

Kleinwasserkraftwerk

Pflichtenheft

Windisch, 22.11.2018



Hochschule	Hochschule für Technik - FHNW
Studiengang	Elektro- und Informationstechnik
Autoren	Gruppe 4
Betreuer	Pascal Buchschacher
Auftraggeber	Felix Jenni
Version	1.0

Inhaltsverzeichnis

1	Übersicht	1
1.1	Ausgangslage	1
1.2	Ziele	1
1.3	Nicht-Ziele	2
2	Lösungskonzept	3
2.1	Problemstellung	3
2.2	Grobkonzept 1	4
2.2.1	Wartung	4
2.3	Grobkonzept 2	6
2.3.1	Wartung	7
2.3.2	Sicherheitsmassnahmen	8
2.4	Grobkonzept 3	9
2.5	Grobkonzept 4	11
2.6	Nutzwertanalyse	13
3	Auswertung	15
3.1	Modell	15
3.2	Energieberechnung	16
4	Detailkonzept	22
4.1	Elektronik	22
4.2	Mechanik	23
4.3	Kosten	25
5	Wirtschaftlichkeit	26
6	Projektvereinbarung	27
7	Anhang	29
7.1	Energieberechnung Grobkonzept 1	29
7.2	Energieberechnung Grobkonzept 2	30
7.3	Energieberechnung Grobkonzept 3	30
7.4	Energieberechnung Grobkonzept 4	31
7.5	Vereinfachtes Modell	31

1 Übersicht

1.1 Ausgangslage

Der Auftrag des Projekts 1 ist der Ersatz von Fossilen Ressourcen durch Elektrizität an einem ausgewählten Produkt. Das Team 4 hat sich das Ziel gesetzt, Lösungen zu finden, um die potentielle Energie des fallenden Abwassers in Hochhäusern und Wolkenkratzern in elektrische Energie umzuwandeln. Wird diese Energie zurück ins Gebäude gespeist, leistet unsere Lösung zwar keinen Ersatz von fossilen Ressourcen, aber einen Beitrag zur Reduktion des fossilen oder elektrischen Energieverbrauchs innerhalb von Gebäuden. Durch die Recherchearbeit konnte das Team vier potentielle Lösungen finden, die nun in diesem technischen Teil des Pflichtenhefts weiter ausgearbeitet werden.

1.2 Ziele

Folgende Ziele hat sich das Team 4 gesetzt:

Zielkriterium	Zielvariable	Randbedingung
1. Elektrotechnik		
1.1. Wirkungsgrad	Gesamtwirkungsgrad [%]	>70%
1.2. Leistung	Gesamtleistung [kWh]	möglichst hoch
1.3. Schlichtheit	Anzahl verschiedenartiger Bestandteile	möglichst niedrig
2. Abwassertechnik		
2.1. Verstopfungssicherheit	Verstopfungswahrscheinlichkeit	möglichst klein
2.2. Platzsparung	Dimension der zusätzlichen Infrastruktur	möglichst klein
2.3. Wartung	Wartungsintervall	möglichst lange

1.3 Nicht-Ziele

Da das Projekt 1 als Übung für die Abwicklung eines Projekts dient, werden sämtliche praktische Arbeiten wie Realisierung, Validierung und Projektabschluss nicht umgesetzt.

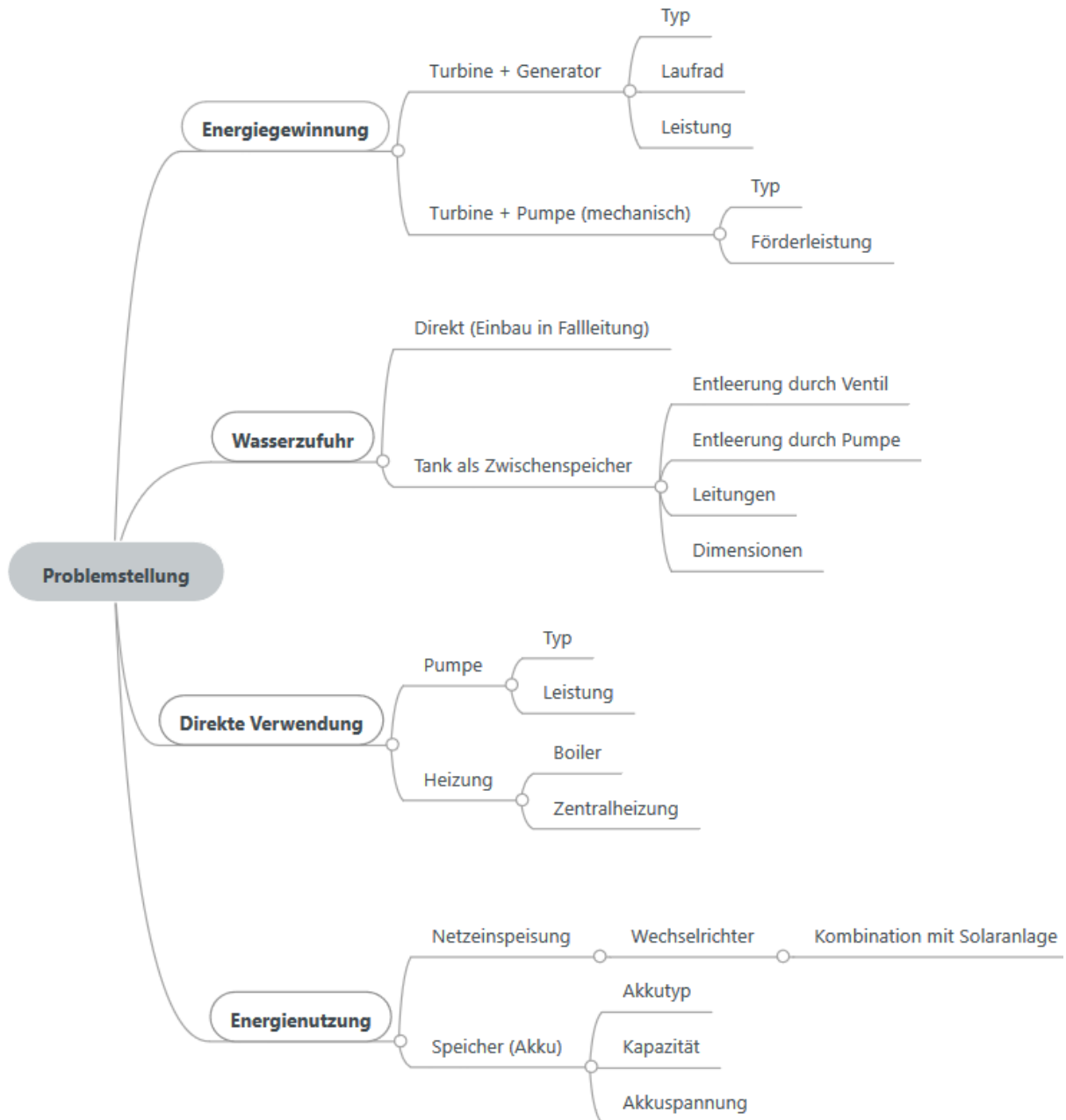
Auch der juristische Teil wird im Projekt 1 nicht beachtet. Folgende Nicht-Ziele wurden definiert:

