußboden und unterer Teil der Wand)

erhöhter Lüftungswärmeverbrauch, da die Luft mit den Brennerabgasen zwangsweise im Dachraum abgeführt wird, wo die höchste Lufttemperatur herrscht. Außerdem ist durch den Sauerstoffverbrauch der offenen Verbrennung ein erhöhter Luftaustausch notwendig

Erwärmung der Luft ist **träge** (bis zu mehreren Stunden)

hoher horizontaler Temperaturgradient (5 -10°C), durch unterschiedlich hohe kreisförmige Zustrahlung

Verhältnismäßig **hohe Wärmestrahlung auf den Kopf** des Menschen

zusätzlicher Stromverbrauch durch den vorgeschriebenen **Dachentlüfter**

Anlagenwirkungsgrad, also **Primärenergienutzung** ist deutlich **geringer** als bei einem Gas-Brennwertheizkessel

Aufwendige Wartung (Gerüstaufbau), da jedes Gerät, in Deckenhöhe hängend, einmal jährlich gewartet werden sollte

Zusätzlich ist ein **Heizkessel** zur Nebenraumheizung und Warmwasserbereitung notwendig

Gefahr der **Schwitzwasserbildung** an der Decke

4.2 Dunkelstrahler

Beschreibung: Die Beheizung mittels Gas-Dunkelstrahler erfolgt ebenfalls über mehrere Gasbrenner im Deckenraum der Halle. Die Verbrennung findet jeweils in einem geraden oder u-förmig gebogenen Stahlrohr statt, an dessen einem Ende der Unterdruckbrenner und am anderen ein Abgasventilator angebracht ist. Das Abgas wird über Abgasrohre und Schornstein einzeln, oder von mehreren Strahlern gebündelt, nach außen geleitet. Dunkelstrahler unterliegen einer regelmäßigen Messpflicht nach der 1. BImSchV. Die Oberflächentemperatur der strahlenden Heizrohre liegt ca. bei 300 – 350°C. Auch bei diesen wird der Strahlungswirkungsgrad durch rückseitig isolierte Reflektoren erhöht und liegt bei ca. 50 bis 70 %. Die energetischen Verhältnisse sind mit denen bei Hellstrahlern vergleichbar. Allerdings wird, wie beschrieben, das Abgas direkt ins Freie geführt und nicht mit der Raumluft vermischt. Dadurch kann die Abgas- (Luft-) menge an die Brennerleistung angepasst werden und ist geringer als bei Hellstrahlern; die Abgastemperatur ist jedoch höher. Es gelangt außerdem kein Abgas in die Raumluft.

Vorteile:

Strahlungswärme steht praktisch **sofort** nach Einschalten der Heizung zur Verfügung, d.h. die empfundene Temperatur kann schnell erhöht werden

dadurch ist eine **Bedarfsschaltung** möglich, je nach erforderlicher Heizleistung mit einer schnellen Erwärmung um 0,5 - 4 K

Fußboden wird erwärmt

geringer vertikaler Temperaturgradient (ca. 0,3 K/m) unterhalb der Strahler

keine Frostgefahr in der **Halle**

Nachteile:

erhöhter Transmissionswärmeverbrauch durch die Erhöhung der Oberflächen-temperaturen der Umgebungsflächen (v.a. Dach, Fußboden und unterer Teil der Wand)

Wärmestau im Deckenbereich durch die konvektive Wärmeabgabe der Strahler. Wird hauptsächlich im oberen Bereich der Halle gelüftet, so führt dies zu einem **erhöhten Lüftungswärmeverbrauch**

Erwärmung der Luft ist **träge** (bis zu mehreren Stunden)

zusätzlicher Stromverbrauch durch den vorgeschriebenen **Abgasventilator**

Anlagenwirkungsgrad, also **Primärenergienutzung** ist deutlich **geringer** als bei Gas-Brennwertgeräten

