

Schulanlage Stägenbuck, 8600 Dübendorf



Inkl. Ergänzungen gem. PG03 vom 17. Juni 2019

Bericht: 01

Konzeptvarianten Heizung und Lüftung

Datum: 13. Juni 2019
E-Mail: stephan.hunziker@gup.ch
Direktwahl: +41 44 360 16 56

Verteiler: Cédric Perrenoud B&H
Philipp Sigg NUSUS
Cécile Löffel NUSUS
Erich Häuselmann G+P
Stephan Hunziker G+P

Inhalt:

1. Ausgangslage / Ziel	2
2. Grundlagen	3
3. Wärmeerzeugung	3
4. Investitions- und Jahreskostenvergleich	12
5. Beurteilung und Empfehlung zur Wärmeerzeugung	13
6. Raumkonzept Heizung und Lüftung	13
7. Flächen für Haustechnikanlagen	16

Planer- und
Unternehmerteam

Bauherr

Sekundarschulgemeinde
Dübendorf- Schwerzenbach
und Primarschule Dübendorf
vertreten durch:
Projektgruppe Schulanlage
Stägenbuck
8600 Dübendorf

Architekt

NUSUS
Niedermann Sigg
Schwenderer Architekten AG
Grüngasse 19
8004 Zürich



PBK AG

Beilagen:

- Detaillierter Jahreskostenvergleich

1. Ausgangslage / Ziel

Die Schulanlage Stägenbuck in Dübendorf wird gesamthaft einer Sanierung unterzogen. Die Abb. 1 gibt einen Überblick über die Eingriffstiefe der Sanierungsmassnahmen, den Erweiterungsbauten und den Aufstockungen bzw. Neubauten. Das bestehende Hallenbad wird zurückgebaut. Seit **2002** ist die Stadt Dübendorf eine Energiestadt. Die Kommunale Energieplanung der Stadt Dübendorf setzt folgende übergeordnete Ziele in der Verbesserung der Energieeffizienz und dem erhöhten Einsatz von erneuerbaren Energien bis **2050** vor:

Ziel Energieverbrauch im Gebäudebereich:	Jahr 2050	75 kWh / m²
Ziel Einsatz erneuerbare Energien:	Jahr 2050	Anteil erneuerbarer Energien auf mind. 40 % erhöhen

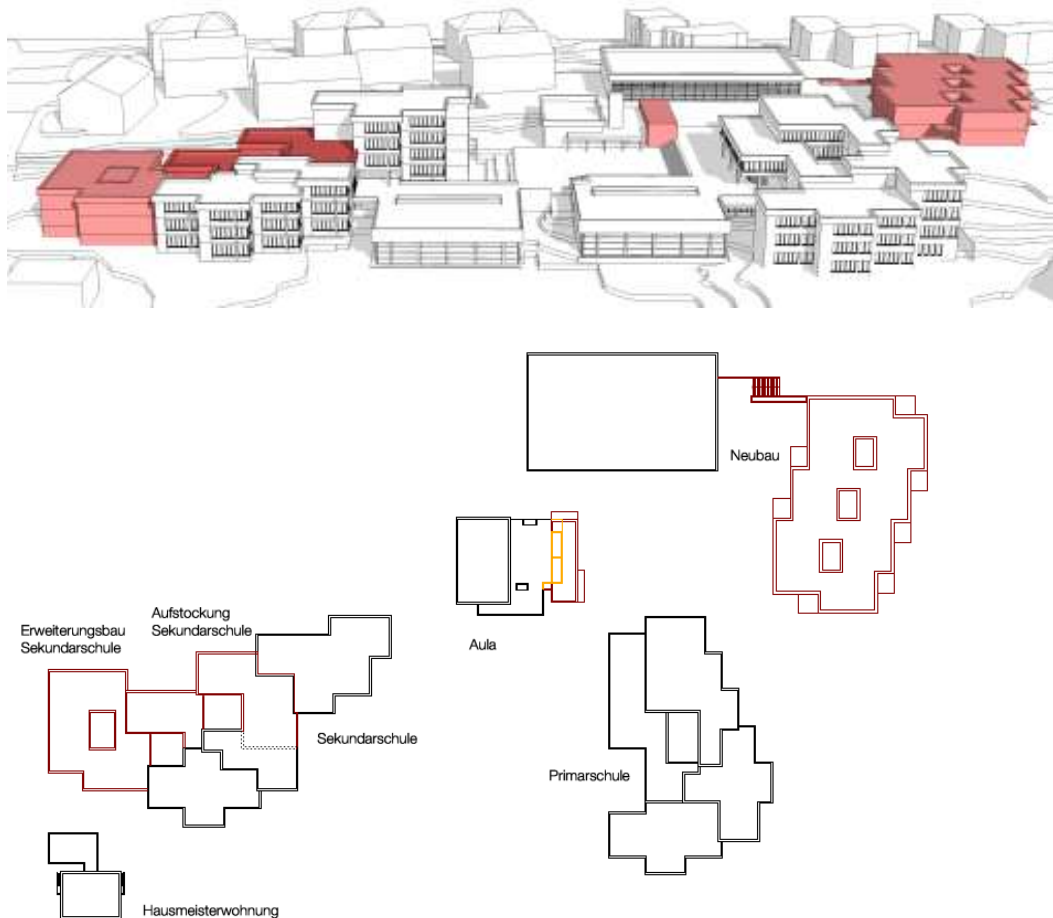


Abb. 1 Gesamtübersicht + Flächenschemata (NUSUS)

Das Schulareal Stägenbuck (Teilgebiet 4) fällt unter Gebiete mit besonderen Energievorgaben:

Öffentliches Eigentum.

Für das Teilgebiet 4 ist folgender Zielwert einzuhalten:

- **Maximal 50%** fossile Energie (Gas)

Ziel ist, Konzeptvarianten für die Wärmeerzeugung, die in erster Linie die Anforderungen der Stadt Dübendorf erfüllen zu erarbeiten und zu erläutern. Für den Bestand und den Neubau soll ein machbares auf das Gebäude zugeschnittene Lüftungskonzept ausgewiesen werden.