Nicht-Zielkriterium	Nicht-Zielvariable
1. Planung	Respektierung der Normen
	Machbarkeitsstudie
2. Realisierung & Kosten	Einbau und Anschluss der Bestandteile
	Testlauf
	Lärmbelastung

2 Lösungskonzept

2.1 Problemstellung

Um eine erste Übersicht der möglichen Probleme des Lösungskonzepts zu erhalten, wurden folgende Punkte im Brainstormingverfahren zusammengetragen:



2.2 Grobkonzept 1

Bestandteil	Typ	Funktion	Specs	Anz.
Stromerzeugung				
Wasserrad		Umwandlung in Rotationsenergie	>300W	50
Generator	AC	Umwandlung in elektrische Energie	>300W	50
Generator neu			wenn man richtig zaeht	43
Elektrotechnik				
Wechselrichter		Einspeisung ins Stromnetz		1
Bedienung				
Anzeige	LCD-Display	zeigt Wasserradleistung an		1
Steuerungskasten		vollautomatische elektrische Steuerung		1
Abwassertechnik				
Bypass	Absperrklappe	Umleitung für Wartungsarbeiten an dem Wasserrad		30
Bypass neu			wenn man richtig zaeht	43

Im Grobkonzept 1 sollen 50 Wasserräder direkt in die Falleitung eingebaut werden. Mit jeweils einem Generator pro Wasserrad wird Strom erzeugt. Alle Generatoren sind mit dem Steuerungskasten verbunden. In unserem Hochhausmodell (Park Avenue 432) wird immer nach zwei Etagen ein Wasserrad eingebaut, um die maximale Leistung herausholen zu können. Die gewonnene Energie wird mit einem Wechselrichter transformiert und in das 230V Netz zurückgespielen. Ist eine Solaranlage mit Wechselrichter vorhanden, könnten bei gemeinsamer Nutzung Kosten gespart werden.

2.2.1 Wartung

Jedes Wasserrad ist mit einem Bypass ausgestattet, mit dem der Abwasserfluss darum herum geführt werden kann. So kann das Wasserrad gewartet oder ersetzt werden.

Vorteile:

- + kleiner Umbau der vorhandenen Anlage
- + Kostengünstige Optionen
- + einfach

Nachteile:

- defekt anfällig
- sporadische Wassermenge
- kleine Leistung

2.3 Grobkonzept 2

Bestandteil	Typ	Funktion	Specs	Anz.
Stromerzeugung				
Turbine	Pelton	Umwandlung in Rotationsenergie		1
Generator	AC	Umwandlung in elektrische Energie	???	1
Elektrotechnik				
Wechselrichter		Einspeisung ins Stromnetz		1
Zentrale Ventilsteuerung		Öffnet/schliesst Ventile je nach Füllstand		1
Bedienung				
Anzeige	LCD-Display	zeigt Tankfüllstände und die Generatordaten an		1
Warnsystem		Warnt bei zu hohem Füllstand in einem der Tanks		1
Abwassertechnik				
Tanks		Zwischenspeicher für Abwasser	4m ³ , trichterförmig	5
Ablassventil		Entlässt das Abwasser aus dem Tank		5
Entlüftung		Ermöglicht Luftaustausch, entlässt Gase		5
Notüberlauf		Verhindert, dass Tank zu voll wird		5
Füllstandsensor	Ultraschall	Misst den Füllstand des Tanks	Messbereich <20cm bis >3m	5
Druckleitungen		Machen hohe Wassersäulen möglich	Druckfestigkeit >40 bar	5
Bypass für Turbine	Manuell	Ermöglicht Wartung der Turbine		1
Bypass für Tanks	Manuell	Ermöglicht Wartung und Reinigung der Tanks		5
Einwegventile		Verhindern Rückfluss		4

Im Grobkonzept 2 soll die Energieausbeutung gesteigert werden, indem das Abwasser zuerst in Tanks gespeichert wird, die all 14 Stockwerke eingebaut sind. In unserem Hochhausmodell an der Park Avenue 432 in New York gibt es all 14 Stockwerke zwei Zwischenstockwerke, wo der Einbau möglich wäre. Wenn der Füllstandsensor im Tank erkennt, dass er voll ist, wird das Ventil geöffnet und das Abwasser fließt durch die Druckleitung in den Keller, wo es eine Pelton-Turbine mit Generator antreibt. Die gewonnene elektrische Energie wird über einen Wechselrichter dem Stromnetz zugeführt.

Das Abwasser füllt das Rohr komplett, so dass es keinen Luftwiderstand gibt, der es abbremst. So kann der Wirkungsgrad des Systems verbessert werden. Nur für eine Kurze Zeit, bis das Rohr komplett mit Wasser gefüllt ist, tritt Luftwiderstand auf.

Da es im Modellhochhaus in den letzten 17 Stockwerken kein Zwischenstockwerk mehr gibt, bleibt das Abwasser dieser Stockwerke ungenutzt.

Die baulichen Massnahmen, die nötig sind, um dieses System zu installieren sind beträchtlich. Es müssen Tanks eingebaut und Druckleitungen zur Turbine verlegt werden, welche im Keller installiert werden muss. Die bestehenden Abwasserleitungen müssen neu so verlegt werden, dass sie in die Tanks führen. Somit ist es eher für Neubauten geeignet als zur Nachrüstung.

2.3.1 Wartung

Um zu verhindern, dass es in den Tanks zu Ablagerungen kommt, ist der Boden der Tanks trichterförmig. Ablagerungen werden dadurch beim Öffnen des Ventils weggespült. Sollte es trotzdem nötig sein, die Tanks zu reinigen, gibt es einen Bypass, mit dem das Abwasser am Tank vorbeigeführt werden kann. Er kann dann entleert und gereinigt oder repariert werden. Auch die Turbine hat einen Bypass, der Wartungsarbeiten ermöglicht.

