

# Kleinwasserkraftwerk

Pflichtenheft

Windisch, 22.11.2018



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

# Inhaltsverzeichnis

<b>1</b>	<b>Übersicht</b>	<b>1</b>
1.1	Ausgangslage . . . . .	1
1.2	Ziele . . . . .	1
1.3	Nicht-Ziele . . . . .	2
<b>2</b>	<b>Lösungskonzept</b>	<b>3</b>
2.1	Problemstellung . . . . .	3
2.2	Grobkonzept 1 . . . . .	4
2.2.1	Wartung . . . . .	4
2.3	Grobkonzept 2 . . . . .	5
2.3.1	Wartung . . . . .	6
2.3.2	Sicherheitsmassnahmen . . . . .	7
2.4	Grobkonzept 3 . . . . .	8
2.5	Grobkonzept 4 . . . . .	10
2.6	Nutzwertanalyse . . . . .	12
<b>3</b>	<b>Auswertung</b>	<b>14</b>
3.1	Modell . . . . .	14
3.2	Energieberechnung . . . . .	15
<b>4</b>	<b>Detailkonzept</b>	<b>21</b>
4.1	Elektronik . . . . .	21
4.2	Mechanik . . . . .	22
4.3	Kosten . . . . .	24
<b>5</b>	<b>Wirtschaftlichkeit</b>	<b>25</b>
<b>6</b>	<b>Projektvereinbarung</b>	<b>26</b>
<b>7</b>	<b>Anhang</b>	<b>28</b>
7.1	Energieberechnung Grobkonzept 1 . . . . .	28
7.2	Energieberechnung Grobkonzept 2 . . . . .	29
7.3	Energieberechnung Grobkonzept 3 . . . . .	29
7.4	Energieberechnung Grobkonzept 4 . . . . .	30
7.5	Vereinfachtes Modell . . . . .	30

# 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
<b>1. Elektrotechnik</b>		
1.1. Wirkungsgrad	Gesamtwirkungsgrad [%]	>70%
1.2. Leistung	Gesamtleistung [kWh]	möglichst hoch
1.3. Schlichtheit	Anzahl verschiedenartiger Bestandteile	möglichst niedrig
<b>2. Abwassertechnik</b>		
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:

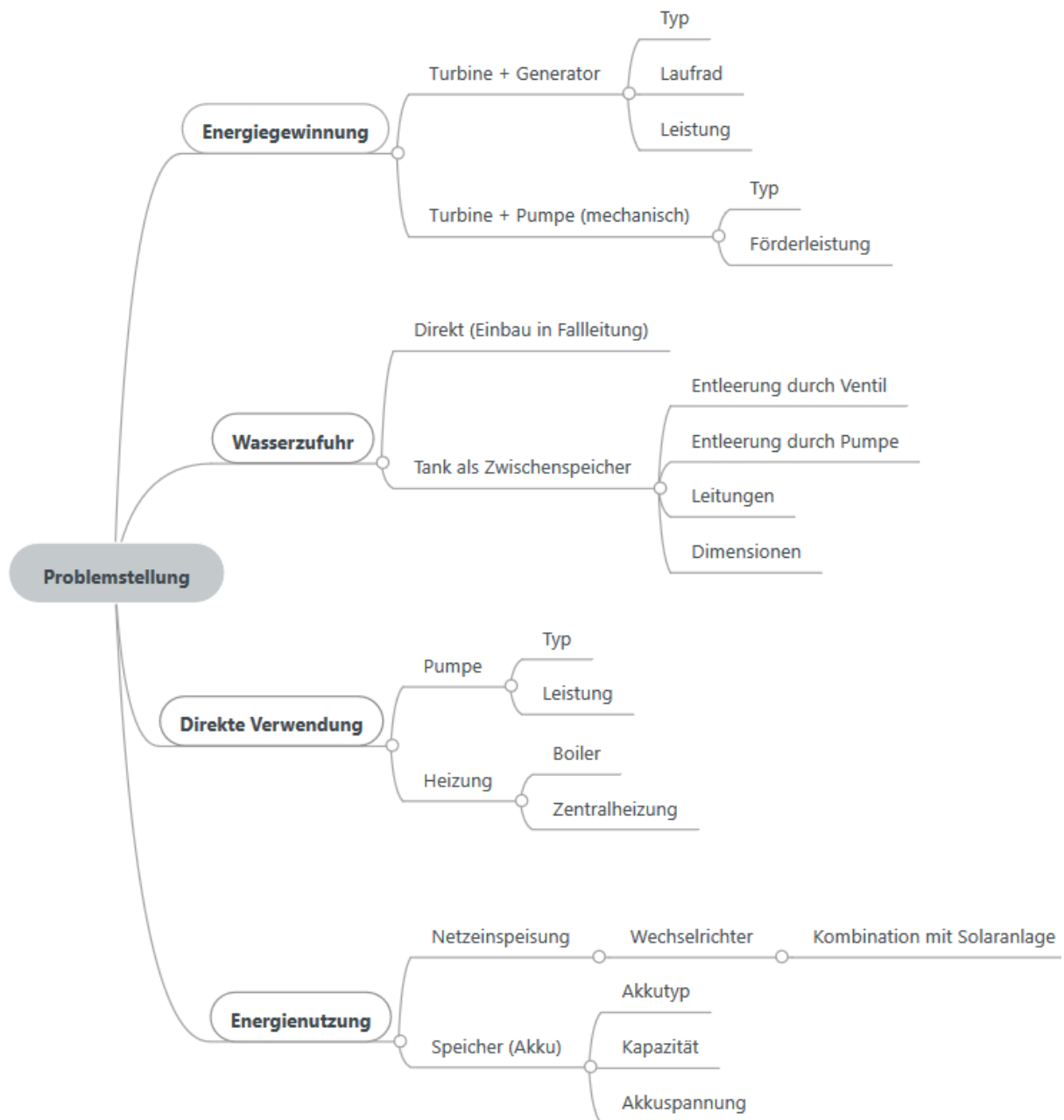
Nicht-Zielkriterium	Nicht-Zielvariable
1. Planung	Respektierung der Normen
	Machbarkeitsstudie
2. Realisierung & Kosten	Einbau und Anschluss der Bestandteile
	Testlauf
	Lärmbelastung