2. Grundlagen

- Flächenschemata Überarbeitung / Vorstudie Projektstand Mai 2019 NUSUS AG
- Grundriss Vorstudie Variante 3.0 / 07.05.2019 NUSUS AG
- Energiebilanz SA Stägenbuck Primarschultrakt BWS Bauphysik AG

3. Wärmeerzeugung

3.1 Approximative Heizlast und Warmwasserbedarf

Zur Leistungsabschätzung wurden folgende Kennwerte für die Heizlast verwendet:

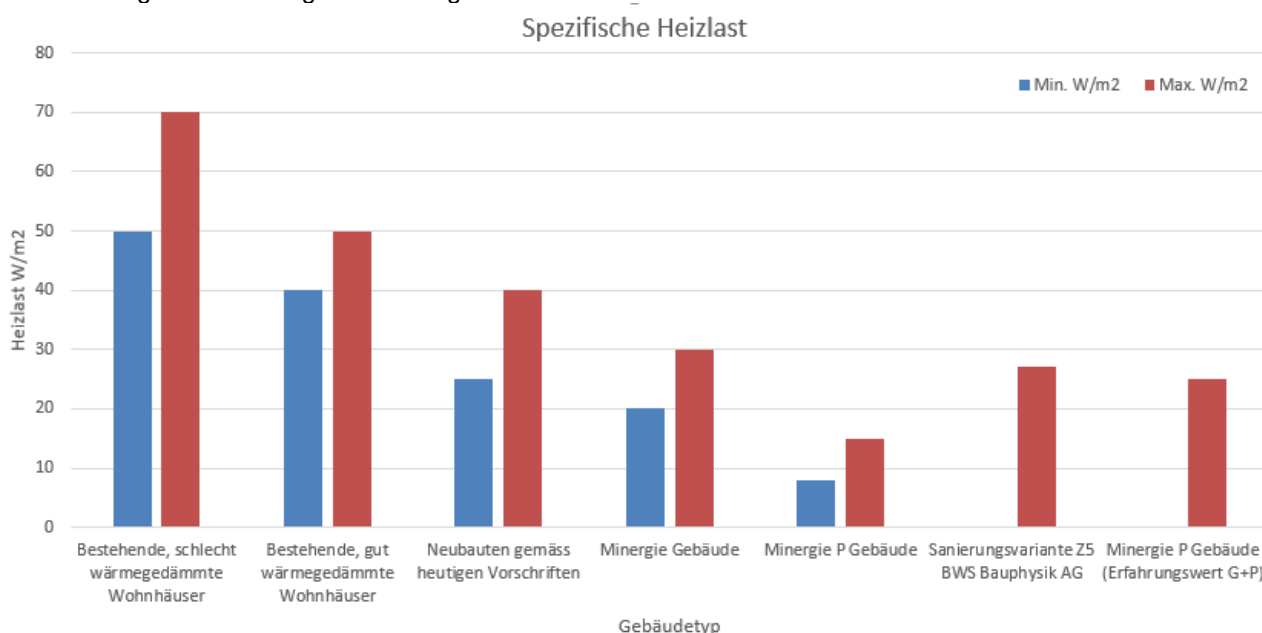


Abb. 2 Kennwerte Spezifische Heizlast (Leistungsgarantie Haustechnik)

Für die approximative Berechnung der Heizlast wurde für die bestehenden Gebäude den Wert aus der Sanierungsvariante Z5 und für die Neubauten den Minergie P Erfahrungswert G+P verwendet.

Tab. 1 Approximative Heizlast exkl. WW

Gebäude	Leistung (kW)
Erweiterungsbau Sekundarschule (neu)	40
Aufstockung Sekundarschule (neu)	12
Sekundarschule (bestehend)	133
Primarschule (bestehend)	125
Aula (bestehend)	11
Hausmeisterwohnung (bestehend)	7
Neubau (bestehend + neu)	107
Total inkl. Fernleitungsverluste (10%)	500*

* gerundet auf nächsten 100er

Tab. 2 Approximativer Warmwasserbedarf

Gebäude	Warmwasserbedarf (60°C l/d)
Sekundarschule	4'000
Primarschule	2'500
Aula	300
Hausmeisterwohnung	300
Neubau	4'000
Total Warmwasserbedarf	11'000*

* gerundet auf nächsten 1'000er

3.2 Konzeptvorschlag

Variante 1	Erdsondenwärmepumpenanlage
Variante 2	Erdsondenwärmepumpenanlage + Gas
Variante 3	Holzschnitzelanlage
Variante 4	Pellets

3.3 Wärmeverteilung

Die heutige Heizzentrale befindet sich im Untergeschoss der Aula. Mittels Fernleitungen wird die Wärme zu den jeweiligen Gebäuden geführt. Dieses Konzept soll weiterhin erhalten bleiben. Die Fernleitungen haben ihre Nutzungsdauer überschritten. Es wird empfohlen die Fernleitungen zu ersetzen.