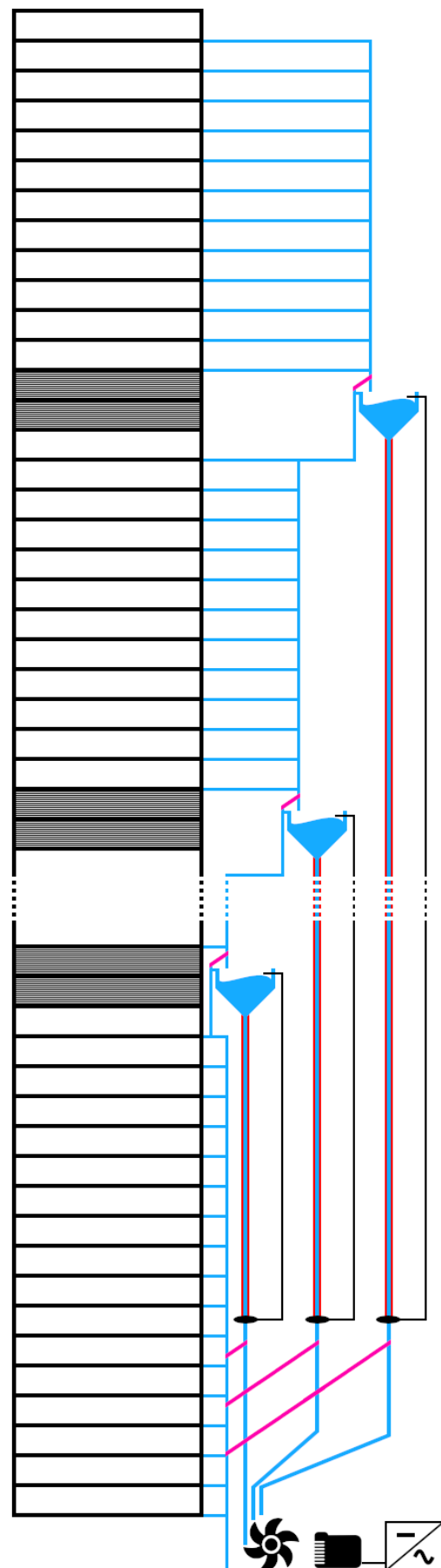


Abbildung 2.1: Grobkonzept 2

2.3.2 Sicherheitsmassnahmen

Jeder Tank ist mit einem Überlauf ausgestattet, der verhindert, dass ein Tank zu voll wird wenn z.B. der Ablauf verstopft ist. Das überschüssige Abwasser wird dann in einem Rohr in die Falleitung wenige Stockwerke tiefer geleitet. Von dort gelangt es in den nächsten Abwassertank. Der Füllstandsensor im Tank erkennt, wenn der Pegel zu hoch wird und sendet eine Warnung. Falls aus irgendeinem Grund mehr als eines der Ventile gleichzeitig geöffnet würde, könnte es zu einem Rückstau kommen, bei dem Abwasser durch die Druckleitungen vom höher gelegenen Tank in einen tieferen fliesst. Um dies zu verhindern, werden in den Druckleitungen Einwegventile eingebaut. Der höchstgelegene Tank benötigt kein solches Ventil.

Vorteile:

- + Kein Luftwiderstand (sobald Rohr gefüllt ist)
- + Nur eine Turbine nötig

Nachteile:

- Braucht viel Platz
- Grössere Bauliche Massnahmen nötig
- Verstopfungsgefahr
- Lange Leitungen brauchen länger bis komplett mit Wasser gefüllt, bis dann Luftwiderstand - das Abwasser der letzten 17 Stockwerke bleibt ungenutzt

2.4 Grobkonzept 3

Bestandteil	Typ	Funktion	Specs	Anz.
Stromerzeugung				
Turbine	Pelton	Umwandlung in Rotationsenergie		5
Generator	AC	Umwandlung in elektrische Energie	???	5
Elektrotechnik				
Wechselrichter		Einspeisung ins Stromnetz		1
Ventilsteuerung		Öffnet/schliesst Ventile je nach Füllstand		1
Bedienung				
Anzeige	LCD-Display	zeigt Tankfüllstände und die Generatordaten an		1
Alarmleuchte		Warnt bei zu hohem Füllstand in einem der Tanks		1
Abwassertechnik				
Tanks		Zwischenspeicher für Abwasser	4m ³ , trichterförmig	5
Ablassventil		Entlässt das Abwasser aus dem Tank		5
Entlüftung		ermöglicht Luftaustausch, entlässt Gase		5
Notüberlauf		Verhindert, dass Tank zu voll wird		5
Füllstandsensor	Ultraschall	Misst den Füllstand des Tanks	Messbereich <20cm bis >3m	5
Druckleitungen		Machen hohe Wassersäulen möglich?	Druckfestigkeit >40 bar	5
Bypass für Turbinen	Manuell	ermöglicht Wartung der Turbine		5
Bypass für Tanks	Manuell	ermöglicht Wartung und Reinigung der Tanks		5

Dieses Grobkonzept ist fast identisch zu Grobkonzept 2. Es gibt wieder mehrere Tanks in einem Abstand von 14 Stockwerken, in denen das Abwasser zwischengespeichert wird. Allerdings gibt es nicht nur eine, sondern gleich viele Turbinen wie Tanks. Das Abwasser fließt von einem Tank 14 Stockwerke nach unten, durch eine Turbine und dann in den nächsten Tank. Bei Grobkonzept 2 kann es unter Umständen relativ lange dauern, bis die Rohre komplett mit Wasser gefüllt sind. Bis das der Fall ist, kommt es zu Luftwiderstand in der Leitung, der das Abwasser abbremst. Bei jedem Tank eine Turbine einzubauen hat den Vorteil, dass die Rohre kürzer sind und so nach öffnen des Ventils schneller komplett mit Wasser gefüllt werden. So wird die Zeit verkürzt, in der Luftwiderstand auftritt. Ausserdem ist der Druck in den Leitungen geringer, man kann also günstigere Rohre und Ventile verwenden. Da im Vergleich zu Grobkonzept 2 keinen Rückstau geben kann, ist es nicht nötig, Einwegventile in die Druckleitung einzubauen.