---

## 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.
<b>Stromerzeugung</b>				
Wasserrad		Umwandlung in Rotationsenergie	>300W	50
Generator	Asynchron	Gleichstromwandlung	>300W	50
Generator neu			wenn man richtig zaehlt	43
<b>Elektrotechnik</b>				
Wechselrichter		Einspeisung ins Stromnetz. Umwandlung Gleichstrom zu Wechselstrom.		1
<b>Bedienung</b>				
Anzeige	LCD-Display	zeigt Wasserradleistung an		1
Steuerungskasten		vollautomatische elektrische Steuerung		1
<b>Abwassertechnik</b>				
Bypass	Absperrklappe	Umleitung für Wartungsarbeiten an dem Wasserrad		30
Bypass neu			wenn man richtig zaehlt	43

Im Grobkonzept 1 sollen 50 Wasserräder direkt in die Fallleitung 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.
<b>Stromerzeugung</b>				
Turbine	Pelton	Umwandlung in Rotationsenergie		1
Generator	Gleichstrom	Umwandlung in elektrische Energie		1
<b>Elektrotechnik</b>				
Wechselrichter		Einspeisung ins Stromnetz		1
Zentrale Ventilsteuerung		Öffnet/schliesst Ventile je nach Füllstand		1
<b>Bedienung</b>				
Anzeige	LCD-Display	zeigt Tankfüllstände und die Generatordaten an		1
Warnsystem		Warnt bei zu hohem Füllstand in einem der Tanks		1
<b>Abwassertechnik</b>				
Tanks		Zwischenspeicher für Abwasser	4m <sup>3</sup> , 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.