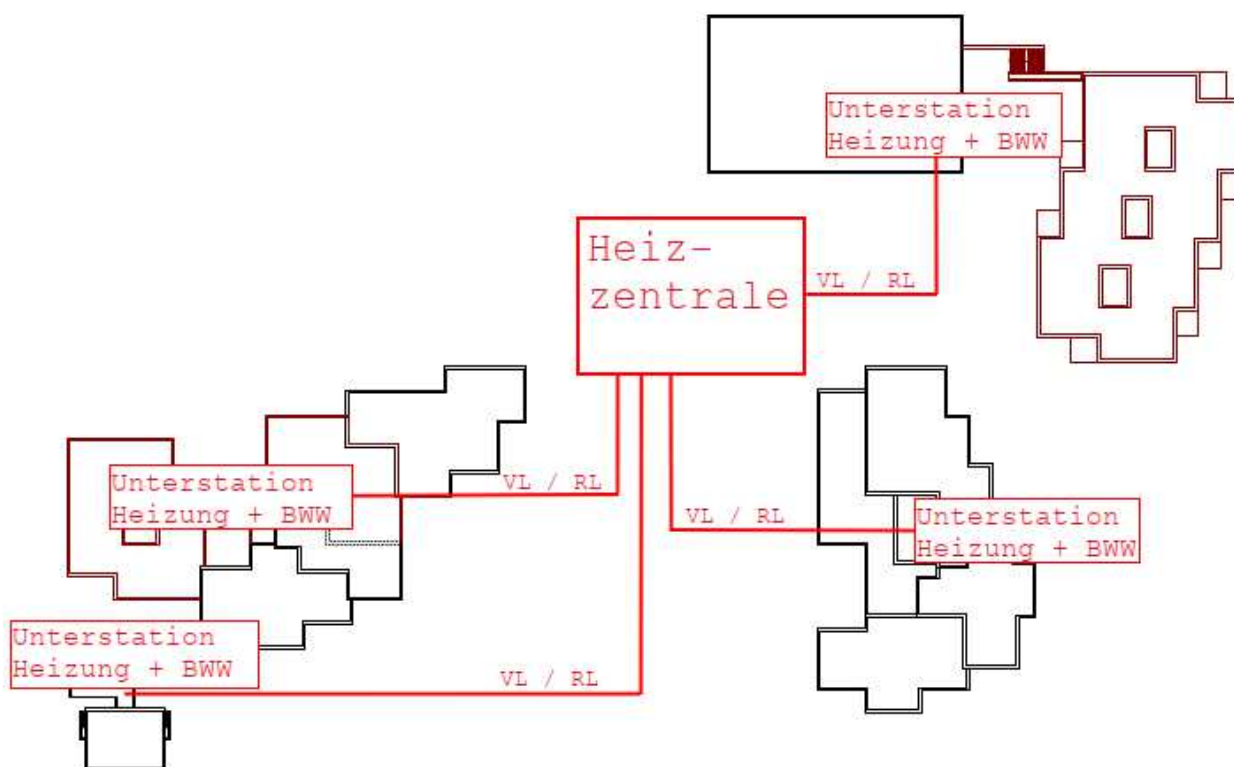


Abb. 3 Wärmeverteilung Schulareal

3.4 Variante Erdsondenwärmepumpenanlage

Zweck	Erschliessung Geothermie über Erdwärmesonden (EWS)		
Konzept	Erdwärme als Energiequelle Die EWS werden ausserhalb des Gebäudes installiert. Über Verbindungsleitungen werden die EWS an den EWS-Sammelverteiler geführt.		
Gesetzliche Auflagen	Die EWS-Sammelverteiler werden im Bereich der Heizungszentrale platziert. Die Schulanlage liegt vorwiegend auf der Zone F (Ausserhalb nutzbarer Grundwasservorkommen). Ein Teil der Schulanlage kommt über der Zone D zu liegen (Schotter-Grundwasservorkommen, ungeeignet für Trinkwassergewinnung). Grundsätzlich sind Erdsonden zulässig. Spezielle Auflagen sind zu beachten. Die Bohrtiefenbegrenzung liegt zwischen 280m bis ca. 300m .		
			
Technische Daten	Leistung Wärmepumpen:	500	kW
	ca. Anzahl Erdwärmesonden:	40	Stk.
	Bohrtiefe einzelne Sonde:	280	m
	Totale Bohrtiefe:	11'200	m
	Sperrzeiten:	keine	(max. 1 h ist nur Lastabhängig)
	Pufferspeicher:	15	m³
Wasserbehandlung	Frostschutzfüllung für Erdsondenfeld		
Leistungsumfang	Bohrung EWS, Verbindungsleitungen, Bohrschlammentsorgung, Füllen und entlüften der Anlage, Erdwärmesondenverteiler, Dämmungen, Wärmepumpe, Expansionsanlage, Entgasung, Magnetflussfilter, Rohrleitungen, Speicher, Umwälzpumpen, Armaturen und Instrumente, Transport, Montage, Dämmungen, Inbetriebnahmen.		

3.5 Variante Erdsondenwärmepumpe + Gas

Zweck	Erschliessung Geothermie über Erdwärmesonden (EWS) Erdwärme als Energiequelle Gas überbrückt Spitzen
Konzept	Die EWS werden ausserhalb des Gebäudes installiert. Über Verbindungsleitungen werden die EWS an den EWS-Sammelverteiler geführt. Die EWS-Sammelverteiler werden im Bereich der Heizungszentrale platziert. Vorhandener Gasanschluss wird weiterverwendet.
Technische Daten	Leistung Wärmepumpe: 350 kW Leistung Gaskessel: 500 kW ca. Anzahl Erdwärmesonden: 27 Stk. Bohrtiefe einzelne Sonde: 280 m Totale Bohrtiefe: 7'500 m Sperrzeiten: keine (max.1 h ist nur Lastabhängig) Pufferspeicher: 11 m³
Wasserbehandlung Leistungsumfang	Frostschutzfüllung für Erdsondenfeld Bohrung EWS, Verbindungsleitungen, Bohrschlamm Entsorgung, Füllen und entlüften der Anlage, Erdwärmesondenverteiler, Dämmungen, Wärmepumpe, Gaskessel, Agbasrohr, Expansionsanlage, Entgasung, Magnetflussfilter, Rohrleitungen, Speicher, Umwälzpumpen, Armaturen und Instrumente, Transport, Montage, Dämmungen, Inbetriebnahmen.

Variante Wärmeerzeugung für Kostenermittlung Überarbeitung
Entscheid PG03 vom 17. Juni 2019

3.6 Mögliche Positionierung Erdsonden

Der verfügbare Platz für Erdsondenbohrungen ist auf dem Schulareal begrenzt. Die rot umrandeten Flächen weisen eine Fläche von ca. 14'000 m² aus. In der monovalenten Lösung sind nach ersten Abschätzungen ca. **40** Erdsonden notwendig.



