

Energie die vom Himmel fällt

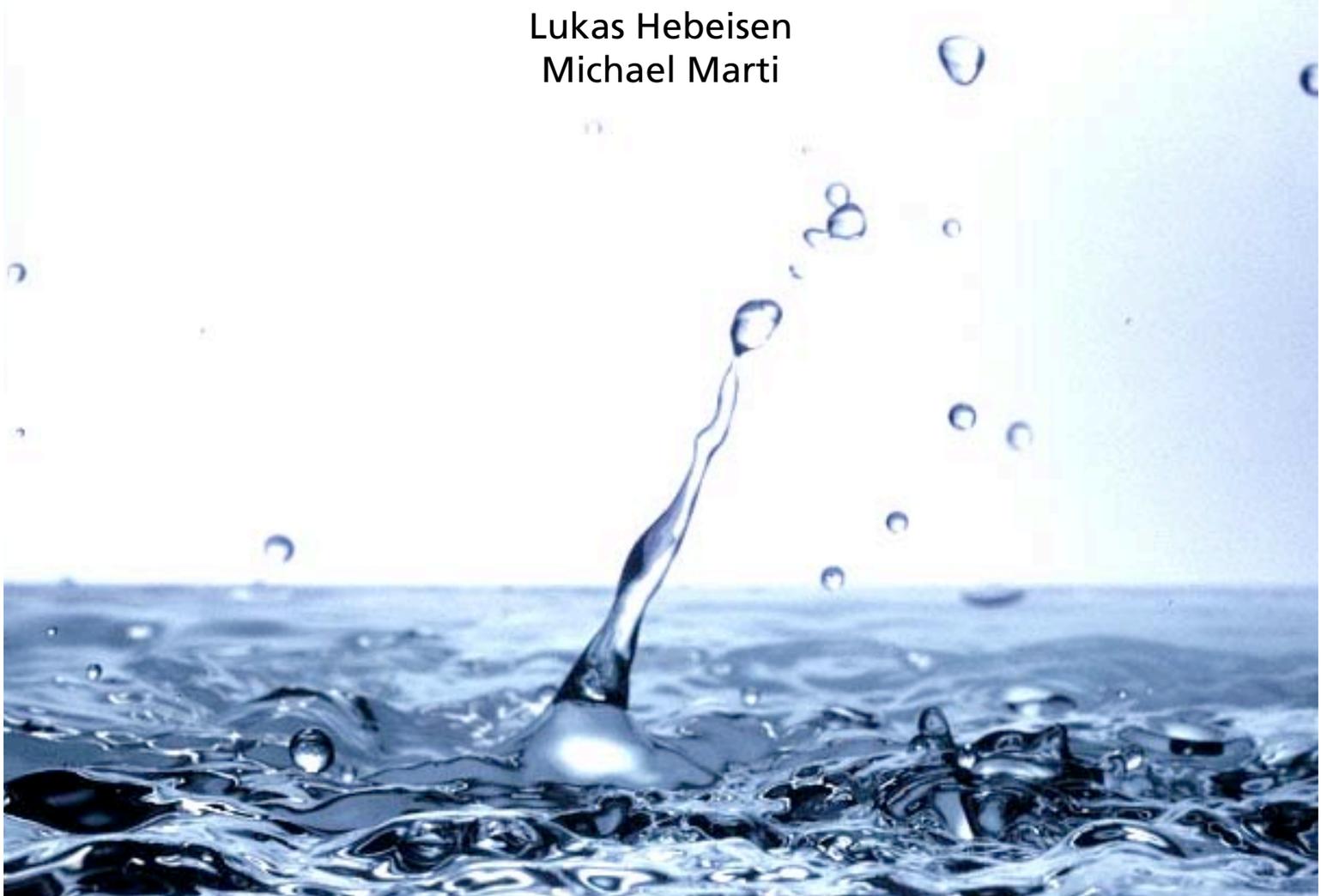
Matura-Arbeit 2010

Berufsbildungszentrum Bau und Gewerbe
Robert-Zünd-Strasse 4
6002 Luzern

Betreuender Lehrer: Moritz Stirnimann

Klasse: BML07a

Fabian Warmuth
Lukas Hebeisen
Michael Marti



Zusammenfassung

Die Menschen sehen nur das unschöne am Niederschlag jedoch nicht das riesige Potential. Auf die grossen Fläche des Schulhausdaches des Berufsbildungszentrums Bau und Gewerbe Luzern fällt viel Regenwasser. Wir hatten die Idee die Fallhöhe zur Stromerzeugung zu nutzen.