Vorteile:

- + Luftwiderstand tritt kürzer auf
- + Weniger Druck in den Leitungen

Nachteile:

- Braucht viel Platz
- Grössere bauliche Massnahmen nötig
- Verstopfungsgefahr
- Mehrere Turbinen nötig

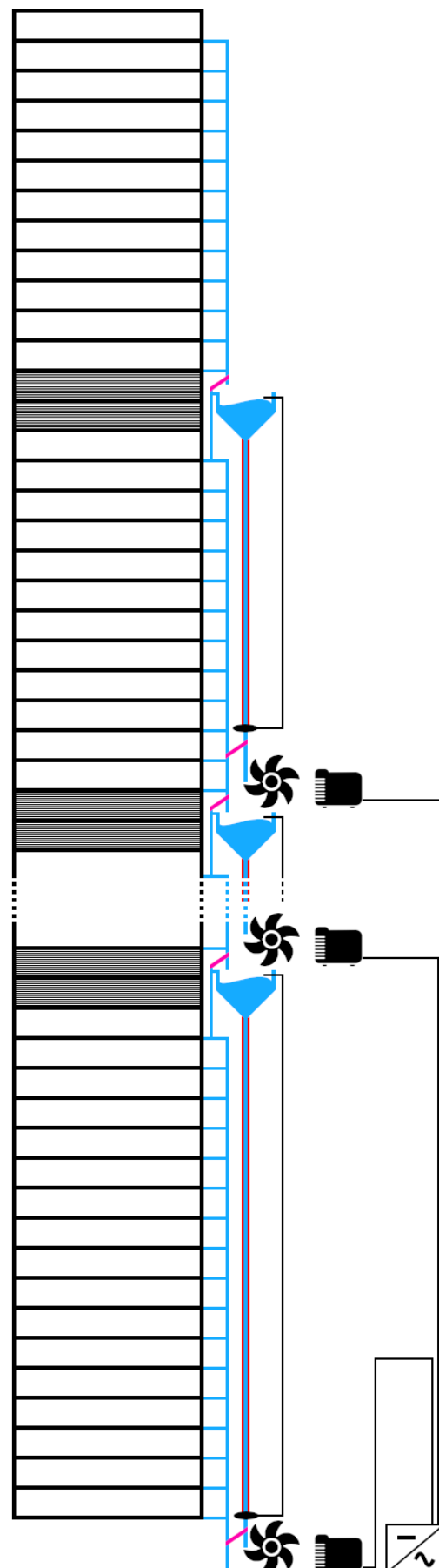


Abbildung 2.2: Grobkonzept 3

2.5 Grobkonzept 4

Bestandteil	Typ	Funktion	Specs	Anz.
Stromerzeugung				
Wasserlift		Umwandlung in Rotationsenergie		5
Generator	AC	Umwandlung in elektrische Energie	???	5
Elektrotechnik				
Wechselrichter		Einspeisung ins Stromnetz		1
Bedienung				
Anzeige	Display	zeigt Tankfüllstände und Generatordaten an		1
Abwassertechnik				
Bypass	Absperrklappe	Umleitung für Wartungsarbeiten am Wasserlift		6
Bypass	in Wirklichkeit	sind es viel mehr als 6	$5 \cdot 13 + 16 =$	81
Leitung		für Wartungsarbeiten		1

Im Grobkonzept 4 wird die potenzielle Energie des Abwassers mit der Wasserlifttechnik ausgenutzt. Das Abwasser fließt in eine Schaufel und wird in der Schaufel im Rohr nach unten transportiert. Somit erhält der Lift eine Bewegung nach unten und entleert am tiefsten Punkt das Abwasser. Die Leitung ist nie komplett mit Wasser gefüllt, daher kommt es zu einem Luftwiderstand in der Leitung, der das Abwasser abbremst.

Die 5 oberen Lifte haben eine Länge von 66.08m, der unterste Lift 80.24m. Für Wartungsarbeiten existiert eine zusätzliche Leitung, die mittels Bypass angesteuert wird.

Vorteile:

+ kostengünstig

Nachteile:

- defekt anfälliger
- umbau
- Verstopfungsresistent

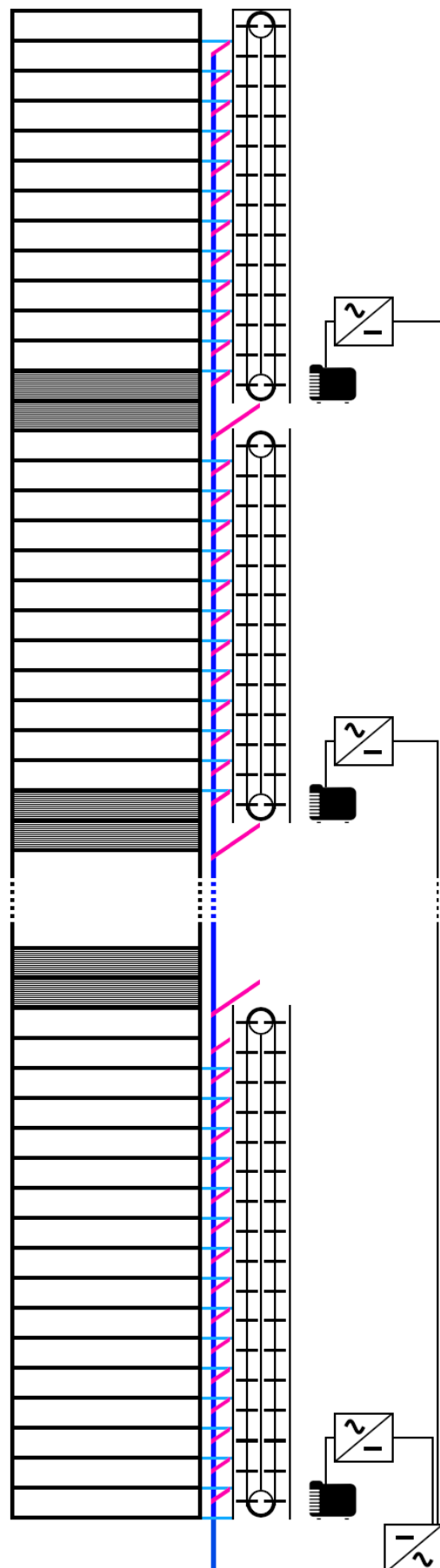


Abbildung 2.3: Grobkonzept 4

2.6 Nutzwertanalyse

Das Team hat blabla...