Abb. 4 Mögliche Flächen für Erdsondenbohrungen

Mögliche Spielräume, um die Disposition der Erdsonden zu optimieren sind:

- maximale erlaubte Bohrtiefe pro Sonde ausführen
- Abstand zwischen Sonden verkleinern (üblicherweise 10m Abstand zwischen den Sonden)



Abb.5 Erdsondenfeld (Variante 1 Monovalente Erdsondenwärmepumpe)

Die Abbildung 5 stellt eine mögliche Disposition der Erdsonden für die **Variante 1** dar, die ca. **40 Bohrungen** benötigt. Mit einem Sondenabstand von **10m** können bis **zu 45 Sonden** auf dem Sportplatz realisiert werden (rot=Bedarf, blau=Reserve).

Für die Eingabe wird eine Simulation notwendig sein.

Positionierung Erdsondenfeld in Abstimmung mit Schulraumprovisorium
In Kosten G+P nicht enthalten:

- Umgebungsarbeiten
- Grabarbeiten / Hinterfüllen Leitungen Erdsonde zu Heizzentrale
- Instandstellung best. Leitungsnetz Wärmeversorgung Schulanlage

3.7 Variante Holzschnitzelanlage

Zweck	Holzschnitzel als Energiequelle		
Konzept	Mittels automatischer Beschickung wird die Holzschnitzelanlage betrieben		
Gesetzliche Auflagen	Luftreinhalteverordnung		
Technische Daten	Leistung Heizkessel:	500	kW
	Hackschnitzelbedarf:	350	Tonnen/a
	Hackschnitzel in m ³ :	1'500	m ³ /a
	Volumen Holzschnitzellager:	200	m ³ (Brutto) (Netto ca. 140 m ³)
	Volumen Pufferspeicher:	15	m ³
Zulieferungen pro Jahr	ca. 10 Lieferungen pro Jahr		
Leistungsumfang	Heizkessel, Pufferspeicher, Abgasrohr, Elektrofilter, mechanische Förderung Holzschnitzel, Umbau Lagerraum, Rohrleitungen, Entgasung, Magentflussfilter, Rohrleitungen, Umwälzpumpen, Armaturen und Instrumente, Transport, Montage, Dämmungen, Inbetriebnahmen.		

3.8 Variante Pellets

Zweck	Pellets als Energiequelle		
Konzept	Mittels automatischer Beschickung wird die Pelletsanlage betrieben		
Gesetzliche Auflagen	Luftreinhalteverordnung		
Technische Daten	Leistung Heizkessel:	500	kW
	Pelletsbedarf:	250	Tonnen/a
	Pellets in m³:	385	m³/a
	Volumen Pelletslager:	70	m³
	Volumen Pufferspeicher:	15	m³
Zulieferungen pro Jahr	ca. 6 Lieferungen pro Jahr		
Leistungsumfang	Heizkessel, Pufferspeicher, Abgasrohr, Elektrofilter, mechanische Förderung Pellets, Umbau Lagerraum, Rohrleitungen, Entgasung, Magentflussfilter, Rohrleitungen, Umwälzpumpen, Armaturen und Instrumente, Transport, Montage, Dämmungen, Inbetriebnahmen.		

3.9 Zulieferung Holzbrennstoff

Die Zulieferung des Holzbrennstoffes (Hackschnitzel oder Pellets) soll über die Zwinggartenstrasse erfolgen.

Die Zufahrt (rot gekennzeichnet in der untenstehend Abbildung) überschneidet die Verkehrswege der Schüler und ist ca. **100 m** lang.

Für die Variante **Holzschnitzel** sind ca. **10 Lieferungen** und für die Variante **Pellets** ca. **6 Lieferungen pro Jahr** erforderlich. Die Zufahrt bis zum Technikraum ist für die **Hackschnitzel zwingend**.

Pellets können mittels Befüllleitungen vom Tankwagen bis zum Technikraum befördert werden. Jedoch ist die empfohlene Leitungslänge mit 25 m begrenzt. Längere Leitungen bedeuten mehr Abrieb. Vorteilhaft wäre die Ausführung von fixen Befüllleitungen.

Um Überschneidung der Verkehrswege zwischen Lastwagen und den Schülern zu verhindern, ist auf **schulfreie Nachmittage** oder **Samstage** zu achten.

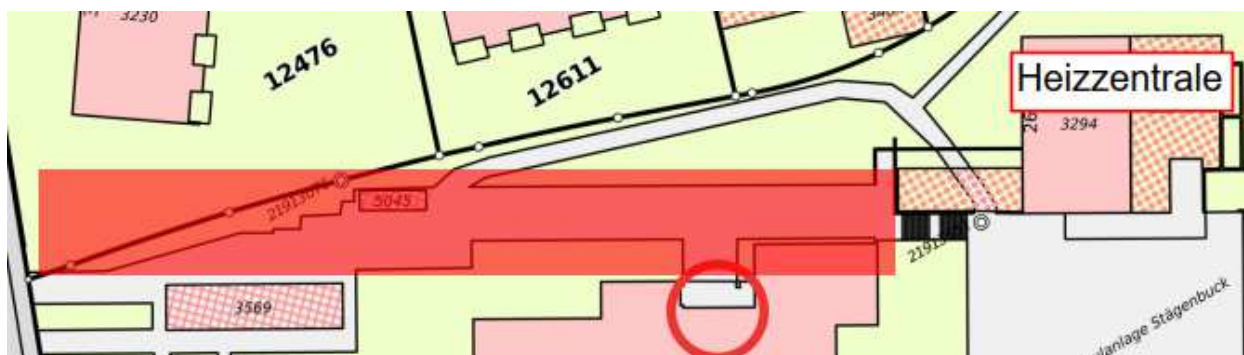


Abb. 6 Zufahrt Holzbrennstoff

3.10 Kaminhöhen

Eine erste Abschätzung der Kaminhöhe erfolgt mit der Kamin-Empfehlung vom Bundesamt für Umwelt (BAFU, 2018).