Inhaltsverzeichnis

1. Vorwort
2. Einleitung
3. Aktuelle Lage (Wasser- und Stromverbrauch)
4. Unser Konzept zur Wasserkraftnutzung
 - 4.1. Die Energiequelle
 - 4.2. Fläche des Schulhausdachs
 - 4.3. Sammlung der Niederschlagsmenge
 - 4.4. Wasserspeicherung
 - 4.4.1. Lage
 - 4.4.2. Tankgrösse
 - 4.4.3. Tankart
 - 4.4.4. Reinheit des Regenwassers
 - 4.5. Einsatz zur Toilettenspülung
 - 4.5.1. Verteilung
 - 4.6. Einsatz zur Stromgewinnung
 - 4.6.1. Turbine
 - 4.7. Rückführung in den Wasserkreislauf
5. Schlusswort
6. Quellenangaben
7. Anhang

1. Vorwort

Durch das gemeinsame Ziel die Matura 2010 abzuschliessen kreuzten sich unser Weg am Berufsbildungszentrum Bau und Gewerbe Luzern. Die Kombination aus unsern verschiedenen Berufsgattungen führte uns zusammen. Durch das innovative Bauen welches zwei von uns in ihrem Berufsleben als Bauzeichner täglich umgibt in Kombination mit der Konstrukteurs Ausbildung unseres dritten Team Mitglieds definierte sich das grobe Umfeld unser Maturaarbeit.

Aufgrund gemeinsamer Technischer Interessen und mit dem Ansporn des von dem Schweizerischen Wasserwirtschaftsverband ausgeschriebenen Wettbewerbs zum Thema „Wasserwirtschaft“ entwickelte sich dann das Thema unserer Maturaarbeit. Von der aktuellen Energiekrise in unsere Entscheidung bestärkt entschieden wir uns die aussergewöhnlichen Eigenschaften des Wassers zur Speicherung und Umwandlung von Energie zu nutzen.

Energie ist nicht herstellbar sie umgibt uns in vielerlei formen und in allen Lebenssituationen sowie in den meisten Teilgebieten der Physik und der Technik. Nicht immer ist die Form der Energie für uns von nutzen oft ist sie gar schädlich. So sehen wir im Regen meist auch nicht das Potenzial das in ihm steckt sondern nur das Unbehagen welches er uns bereitet.

Ohne das wir irgendetwas machen müssen wandelt unsere Erde Tagtäglich gigantische mengen Energie um. Wie gewaltig diese Energie ist, zeigt uns die Erde immer wieder indem sie zum Beispiel Kontinentalplatten verschiebt und dadurch ganze Landstriche erzittern lässt oder indem sie durch Vulkane neu Inseln aus dem Meer hervorhebt. Sie verschiebt so auch Tag ein Tag aus mit Hilfe der Sonne gigantische Mengen an Wasser innerhalb der Atmosphäre.

Mit der Verdunstung der Gewässer unseres blauen Planeten durch die thermische Energie der Sonne wird ununterbrochen potenzielle Energie in Form von Masse in den Himmel befördert. Welches sich dann eine geraume Zeit in Form von Wolken am Himmel befindet und schlussendlich in als Niederschlag auf die Erde fällt.

Vielerorts wird bereits seit langem diese Energie, mit Hilfe von Wasserkraftwerken in den Bergen oder Flüssen, verwendet. Die Schweiz nutzt in diesem Gebiet der sauberen Energiegewinnung ihre Vorhandenen Ressourcen seit Jahren sehr vorbildlich. Unsere Idee beinhaltet nun, einen weiteren Bruchteil dieser gewaltigen Energie nutzbar zu machen.

2. Einleitung

Unser Ziel ist es, ein innovatives Konzept zur Nutzung von Niederschlag zu entwickeln, welches den Energiehaushalt optimiert und somit die heutzutage so wichtige Energie sparsam einsetzt. Dies ist ein weiterer Schritt im Bereich des innovativen Bauens um von dem Verbrauch fossiler Brennstoffe und Atomstrom abzukommen und erneuerbare Energien zu fördern die für unsere Umwelt nicht schädlich sind. Es erscheint uns heutzutage immer wichtiger die Unabhängigkeit von Verbrauchsgütern und somit von Lieferanten zu gewährleisten. Und mehr auf unbegrenzte verfügbare Ressourcen wie Wind, Sonne und in unserem Fall Regen zurück zugreifen.

Hier stellt sich uns nun die Frage wie wir die potenzielle Energie des Regens nutzbar machen können und in welchem Umfeld sie einsetzbar ist.

3. Aktuelle Lage des Berufsbildungszentrum Bau und Gewerbe Luzern

Seit dem Bestehen des Berufsbildungszentrums Bau und Gewerbe Luzern Schulhauses wird der Strom und das Wasser von externen Lieferanten bezogen. Durch die Quartalsrechnung der Schulverwaltung haben wir folgenden Gesamtrechnungen für Strom und Wasser erhalten.