	1.1. Wirkungsgrad	1.2. Leistung	1.3. Komplexität	2.1. Verstopfungsgefahr	2.2. Platzbedarf	2.3. Wartung	Total	Prozent
1.1. Wirkungsgrad		0.5	0.5	0	0.5	0.5	2.	13%
1.2. Leistung	0.5		1	1	1	1	4.5	30%
1.3. Komplexität	0.5	0		0	0	0.5	1.0	6.5%
2.1. Verstopfungsgefahr	1	0	1		0	1	3	20%
2.2. Platzbedarf	0.5	0	1	1		1	3.5	24%
2.3. Wartung	0.5	0	0.5	0	0		1.0	6.5%
							15	100%

Zeile-Kriterium ist wichtiger als Spalten-Kriterium 1

Zeile-Kriterium ist gleich wichtig wie Spalten-Kriterium 0.5

Zeile-Kriterium ist weniger wichtig wie Spaltenkriterium 0

Erfüllungsgrad						
	min.		mittel		max.	
	1	2	3	4	5	Messgrösse
1.1. Wirkungsgrad	<50	51-60	61-70	71-80	>81	%
1.2. Leistung	<40	40-44	45-50	51-54	>55	kWh
1.3. Schlichtheit	>16	15-12	11-8	7-4	<3	Anz. versch. Teile
2.1. Verstopfungssicherheit	gering	mässig	mittel	erhöht	hoch	a)
2.2. Platzsparing	gering	mässig	mittel	erhöht	gross	Schätzung m ³
2.3. Wartung	52-13	12-6	5-2	1	0	b)

a) Abschätzung via Recherche

b) geschätzte Frequenz [1\J]

Zielkriterium	Gewichtung	Max	Grobkonzept 1		Grobkonzept 2		Grobkonzept 3		Grobkonzept 4					
			Wert	Erfüllungsgrad	Nutzwert	Wert	Erfüllungsgrad	Nutzwert	Wert	Erfüllungsgrad	Nutzwert			
Elektrotechnik														
Wirkungsgrad	13%	0.650	32%	1	0.13	67.2%	3	0.39	64.1%	3	0.39	80%	4	0.52
Leistung	30%	1.500	21.5kWh	1	0.3 0	44.6kWh	2	0.6 0	42.6kWh	2	0.60	53.1kWh	4	1.20
Schlichkeit	6.5%	0.325	6	4	0.26	15	2	0.26	14	2	0.20	6	4	0.26
Abwassertechnik														
Verstopfungssicherheit	20%	1.000	mässig	2	0.40	mässig	2	0.4 0	mässig	2	0.40	mittel	3	0.60
Platzsparung	24%	1.200	erhöht	4	0.96	mässig	2	0.48	gering	1	0.24	erhöht	5	1.20
Wartung	6.5%	0.325	5	2	0.26	3	2	0.26	1	4	0.20	1	4	0.20
Summe	100.0%	5.000			2.31			2.39			2.03			3.98
Erfüllungsgrad [%]	100.0				46			48			40			79
Rangfolge					3			2			4			1

3 Auswertung

3.1 Modell

Für die Berechnung der potentiellen Energie benützen wir das Modell Park Avenue 432, eines der höchsten reinen Wohnhochhäusern auf der Welt. Die stolze Höhe und der über das ganze Gebäude gleichbleibende quadratische Grundriss sind ideal für unsere Berechnungen. Für die Wassermengenberechnung stützen wir uns auf die Angaben des durchschnittlichen Wasserverbrauchs in Amerika pro Person und Tag: 314L. **waterUsAmerica**



Abbildung 3.1: Park Avenue 432 **432_Park_Avenue**

Name:	Park Avenue 432
Höhe:	426m
Etagen:	84 Obergeschosse, 1 Erdgeschosse, 3 Untergeschosse
Etagenhöhe:	4.72m
Höchste Etage:	392.1m
Wohnungen:	104
Speziell:	alle 12 Etagen 2 Etagen leer
Nutzbare Etagen:	74

3.2 Energieberechnung

Die Endgeschwindigkeit des Wassers kann mit folgender Formel berechnet werden:

$$v = \sqrt{2 \cdot g \cdot h}$$

Die Einheit der Geschwindigkeit v ist m/s, das Schwerefeld g auf der Erde besitzt den Wert 9.81 N/kg, und die Höhe h hat die Einheit m.

Die Energie, die gewonnen werden kann, wird mit folgender Formel berechnet:

$$E = \frac{1}{2} \cdot m \cdot v^2$$

Die Energie E hat die Einheit J, die Einheit der Geschwindigkeit v ist m/s, und die Masse m hat die Einheit kg

Um die Leistung in kWh zu erhalten wird folgende Formel verwendet:

$$P = \frac{E \cdot \eta}{3.6\text{MJ}}$$

Die Leistung P hat die Einheit W und der Wirkungsgrad η besitzt keine Einheit.

Mit diesen Mathematischen Grundlagen kann nun die Leistung an unserem Modellhochhaus für die Grobkonzepte berechnet werden. Für die Berechnungen wird angenommen das pro Wohnung 2.5 Personen leben und sie einen Durchschnittsverbrauch pro Tag von 314l haben. Bei 146 Wohnungen und 74 Nutzbaren Etagen leben 5 Personen pro Etage. Es wird somit 1570l pro Etage pro Tag verbraucht. Im Anhang befindet sich das vereinfachte Modell (7.5 Vereinfachtes Modell) des Hochhauses, von der die Berechnungen ausgehen. Das gesamte hochhaus wird zur vereinfachung in 6 Blöcke eingeteilt. Dies und eine Legende für Symbole die in diesem Abschnitt benutzt werden, sind in der Abbildung 3.2 Blockeinteilung des Hochhauses ersichtlich.