Die Variante Wärmepumpe mit Gaskessel und die Varianten Holzbrennstoffe fallen in den Geltungsbereich **Kaminhöhen für grössere Feuerungsanlagen**:

Feuerungsanlagen betrieben mit	Feuerungswärmeleistung
Gas	über 350 kW
Heizöl EL	über 350 kW
Holzbrennstoffen	über 70 kW
Kohle	über 70 kW

Abb. 7 Feuerungswärmeleistungen (BAFU,2018)

Die **Mindesthöhe** wird durch folgende Kriterien festgelegt:

Mindesthöhe

- ¹ Die Kaminmündung muss überragen:
 - a) den höchsten Gebäudeteil (z. B. Dachfirst) um mindestens 1 m;
 - b) die Gebäudehöhe H nach Abb. 1 um das 0,2-fache der Gebäudebreite, höchstens jedoch um 5 m;
 - c) das Immissionsniveau (Ziff. 6) um den Betrag nach Tab. 3.
- ² Für die Mindesthöhe massgebend ist diejenige Bestimmung von Absatz 1, welche die höchste Kaminhöhe über Dach erfordert.

Abb. 8 Mindesthöhe (BAFU, 2018)

Feuerungsanlagen betrieben mit				Kreisradius des Einwirkungsbereichs
Gas	Heizöl EL	Holzbrennstoffe	Kohle	
Feuerungswärmeleistung in kW				
351–700	351–500	71–150	über 70	15 m
701–1000	501–700	151–250		20 m
1001–2000	701–1000	251–500	über 100	30 m
2001–4000	1001–2000	501–1000		40 m
4001–6000	2001–3000	1001–2000	über 150	50 m
> 6000	> 3000	> 2000		60 m

Abb. 9 Kreisradius zur Festlegung des Einwirkungsbereichs

Für die Festlegung des Einwirkungsbereichs des Immissionsniveaus wurde die nächst grössere Heizkesselleistung gewählt, da es sich momentan nur um Abschätzungen der Leistungen handelt.



In der folgenden Abbildung sind die Kreisradien der Feuerungsanlagen ersichtlich.

Gas gelb: **20 m Radius**
 Holz braun: **40 m Radius**
 Rot: GIS Standort

Abb. 10 Kreisradius Einwirkungsbereich

Das Gebäude, welches das Immissionsniveau festlegt, muss bei den Varianten Holzbrennstoff bestimmt werden.

Die erforderliche Kaminhöhe über Immissionsniveau ist aus der folgenden Abbildung herauszulesen und beträgt **4 Meter**.

Feuerungsanlagen betrieben mit				Erforderliche Kaminhöhe über Immissionsniveau
Gas	Heizöl EL	Holzbrennstoffe	Kohle	
Feuerungswärmeleistung in kW				
351–700	351–500	71–150	über 70	1 m
701–1 000	501–700	151–250		2 m
1 001–2 000	701–1 000	251–500	über 100	3 m
2 001–4 000	1 001–2 000	501–1 000		4 m
4 001–6 000	2 001–3 000	1 001–2 000	über 150	5 m
> 6 000	> 3 000	> 2 000		6 m

Abb. 11 Erforderliche Kaminhöhe

Die Variante Gas überschneidet keine weiteren Gebäudebereiche. Die Kaminhöhe leitet sich über das Kriterium **b** aus der Abb. 8 ab und beträgt ca. **4 Meter über Dach**.

Die Situation müsste Behördlich genauer überprüft werden, denn in begründeten Fällen kann die Behörde abweichend von der Regel strengere oder mildere Anforderungen festlegen.

4. Investitions- und Jahreskostenvergleich

Die Wirtschaftlichkeit ist ein wichtiges Kriterium für die Auswahl der Wärmeerzeugung. In der folgenden Tabelle werden die Investitionskosten und die Jahreskosten (Summe aus Kapitalkosten+Wartung/Unterhalt+Energiekosten) der Varianten einander gegenübergestellt. Bauseitige bauliche Massnahmen sind in den Kosten nicht enthalten.

Tab. 3 Jahreskostenvergleich Wärmeerzeugung

	Erdsondenwärme pumpeanlage	Erdsondenwärme pumpenanlage + Gas	Holzschnitzel- anlage	Pellets
Investitionskosten (CHF)	2'810'000.-	2'488'000.-	1'843'000.-	1'582'000.-
Kapitalkosten (CHF/a)	180'400.-	180'400.-	159'600.-	127'200.-
Wartung / Unterhalt (CHF/a)	28'100.-*	29'900.-**	55'300.-***	39'600.-****
Energiekosten (CHF/a)	58'100.-	48'100.-	61'100.-	91'700.-
Jahreskosten total (CHF/a)	267'000.-	258'000.-	276'000.-	259'000.-
spezifischer Wärmepreis (CHF/kWh)	0.243.-	0.235.-	0.251.-	0.235.-

Prozentsatz der Investitionskosten: 1%* / 1.2%* / 3%*** / 2.5%****

Mit dem Jahreskostenvergleich und weiteren Kriterien soll eine Gesamtbeurteilung der Varianten vollzogen werden.

Tab. 4 Beurteilung der Varianten

	Erdsonden (1)	Erdsonden + Gas (2)	Holzschnitzel (3)	Pellets (4)
Zu erwartende bauseitige Baukosten	+	+	--	-
Gestalterische Beurteilung	++	+	-	-
Zulieferung Energieträger	++	+	-	-
Jahreskosten	-	++	--	+
Unterhalt	++	+	--	-
Ranking Gesamthaft	1	2	4	3

Die **Variante 1 Erdsondenwärmepumpe** schneidet trotz hohen Investitionskosten in der Gesamtbeurteilung am besten ab. Die Varianten mit dem Holzbrennstoff weisen hohe Unterhaltskosten im Betrieb vor. Zusätzlich kommen die Auflagen für die Kaminhöhe hinzu, die bei der gestalterischen Beurteilung schlecht bewertet werden.

Die detaillierte Kostenzusammenstellung ist im Anhang vorzufinden.