Zusätzlich ist ein **Heizkessel** zur Nebenraumheizung und Warmwasserbereitung notwendig

Aufwendige Wartung (Gerüstaufbau), da jedes Gerät, in Deckenhöhe hängend, einmal jährlich gewartet werden muss

5. Fußbodenheizung

Beschreibung: Durch die besonderen Anforderungen an die Elastizität eines Sporthallenbodens, wie sie in der DIN 18032, Teil 2 formuliert sind, wird der Einbau einer Fußbodenheizung erschwert. Die Hersteller bieten sehr unterschiedliche Ausführungen an. Allen gemeinsam ist ein gegenüber anderen Heizsystemen erhöhter Wärmeverlust über das Erdreich (bis zu 30 % gegenüber Luftheizung).

Die im allgemeinen bekannte Trägheit der Fußbodenheizungen ist in Sporthallen durch den erwähnten komplexen Aufbau noch erhöht. Dies ist im Schulsportbetrieb bei den oft stündlich wechselnden Temperaturansprüchen und inneren Wärmegewinnen (durch unterschiedliche Aktivitäten der Nutzerinnen und Nutzer) ein erheblicher Nachteil. Eine Bedarfsschaltung zur kurzfristigen Erhöhung der Raumtemperatur bei entsprechendem Bedarf ist deshalb nicht möglich.

Der Strahlungsanteil an der Wärmeleistung einer Fußbodenheizung liegt etwa bei 60 - 75%. Dadurch ergibt sich ein geringer vertikaler Temperaturgradient. Die Nutzungstemperatur (Lufttemperatur) kann bei Außentemperaturen unter 5°C aufgrund der Strahlungswärme des Fußbodens etwa um 1 K abgesenkt werden. Beide Eigenschaften bewirken einen geringen Einspareffekt beim Lüftungswärmebedarf.

Allerdings bewirkt die Strahlungsenergie auch eine Erhöhung der Oberflächentemperaturen der inneren Oberflächen. Dies erhöht bei Außenwänden / decken den Transmissionswärmebedarf je nach Wärmeisolierung zum Teil erheblich.

Als wesentliches Argument für den Einbau einer Fußbodenheizung wird oft die Behaglichkeit des warmen Bodens angeführt. Dieser Effekt ist jedoch bei allen anderen ‚strahlenden‘ Heizungen (Deckenstrahlplatten-, Wand-Plattenheizung etc.) auch gegeben.

Vorteile:

- geringfügig **niedrigerer Lüftungswärmebedarf** durch eine mögliche Lufttemperaturabsenkung um ca. 1 K
- **geringer vertikaler Temperaturgradient**
- **geringer Wartungsaufwand**
- **warmer Fußboden**

Nachteile:

- **erhöhter Transmissionswärmeverbrauch** (bis zu 30%) durch **rückseitige Wärmeverluste** des Fußbodens an den Untergrund, bzw. Keller
- **erhöhter Transmissionswärmeverbrauch** durch die Erhöhung der Oberflächentemperaturen der Umgebungsflächen (Außenflächen). Dieser Effekt ist um so bedeutender ist, je schlechter die Wärmeisolierung (v.a. der Fenster) ist
- **lange Aufheizzeiten** durch Erwärmung des gesamten Bodenaufbaus und langsamer Erwärmung der Luft
- **langes Nachheizen** nach dem Abschalten
- **Bedarfsschaltung ist nicht möglich**
- **Frostschutz** in der Halle ist notwendig.

-

Impressum

Herausgeberin:

Umweltbehörde Hamburg
Fachamt für Energie und Immissionsschutz
Referat Energiewirtschaft
Leitung: Herbert Bruns

Redaktion:

Roland Schwörer (Text) J.R. Prüß
Billstr.84, 20539 Hamburg
Tel. (040) 42845-2407
roland.schwoerer@ub.hamburg.de

Erschienen im Oktober 2000