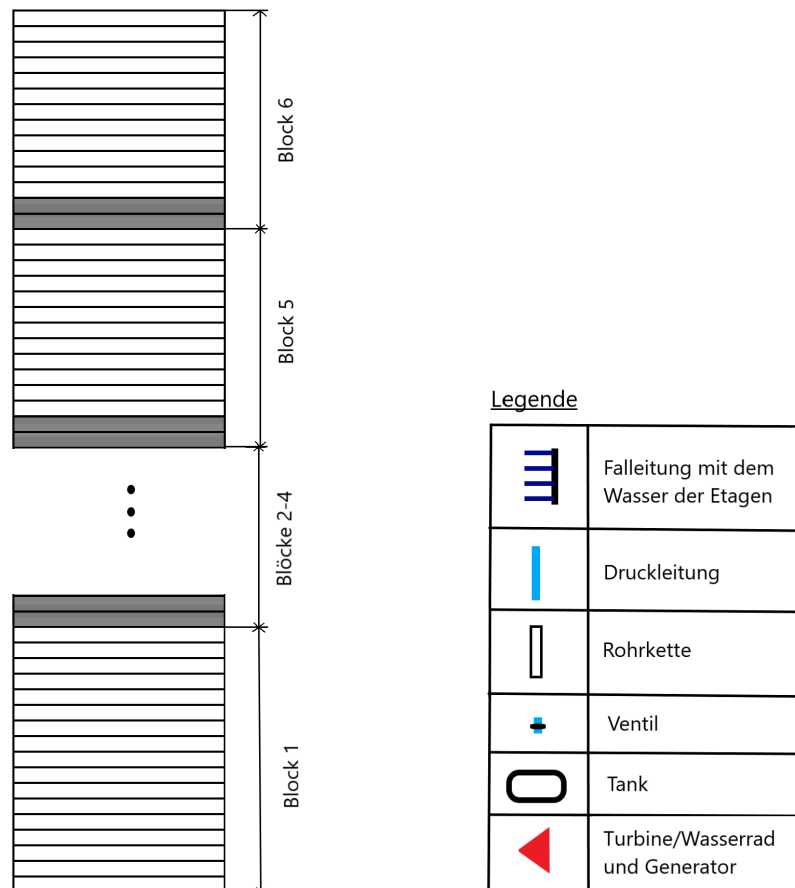


Abbildung 3.2: Blockeinteilung des Hochhauses

Grobkonzept 1

Im Grobkonzept 1 wird die Geschwindigkeit des Wassers ausgenutzt. Wie bereits im Recherchedokument (**recherchedokument**) berechnet, wird das Wasser ab ca. 10m nicht mehr merklich schneller. Um möglichst viel Energie zu erzeugen wird in jeder zweiten Etage, bzw all 9.44 m ein kleines Wasserrad eingebaut. Insgesamt werden 50 Wasserräder eingebaut. Dies ist in der Abbildung 3.3 Prinzip Grobkonzept 1 ersichtlich. Die Geschwindigkeit des Wassers beträgt bei einer Höhe von zwei Etagen 8.5m/s und bei einer Etage 6.5m/s

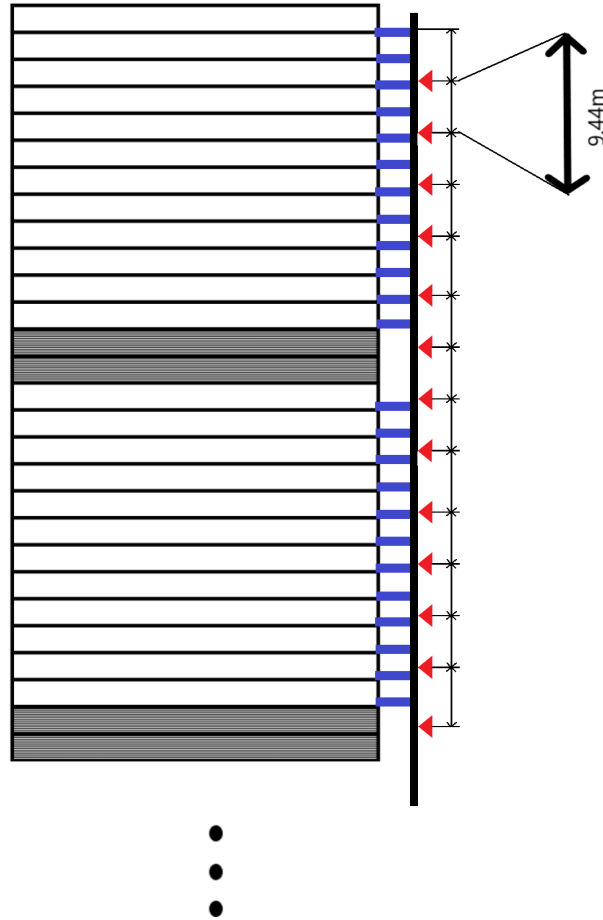


Abbildung 3.3: Prinzip Grobkonzept 1

Mit diesem Konzept wird insgesamt 21.5kWh pro Tag gewonnen, dies entspricht bei Stromkosten von 20rp einen Wert von 4.30Fr. Die Leistungsberechnungen sind im Anhang 7.1 Berechnung Grobkonzept 1 zu finden.

Grobkonzept 2

Im Grobkonzept 2 wird die Geschwindigkeit des Wassers ausgenutzt. Um den Luftwiderstand zu eliminieren werden nun Druckleitungen eingebaut die komplett mit Wasser gefüllt sind. So kann eine grössere Geschwindigkeit aufgebaut werden. In den unbenutzten Etagen wird das Wasser gesammelt und mit einer Druckleitung bis zur Turbine ganz unten geführt. Dies ist in der Abbildung 3.4 Prinzip Grobkonzept 2 ersichtlich.

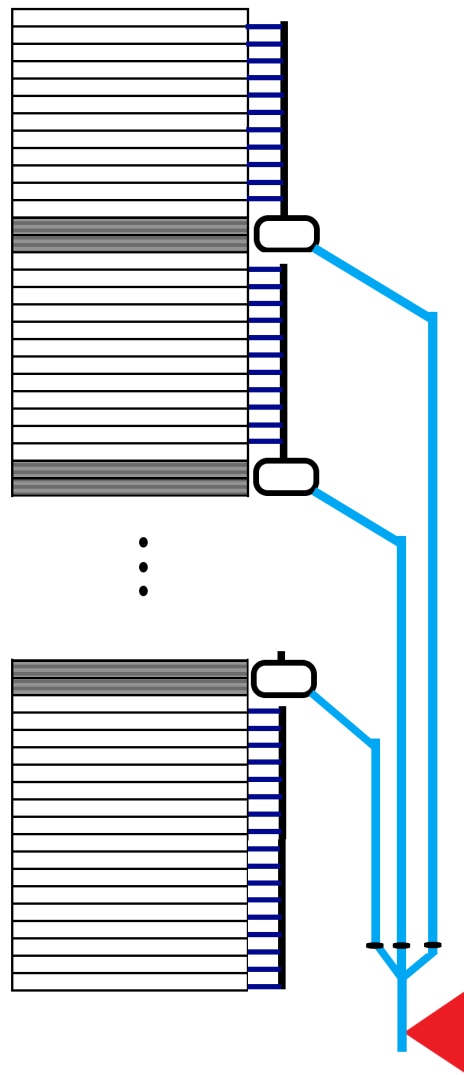


Abbildung 3.4: Prinzip Grobkonzept 2

Mit diesem Konzept wird insgesamt 44.59kWh pro Tag gewonnen, dies entspricht bei Stromkosten von 20rp einen Wert von 8.92Fr. Die Leistungsberechnungen sind im Anhang 7.2 Berechnung Grobkonzept 2 zu finden.

Grobkonzept 3

Im Grobkonzept 3 wird die Geschwindigkeit des Wassers ausgenutzt. Um den Luftwiderstand zu eliminieren werden nun Druckleitungen eingebaut die komplett mit Wasser gefüllt sind. So kann eine grössere Geschwindigkeit aufgebaut werden. In den unbenutzten Etagen wird das Wasser gesammelt und mit einer Druckleitung bis zur Turbine vor dem nächsten Tank geführt. Dies ist in der Abbildung 3.5 Prinzip Grobkonzept 3 ersichtlich.