Variante Wärmeerzeugung für Kostenermittlung Überarbeitung
Entscheid PG03 vom 17. Juni 2019

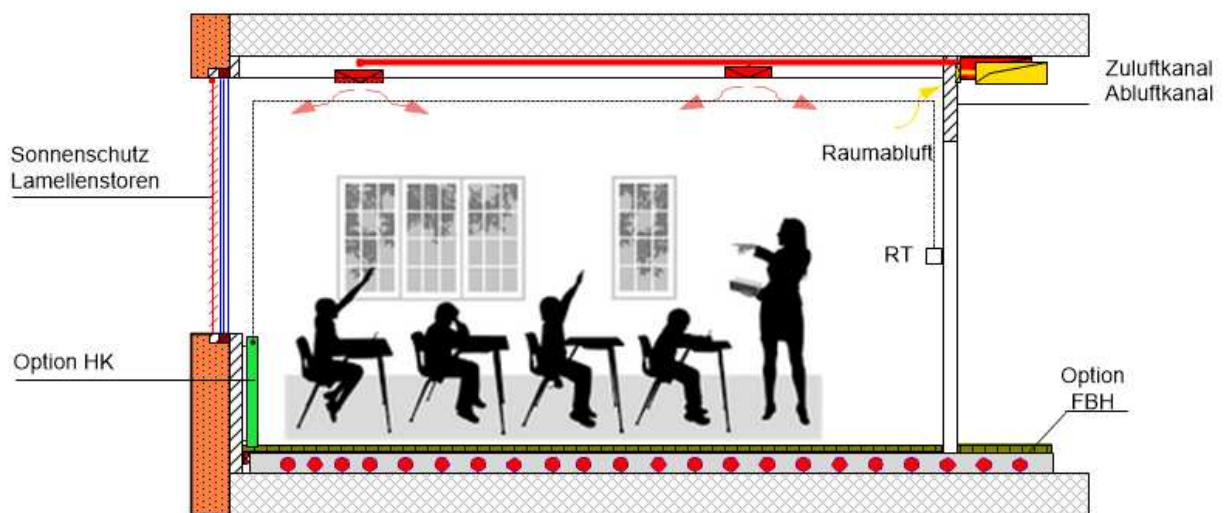
5. Beurteilung und Empfehlung zur Wärmeerzeugung

Folgende Gründe sprechen für die Umsetzung einer **Erdsondenwärmepumpenanlage**:

- Wartungsarme Anlage
- bauliche Massnahmen im Aussenbereich können mit Baufortschritt koordiniert werden
- Keine äusseren Merkmale wie Kamin notwendig bzw. ersichtlich
- Verfügbarkeit des Energieträgers Strom

6. Raumkonzept Heizung und Lüftung

6.1 Neubau zentrales Lüftungsgerät



Zweck Konzept	Bedarfsgerechte Be- und Entlüftung der Schulräume Gerätestandort zentral in der Technikzentrale UG Zu- / Abluftanlage mit Ventilator, Wärmerückgewinnung, Filtrierung, Lufterhitzer
Luftbehandlung	Wärmerückgewinnung über Kreuzstromplattentaucher Wirkungsgrad > 75%
Luftverteilung	Lufterhitzer mit Internpumpe, Frostschutzschaltung Mittels Rohr- und Kanalnetz zu den entsprechenden Räumen Luftzuführung über Prallplattenauslass Luftabführung über Schattenfugen oder Abluft-Deckendurchlass Luftzuführung Nebenräume nachströmend durch Türschlitz Luftabführung über Tellerventile (WC-Anlagen, Lager)
Leistungsumfang	Monoblockgerät, Kanäle, Armaturen und Instrumente, Transport und Montage, Dämmungen
Wärmeabgabesystem Leistungsumfang	Optional Heizkörper oder Fussbodenheizung Lieferung der gesamten Wärmeabgabe

Variante Lüftungskonzept für Kostenermittlung Überarbeitung
Entscheid PG03 vom 17. Juni 2019

6.2 Umbau dezentrale Lüftungsschränke

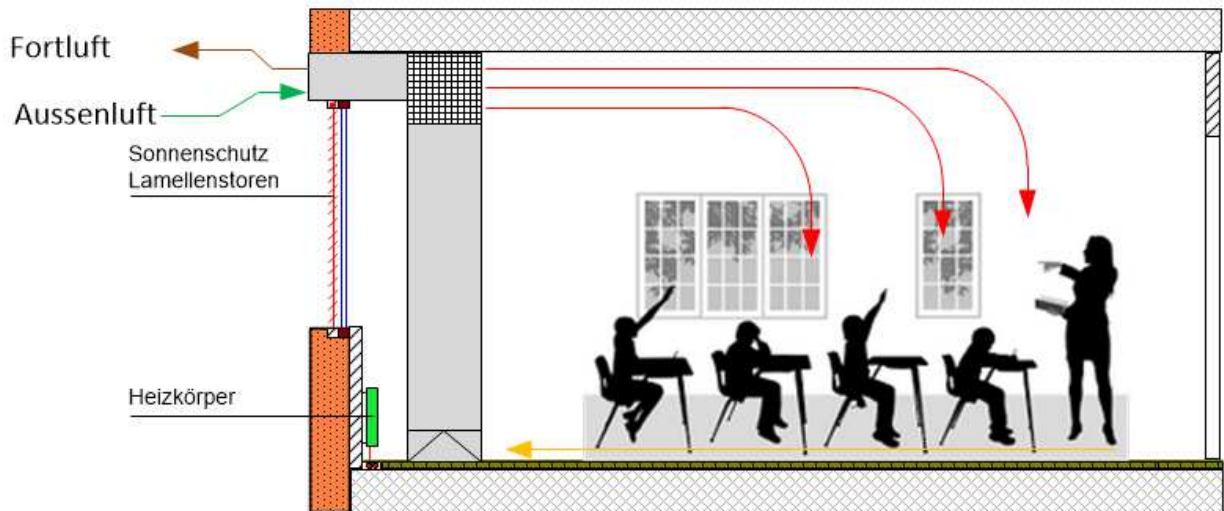


Abb. 12 dezentrales Lüftungsgerät (Wolf AG)