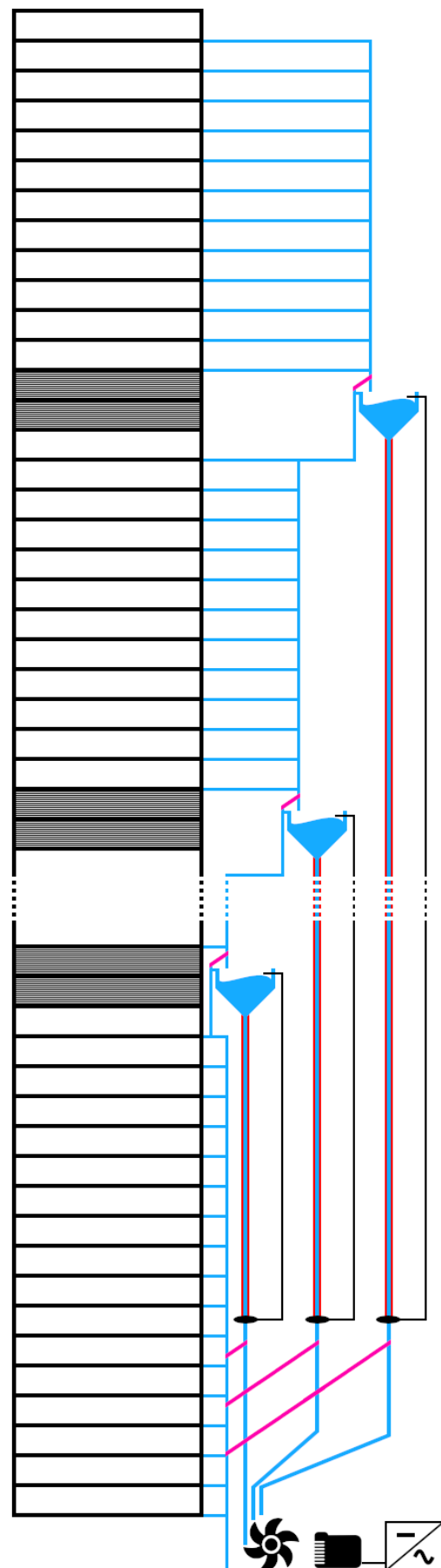


Abbildung 2.1: Grobkonzept 2

### 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.
<b>Stromerzeugung</b>				
Turbine	Pelton	Umwandlung in Rotationsenergie		5
Generator	Gleichstrom	Umwandlung in elektrische Energie		5
<b>Elektrotechnik</b>				
Wechselrichter		Einspeisung ins Stromnetz		1
Ventilsteuerung		Öffnet/schliesst Ventile je nach Füllstand		1
<b>Bedienung</b>				
Anzeige	LCD-Display	zeigt Tankfüllstände und die Generatordaten an		1
Alarmleuchte		Warnt bei zu hohem Füllstand in einem der Tanks		1
<b>Abwassertechnik</b>				
Tanks		Zwischenspeicher für Abwasser	4m <sup>3</sup> , 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