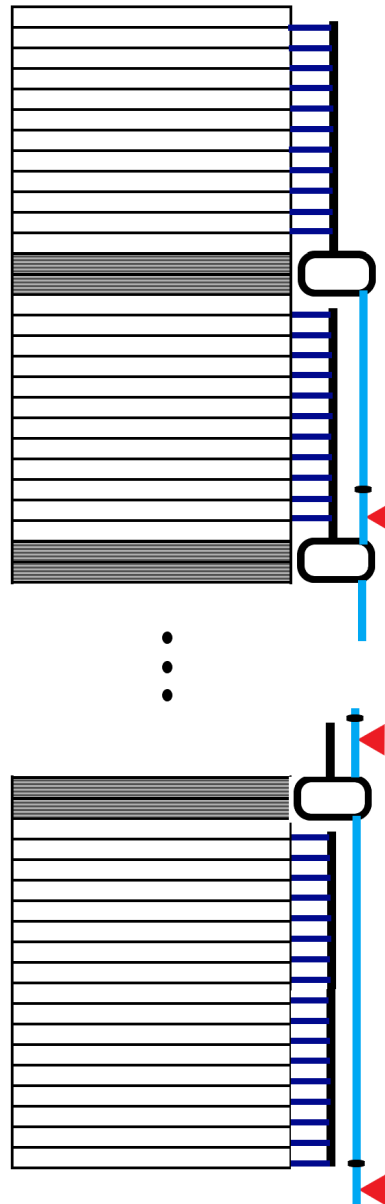


Abbildung 3.5: Prinzip Grobkonzept 3

Mit diesem Konzept wird insgesamt 42.62kWh pro Tag gewonnen, dies entspricht bei Stromkosten von 20rp einen Wert von 8.53Fr. Die Leistungsberechnungen sind im Anhang 7.3 Berechnung Grobkonzept 3 zu finden.

Grobkonzept 4

Im Grobkonzept 4 wird die potenzielle Energie des Wassers ausgenutzt. Damit die Wasserlifte nicht zu lang werden, werden diese Blockweise verbaut. Dies ist in der Abbildung 3.6 Prinzip Grobkonzept 4 ersichtlich. Die obersten 5 bestehen aus 12 bewohnten und 2 ungenutzten Etagen. Der unterste Block besteht aus 16 bewohnten Etagen. Somit haben 5 Lifte eine Länge von 66.08m und der unterste Lift eine Länge von 80.24m

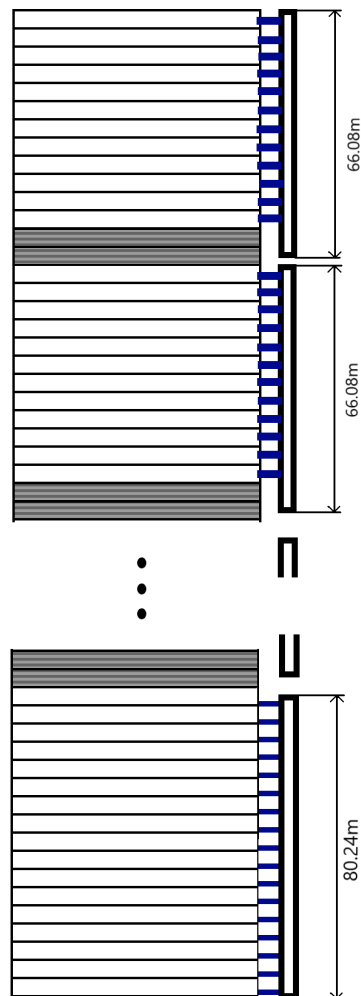


Abbildung 3.6: Prinzip Grobkonzept 4

Mit diesem Konzept wird insgesamt 53.08kWh pro Tag gewonnen, dies entspricht bei Stromkosten von 20rp einen Wert von 10.62Fr. Die Leistungsberechnungen sind im Anhang 7.4 Berechnung Grobkonzept 4 zu finden.

4 Detailkonzept

Das Konzept mit den Wasserliften ist am besten geeignet für unsere Anwendung. Es existieren bereits solche «Rohrkettenförderer», die jedoch Produkte hinaufbefördern. Wir nutzen dieses System um das Wasser nach unten zu befördern und dabei Energie zu gewinnen. Es werden insgesamt sechs Lifte benötigt. Fünf Lifte überwinden je 60.08m und der unterste Lift überwindet 80.24m. In der Abbildung 3.6 Prinzip Grobkonzept 4 ist dies grafisch dargestellt.

4.1 Elektronik

Generator

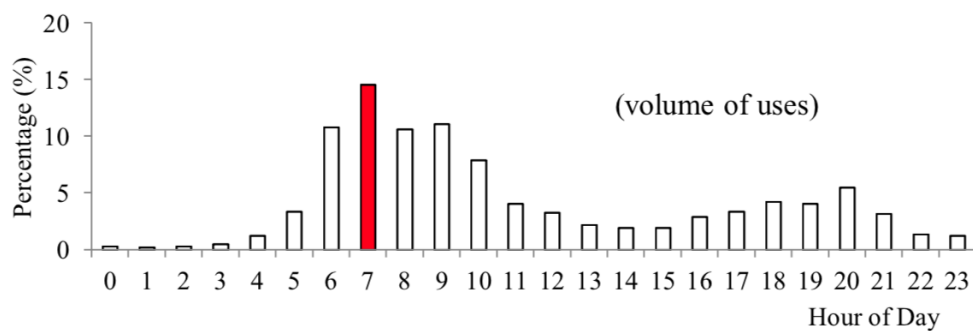


Abbildung 4.1: Typische Tagesgangkurve. **peakWaterDemand**

Anzeige

4.2 Mechanik

Rohrkette

In der Industrie werden Rohrkettenförderer für den Transport von Schuttgüter verwendet. In der Abbildung 4.2 Innenaufbau Rohrkettenförderer **abconvey** ist der Innenaufbau eines solchen Rohrkettenförderers ersichtlich.