Zweck

Bedarfsgerechte Be- und Entlüftung der Schulräume

Konzept

Gerätestandort dezentral in Schulräumen

Luftbehandlung

Zu- / Abluftanlage mit Ventilator, Wärmerückgewinnung, Filtrierung, Luftherhitzer, Wärmerückgewinnung über Kreuzstromplattentauscher

Wirkungsgrad > 75%

Luftverteilung

Frostschuttschaltung
Mittels Rohr- und Kanalnetz in den entsprechenden Räumen
Luftzuführung über Prallplattenauslass
Luftabführung über Schattenfugen oder Abluft-Deckendurchlass

Platzbedarf im Schulzimmer

b x h x t (1m x 2.2m x 0.5m)

Wetterschutzgitter an Aussenwand

ca. 30 cm x 30 cm

Leistungsumfang

Kompakt Lüftungsgerät, Kanäle, Armaturen und Instrumente, Transport und Montage, Dämmungen
Sensible Situationen Brandschutz in Korridoren entfällt

Vorteil gegenüber zentralem Lüftungsgerät

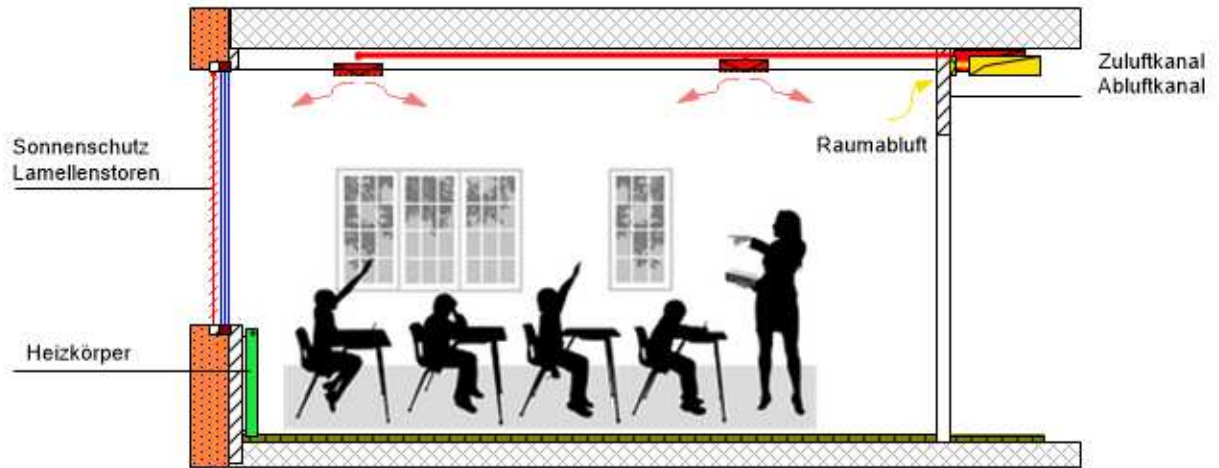
Pro Schulzimmer ein Gerät notwendig, Fassadensicht

Nachteil gegenüber zentralem Lüftungsgerät

10'000.- bis 12'000.-

Kosten je Schulzimmer exkl. MWST (CHF)

6.3 Umbau zentrale Lüftungsgerät



Zweck Konzept

Bedarfsgerechte Be- und Entlüftung der Schulräume
Gerätestandort zentral in der Technikzentrale UG
Zu- / Abluftanlage mit Ventilator, Wärmerückgewinnung, Filtrierung, Lufterhitzer

Luftbehandlung

Wärmerückgewinnung über Kreuzstromplattentauscher
Wirkungsgrad > 75%

Luftverteilung

Lufterhitzer mit Internpumpe, Frostschutzschaltung
Mittels Rohr- und Kanalnetz zu den entsprechenden Räumen
Luftzuführung über Prallplattenauslass
Luftabführung über Schattenfugen oder Abluft-Deckendurchlass
Luftzuführung Nebenräume nachströmend durch Türschlitz
Luftabführung über Tellerventile (WC-Anlagen, Lager)

Brandschutz Leistungsumfang

Evt. Einsatz von Brandschutzklappen
Monoblockgerät, Kanäle, Armaturen und Instrumente, Transport und Montage, Dämmungen

6.4 Umbau Gegenüberstellung dezentrale und zentrale Lüftungsanlage

In der folgenden Tabelle werden die beiden Systeme gegenübergestellt.

Kriterien	Platzbedarf Schulzimmer	Fassadeneingriff	Brandschutz	Komfort	Total (+)
Dezentrale Lüftungsschränke	+	+	++	+	5
Zentrale Lüftungsanlage	++	++	+	++	7

+=akzeptabel
++=gut
+++=sehr gut

Die zentrale Lüftungsanlage schneidet in diesem Vergleich besser ab, als die dezentralen Lüftungsschränke. Die Machbarkeit dieser Variante muss in einem weiteren Schritt genauer untersucht werden.

7. Flächen für Haustechnikanlagen

7.1 Hauptzentrale Wärmeerzeugung Aula

Es wird davon ausgegangen, dass das UG der Aula weiterhin als Hauptzentrale für die Wärmeerzeugung verwendet wird. Diese Fläche (**ca. 220 m²**) ist ausreichend für alle Varianten der Wärmeerzeugung. Falls ein anderer Standort für die Technikzentrale verwendet werden soll, so sollte der Raum zwischen **100 bis 150m²** gross sein.

7.2 Unterstationen Wärmeverteilung + Lüftungsanlagen+ Sanitäranlagen

Die Technikräume der Unterstationen in den Gebäuden sollten mindestens eine Fläche von ca. **30 m²** bis **35 m²** aufweisen, damit folgende Gerätschaften darin Platz finden:

- Unterstation Heizung
- Verteilbatterie Sanitär
- Brauchwarmwasseraufbereitung
- Elektroschränke

Der Flächenbedarf für die Lüftungsanlagen bleibt im Detail zu planen und ist nicht Bestandteil dieses Berichtes.