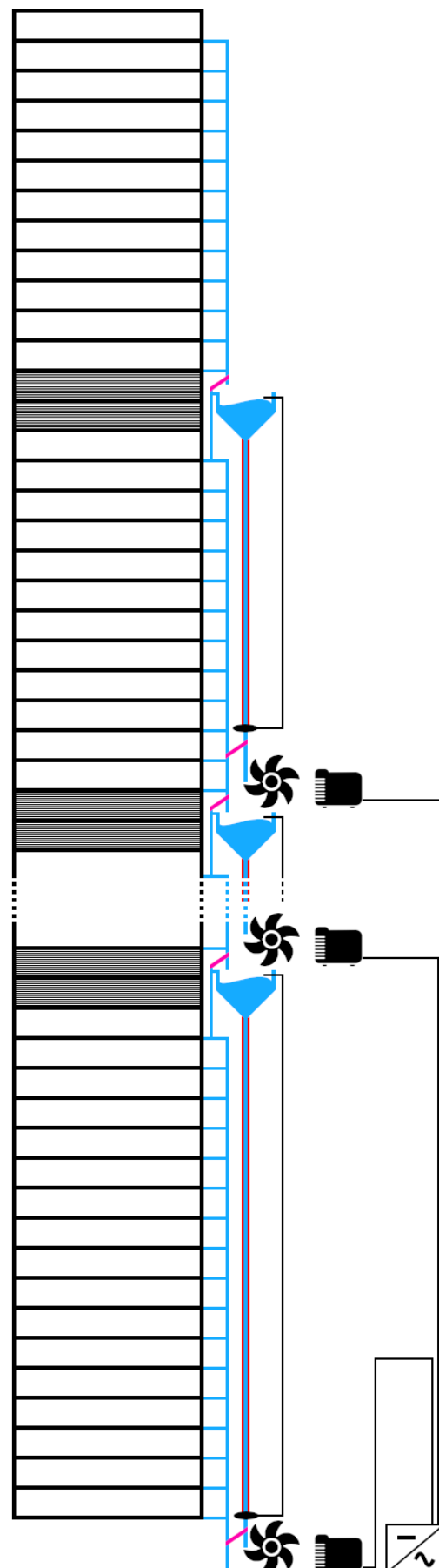


Abbildung 2.2: Grobkonzept 3

## 2.5 Grobkonzept 4

Bestandteil	Typ	Funktion	Specs	Anz.
<b>Stromerzeugung</b>				
Wasserlift		Umwandlung in Rotations-energie		5
Generator	Wechselstrom	Umwandlung in elektrische Energie		5
<b>Elektrotechnik</b>				
Gleichrichter	???	???		5
Bus-Converter	???	???		1
Wechselrichter		Einspeisung ins Stromnetz		1
<b>Bedienung</b>				
Anzeige	Display	zeigt Tankfüllstände und Generatordaten an		1
<b>Abwassertechnik</b>				
Bypass	Absperrklappe	Umleitung für Wartungsarbeiten am Wasserlift		6
Bypass	in Wirklichkeit	sind es viel mehr als 6	5*13+16=	81
Leitung		für Wartungsarbeiten		1

Im Grobkonzepts 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

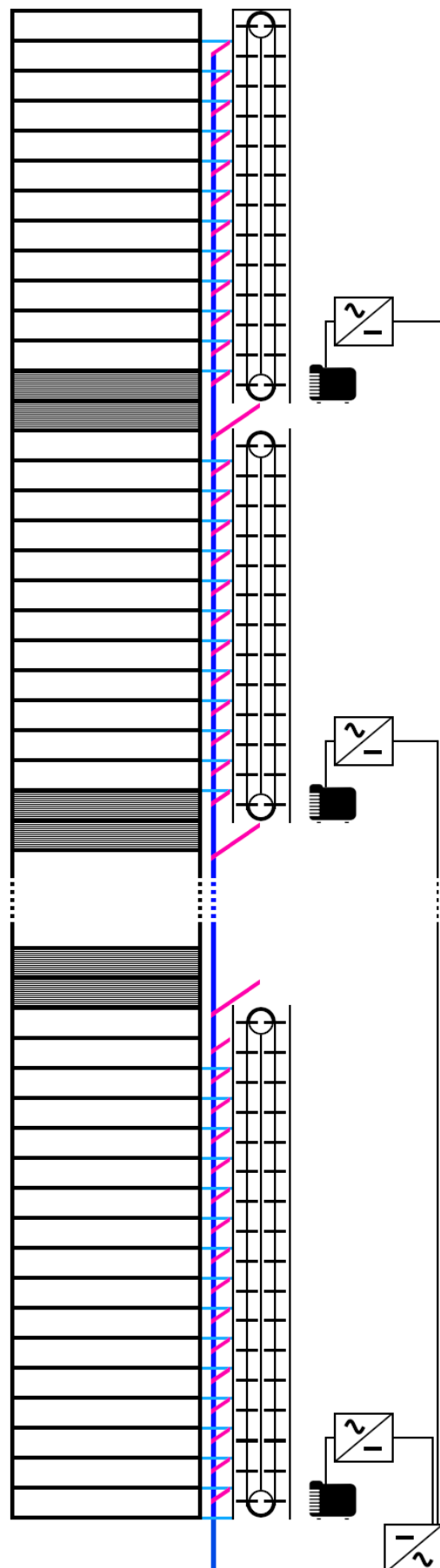


Abbildung 2.3: Grobkonzept 4

## 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%
							<b>15</b>	<b>100%</b>

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					Messgrösse
	min. <b>1</b>	<b>2</b>	mittel <b>3</b>	<b>4</b>	max. <b>5</b>	
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 <sup>3</sup>
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	Wert	Erfüllungsgrad	Wert	Erfüllungsgrad	Wert	Erfüllungsgrad				
			Nutzwert		Nutzwert		Nutzwert		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:

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

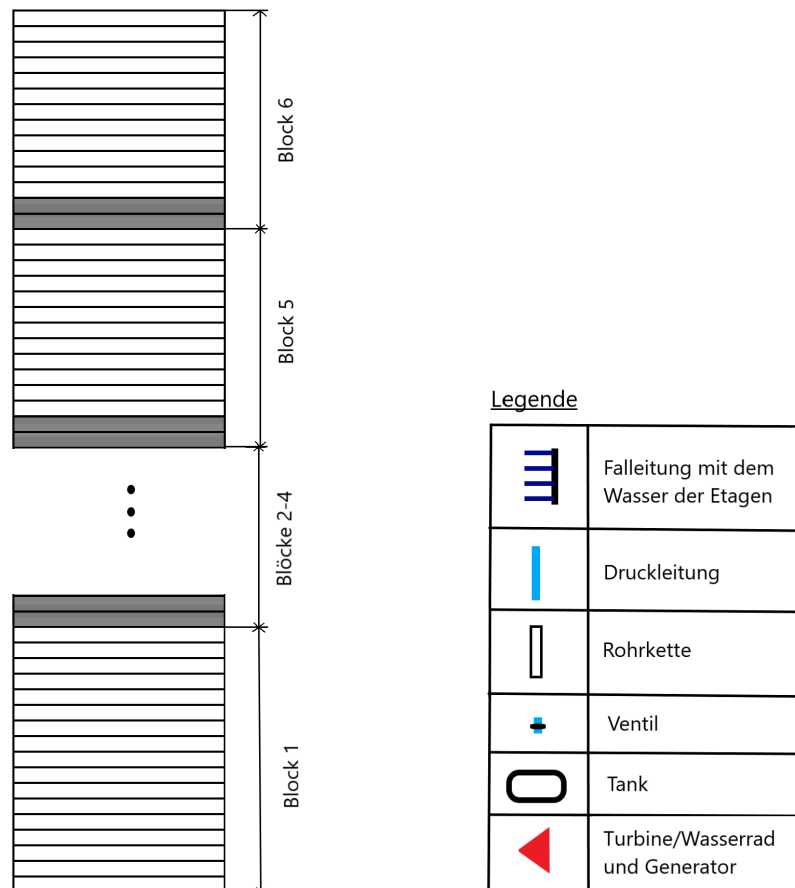
Die Energie  $E$  hat die Einheit J, die Einheit der Geschwindigkeit  $v$  ist m/s, und die Masse  $m$  hat die Einheit kg

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  $\eta$  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. alle 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

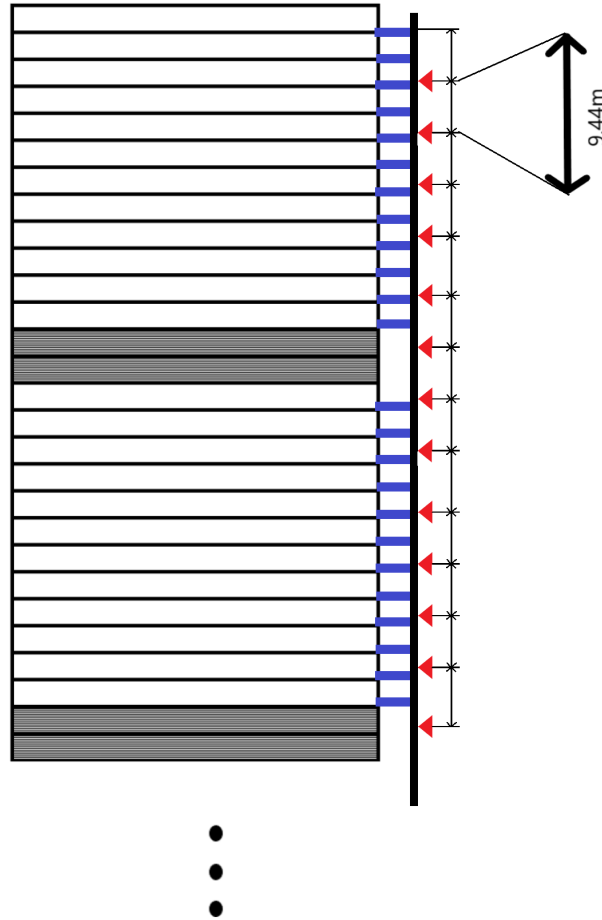
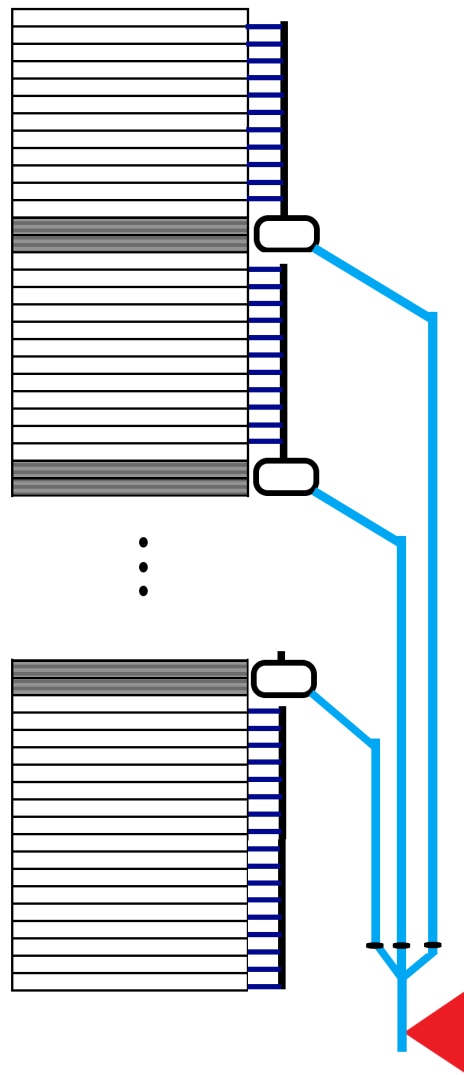