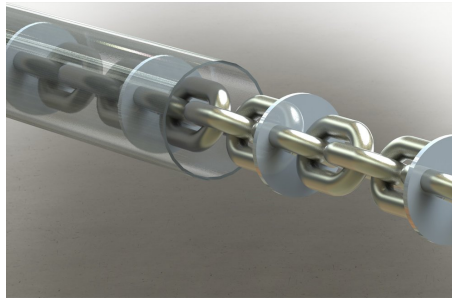


Abbildung 4.2: Innenaufbau Rohrkettenförderer **abconvey**

Wir wollen keinen Schutt nach oben befördern, daher muss dieses System auf unsere Anforderungen angepasst werden. Diese Anforderungen sind, dass die verwendeten Materialien Robust gegenüber Korrasion sind, da das Abwasser aggressiv auf diese wirkt. Weiter müssen, um einen möglichst hohen Wirkungsgrad zu erreichen, die Platten mit möglichst kleinem Spielraum zur Ausserwand konstruiert werden, damit das Wasser nicht einfach auf der Seite herunterfliessen kann und gleichzeitig nicht eine zu grosse Reibung erzeugt wird. Die Drehachse, an dem der Generator angeschlossen wird ist ein Stösselkettenrad. Dieser ist in der Abbildung 4.3 Stösselkettenrad **schrage** zu sehen



Abbildung 4.3: Stösselkettenrad **schrage**

Um diesen Wasserlift zu bauen beauftragen wir die Firma Schrage, ein führender Spezialist für Rohrketten, die in Deutschland zu Hause ist, beauftragt. Die Kosten belaufen sich für die 60.08m Höhendifferenz auf ca. 10'000Fr pro Lift und für die 80.24m Höhendifferenz auf ca. 13'000Fr. Insgesamt würde die Anlage mit den Rohrketten und Stösselkettenrad insgesamt ca.63'000Fr kosten. **schrage**

Rohr

Gerberit...

4.3 **Kosten**

5 Wirtschaftlichkeit

6 Projektvereinbarung

Auftraggeber

Jenni, Prof. Dr. Felix

Ort, Datum

Unterschrift

Projektleiter

Imhof, Frank

Ort, Datum

Unterschrift

7 Anhang

7.1 Energieberechnung Grobkonzept 1

					E in MJ
Block 6	$\sum_{n=0}^5 0.5 \times 1570 (n \times 2) \times 8.5^2 + 6 (0.5 \times 1570 \times 8.5^2 + 0.5 \times 1570 \times 6.5^2) + 0.5 \times 18840 \times 8.5^2$				2.92
Block 5	$\sum_{n=0}^5 0.5 \times 1570 (n \times 2) \times 8.5^2 + 6 (0.5 \times 1570 \times 8.5^2 + 0.5 \times 1570 \times 6.5^2) + 0.5 \times 18840 \times 8.5^2 + 7 (0.5 \times 18840 \times 8.5^2)$				7.69
Block 4	$\sum_{n=0}^5 0.5 \times 1570 (n \times 2) \times 8.5^2 + 6 (0.5 \times 1570 \times 8.5^2 + 0.5 \times 1570 \times 6.5^2) + 0.5 \times 18840 \times 8.5^2 + 7 (0.5 \times 2 \times 18840 \times 8.5^2)$				12.45
Block 3	$\sum_{n=0}^5 0.5 \times 1570 (n \times 2) \times 8.5^2 + 6 (0.5 \times 1570 \times 8.5^2 + 0.5 \times 1570 \times 6.5^2) + 0.5 \times 18840 \times 8.5^2 + 7 (0.5 \times 3 \times 18840 \times 8.5^2)$				17.21
Block 2	$\sum_{n=0}^5 0.5 \times 1570 (n \times 2) \times 8.5^2 + 6 (0.5 \times 1570 \times 8.5^2 + 0.5 \times 1570 \times 6.5^2) + 0.5 \times 18840 \times 8.5^2 + 7 (0.5 \times 4 \times 18840 \times 8.5^2)$				21.98
Block 1	$\sum_{n=0}^7 0.5 \times 1570 (n \times 2) \times 8.5^2 + 8 (0.5 \times 1570 \times 8.5^2 + 0.5 \times 1570 \times 6.5^2) + 9 (0.5 \times 5 \times 18840 \times 8.5^2)$				34.52
				Total	96.77
				Total mit Wirkungsgrad	77.41

Leistung [kWh]	21.50
Ersparnis pro Tag [Fr]	4.30

Pro Tag	
Gewichtskraft g [m/s^2]:	9.81
Wasser pro Person [l]	314
Dichte p [kg/m^3]	1000
Personen pro benutzte Etage	5
Wasser pro Etage [l]	1570
Wasser pro Block 2-6 [l]	18'840
Wasser pro Block 1 [l]	25'120
Wassergeschwindigkeit 2 Etagen [m/s]	8.5
Wassergeschwindigkeit 1 Etage [m/s]	6.5
Etagenhöhe [m]	4.72
Wirkungsgrad	0.80
Abstand Turbine [m]	9.44
Stromkosten 1 kWh [CHF]	0.20

Abbildung 7.1: Berechnung Grobkonzept 1

7.4
Energieberechnung Grobkonzept 4

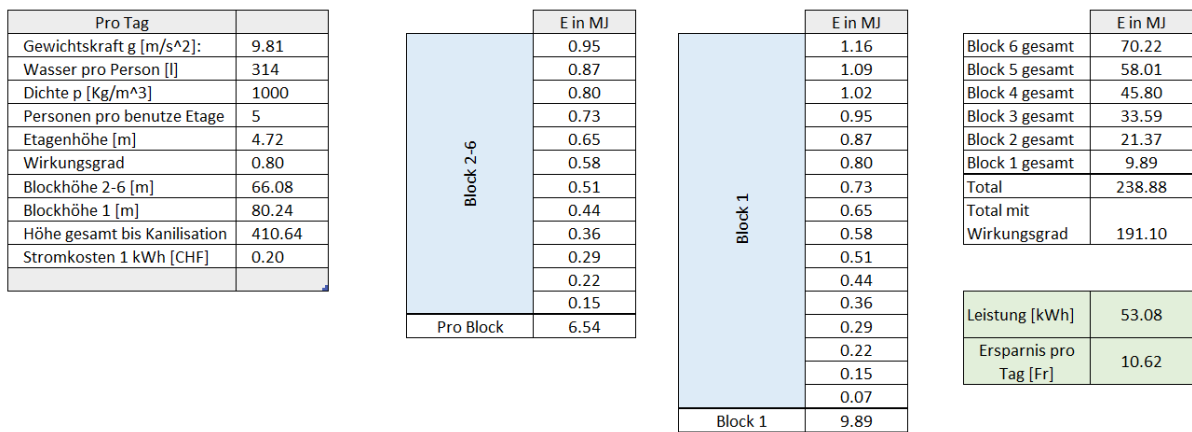


Abbildung 7.4: Berechnung Grobkonzept 4

7.5
Vereinfachtes Modell

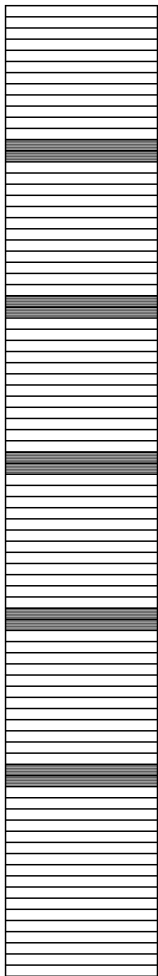


Abbildung 7.5: Vereinfachtes Modell