Gruenberg + Partner AG

Stephan Hunziker

Schulanlage Stägenbuck, 8600 Dübendorf
Jahreskostenvergleich Wärmeerzeugung

Projekt-Nr.: 5237.00
13.06.2019 /SHU



CHF: exkl. MWST +/- 25% Kostengenaugkeit		Variante		1	2	3	4	
Aenderungsindex:				Erdsondenwärmepumpe	Erdsondenwärmepumpe + Gas	Holzschnitzelanlage	Pellets	
Investitionskosten				2'810'000	2'488'000	1'843'000	1'582'000	CHF
Kaptialzinssatz / Kapitalkosten		4.000%		180'358	180'358	159'552	127'171	CHF/a
Bausumme und Honorare		Abschreibungsdauer						
Demontagen / Anpassungen Bestand								
Demontage Installationen Heizung Aula (Heizkessel, inkl. Heizöltank Stillegen, Leitungen)		20 a		25'000	25'000	25'000	25'000	
Projektreserve, Unvorhergesehenes 10%)		20 a		2'500	2'500	2'500	2'500	
Planung (18% der Investitionen)		20 a		5'000	5'000	5'000	5'000	
Nebenkosten (4% der Planerleistung)		20 a		200	200	200	200	
Total Demontagen / Anpassungen Bestand				32'700	32'700	32'700	32'700	
Provisorium								
Heizprovisorium während Umbau (gasbetrieben, 8 Jahre)		15 a		150'000	0	150'000	150'000	
Planung (18% der Investitionen)		15 a		27'000	0	27'000	27'000	
Nebenkosten (4% der Planerleistung)		15 a		1'080	0	1'080	1'080	
Total Provisorium				178'100	0	178'100	178'100	
Heizung								
Erdsondenwärmepumpe 500 kW inkl. Speicher		20 a		900'000	0	0	0	
Erdsondenbohrung inkl. Verbindungsltg/Schacht, 40 Sonden à 280 m		40 a		785'000	0	0	0	
Erdsondenwärmepumpe 350 kW inkl. Speicher		20 a		0	600'000	0	0	
Erdsondenbohrung inkl. Verbindungsltg/Schacht, 27 Sonden à 280 m		40 a		0	530'000	0	0	
Gaskessel 500 kW inkl. Abgasrohr		20 a		0	100'000	0	0	
Hackschnitzelheizung 500 kW, inkl. Elektrofilter, Abgasrohr, Austragungssystem, Speicher		20 a		0	0	600'000	0	
Pelletsanlage 500 kW, inkl. Elektrofilter, Abgasrohr, Austragungssystem, Speicher		20 a		0	0	0	400'000	
Gruppenaufbau Aula, Fernleitungen Heizung ab Aula zu Unterstationen ca. 1000m VL/RL		40 a		500'000	500'000	500'000	500'000	
Unterstationen inkl. Apparate, Armaturen, Leitungen, Dämmungen		20 a		100'000	100'000	100'000	100'000	
Entgasung, Expansion		20 a		50'000	50'000	50'000	50'000	
Projektreserve, Unvorhergesehenes 10%)		20 a		233'500	188'000	125'000	105'000	
Planung (18% der Investitionen)		20 a		462'330	372'240	247'500	207'900	
Nebenkosten (4% der Planerleistung)		15 a		18'493	14'890	9'900	8'316	
Total Heizung				2'149'323	2'455'130	1'632'400	1'371'216	
Bausumme und Honorare				2'810'000	2'488'000	1'843'000	1'582'000	CHF
Energiekosten								
Wärmebedarf Heizung + Warmwasser		1'100'000 kWh/a						
Anteil Gas				0%	20%	0%	0%	
Anteil Schnitzel				0%	0%	100%	0%	
Anteil Pellets				0%	0%	0%	100%	
Anteil Wärmepumpe				100%	80%	0%	0%	
Gaskessel								
Leistung		500 kW						
Arbeitspreis Gas inkl. CO2 Abgabe (Mix Winter/Sommertarif)		0.065 CHF/kWh		0	14'300	0	0	CHF/a
Leistungspreis		120.00 Fr./a		0	120	0	0	CHF/a
Schnitzelkessel								
Leistung		500 kW						
Schnitzelpreis		0.050 CHF/kWh		0	0	61'100	0	CHF/a
Pelletskessel								
Leistung		500 kW						
Pelletspreis		0.075 CHF/kWh					91'700	CHF/a
Erdsonden- Wärmepumpe monovaltent								
Leistung WP		500 kW						
Arbeitszahl WP		3 -						
Strombedarf		366'667 kWh/a						
Arbeitspreis Strom (Netznutzung, Mix Hochtarif/Niedertarif)		0.115 CHF/kWh		42'100	0	0	0	CHF/a
Leistungspreis		96 CHF/kW/a		16'000	0	0	0	CHF/a
Erdsonden-Wärmepumpe bivalent								
Leistung WP		350 kW						
Arbeitszahl WP		4 -						
Strombedarf		220'000 kWh/a						
Arbeitspreis Strom (Netznutzung, Mix Hochtarif/Niedertarif)		0.115 CHF/kWh		0	25'278	0	0	CHF/a
Leistungspreis		96 CHF/kW/a		0	8'400	0	0	CHF/a
Jahreskosten								
Investitionskosten				2'810'000	2'488'000	1'843'000	1'582'000	CHF
Kapitalkosten				180'400	180'400	159'600	127'200	CHF/a
Wartung/Unterhalt		1-3 % der Investitionskosten		28'100	29'900	55'300	39'600	CHF/a
Energiekosten				58'100	48'100	61'100	91'700	CHF/a
Total Jahreskosten (Kapitalkosten, Wartung/Unterhalt, Energiekosten)				267'000	258'000	276'000	259'000	CHF/a
spezifischer Wärmepreis				0.243	0.235	0.251	0.235	CHF/kWh