Abbildung 3.3: Prinzip Grobkonzept 1

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.

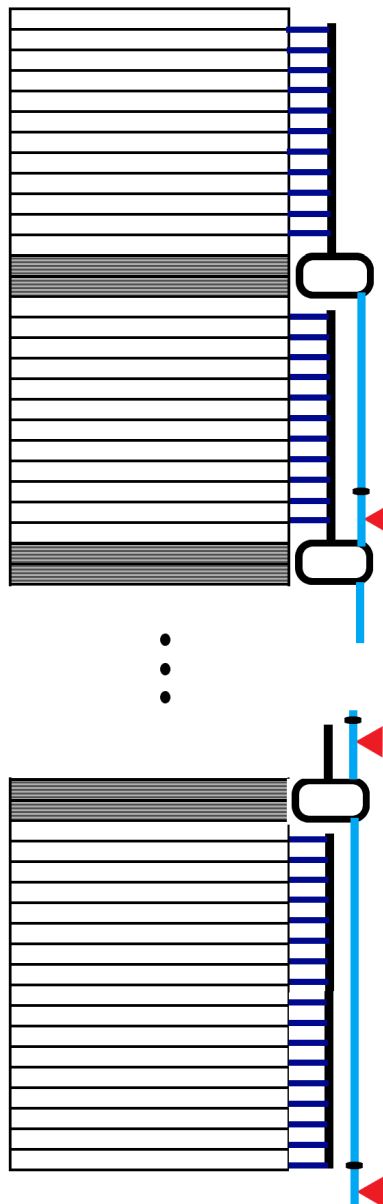
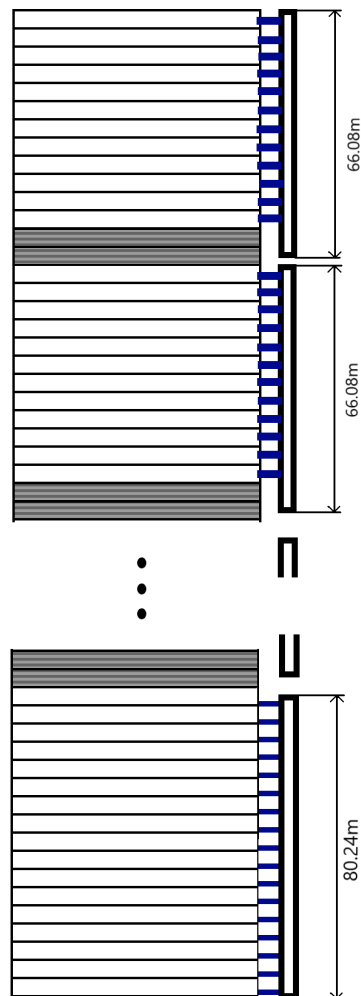


Abbildung 3.5: Prinzip Grobkonzept 3

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

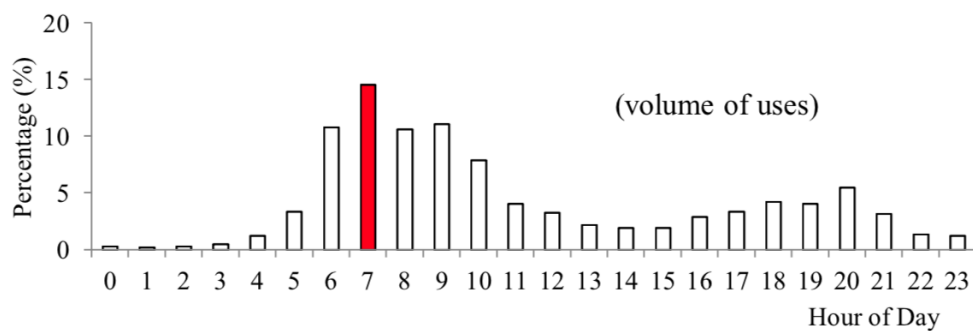


Abbildung 4.1: Typische Tagesgangkurve. **peakWaterDemand**

#### 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.

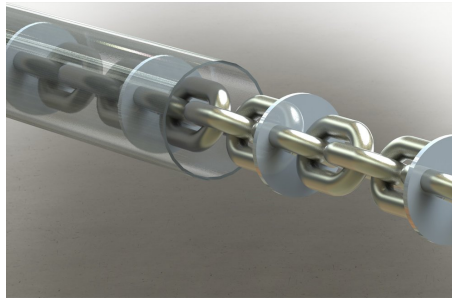


Abbildung 4.2: Innenaufbau Rohrkettenförderer **abconvey**

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

Pro Tag		
Gewichtskraft g [m/s²]:	9.81	
Wasser pro Person [l]	314	
Dichte p [kg/m³]	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	

Block 6	$\sum_{n=0}^5 0.5 \times 1570 (n \times 2) \times 8.5^2 + 6 (0.5 \times 1570 \times 8.5^2 + 0.5 \times 1570 \times 6.5^2) + 0.5 \times 18840 \times 8.5^2$	E in MJ	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

Abbildung 7.1: Berechnung Grobkonzept 1





7.4 Energieberechnung Grobkonzept 4

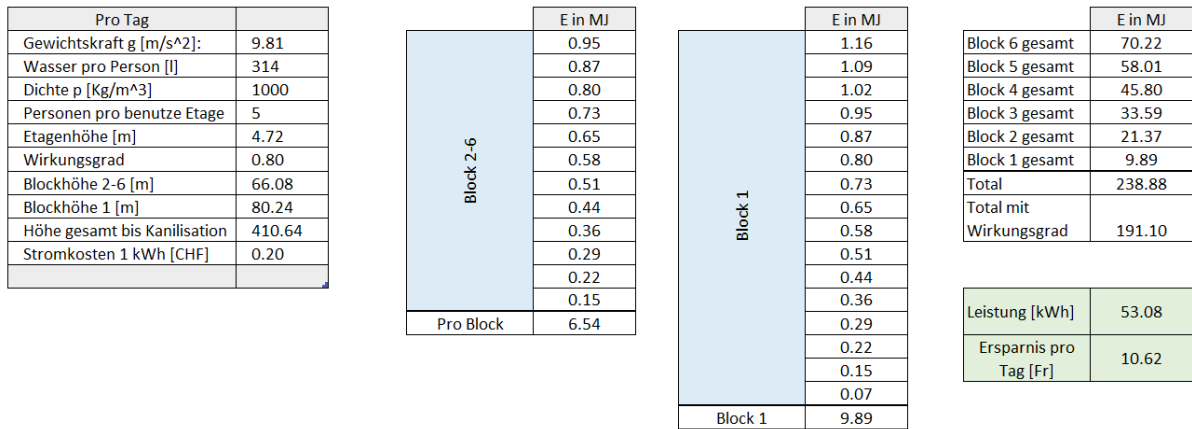


Abbildung 7.4: Berechnung Grobkonzept 4

7.5 Vereinfachtes Modell

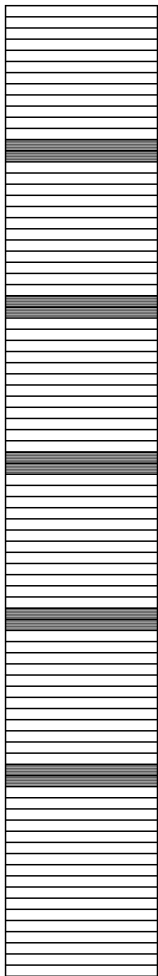


Abbildung 7.5: Vereinfachtes Modell