Die Summe der Stromrechnung beinhaltet den Verbrauch der Cafeteria, des Schulhauses und der Turnhalle.

Stromrechnung Total = 48771.50 Fr.

Mit dem Stromverbrauch des gesamten Schulhauskomplexes von jährlich 588'973 kW/h könnte man 15 Strassenkandelaber mit einem jährlichen Verbrauch von ca. 39'100 kW/h betreiben.

Die Summe der Wasserrechnung beinhaltet den Verbrauch der Cafeteria, des Schulhauses und der Turnhalle.

Wasserrechnung Total:

5'860'000 Liter * 1.35 Fr. pro 1000 Liter = 7'911 Fr. + 625 Fr. MwSt. = 8'536 Fr.

Der Wasserpreis wird von der Firma Energie Wasser Luzern EWL bestimmt und kann variieren.

Mit dem Wasserverbrauch des Gesamten Schulhauskomplexes von jährlich 5'860'000 Liter könnte man eine normalen Badewanne mit einem Wasserinhalt von ca. 200 Liter täglich 80 Mal füllen.

Das Schulhausdach wird von den Schülern des Berufsbildungszentrums Bau und Gewerbe als Pausaufenthaltort verwendet.



Bild 1

4. Unser Konzept zur Wasserkraftnutzung

4.1 Die Energiequelle

Wenn der Mensch eine Tafel Schokolade aufhebt verrichtet er eine Arbeit, als Energiequelle benutzt er die Energie des menschlichen Körpers. Es gibt ganz viele verschiedene Energiequellen, jedoch eine Eigenschaft haben alle gemeinsam. Jede Energiequellen kann irgendeine Arbeit verrichten, wie zum Beispiel die Sonne die mit ihrer thermischen Energie uns Menschen Wärme gibt und uns dadurch das Leben auf dem blauen Planeten erst recht ermöglicht. Die Erde stellt uns verschiedene Energiequellen zur Verfügung die der Mensch entweder direkt nutzt oder mit Hilfe von menschlich hergestellter Technik in weitere Energiequellen umwandelt.

Überall wo Energie benötigt wird, braucht es eine Energiequelle. Wir nutzen in unserem Konzept zur Energiegewinnung eine vom Menschen eher verhöhlte und eher nicht Bekannte Energiequelle, nämlich den täglichen Niederschlag. Die Menschen sehen leider nur das unschöne am Niederschlag jedoch nicht das riesige Potenzial, dass diese gewaltig grosse Energiequelle besitzt. Mit Hilfe der Kantonalen Regenwasserstatistik (Anhang 4.1) haben wir ermittelt wann und wie gross die Menge des Niederschlags in der Stadt Luzern ist. Dadurch haben wir folgende Erkenntnisse erworben, dass die Jährliche Niederschlagsmenge auf dem Dach des Gewerbe und Berufsschulhaus Luzern ca. 1'200 Liter Niederschlag pro Quadratmeter beträgt. Mit der sehr grossen Fläche des Schulhausdaches (Kapitel 4.2) ergibt sich daraus eine riesige Energiequelle die noch nicht gebraucht wird und nur so vor ungebrauchtem Potenzial strotzt. Zur Energiegewinnung möchten wir die Potenzielle Energie der Masse des Regens nutzen. Die Fallhöhe zwischen Wolken und Strassenniveau wäre zwar Enorm aber man müsste jeden Regentropfen einzeln auffangen. Deshalb beschränken wir uns auf die letzten Meter und zwar die welche zwischen dem Schulhausdach des Berufsbildungszentrums Bau und Gewerbe Luzern und dem Gleisperron des Bahnhofs Luzern liegen.

4.2 Fläche des Schulhausdachs

Die für unser Beispiel zur Verfügung stehende Fläche unseres Schulhausdaches (blau eingefärbt) beträgt in etwa 4700 m². Bei der Berechnung der Fläche konnten wir auf einige Baupläne zurückgreifen aus denen wir auch der Abstand zum Boden auslesen konnten. Die Höhe auf welcher sich die Aufnahme­fläche befindet ist entscheidend da sie schlussendlich die Maximale Fallhöhe bestimmt.

Die Grösse der Fläche selber entscheidet hingegen darüber wie viel Regenwasser gesammelt werden kann und bestimmt dadurch die Masse.

Je grösser die Aufnahme­fläche ist und je höher sie liegt desto mehr Energie kann mit ihr erzeugt werden es wäre also ein durchaus interessanter Gedanke das KKL oder den Bahnhof mit ein zu beziehen.

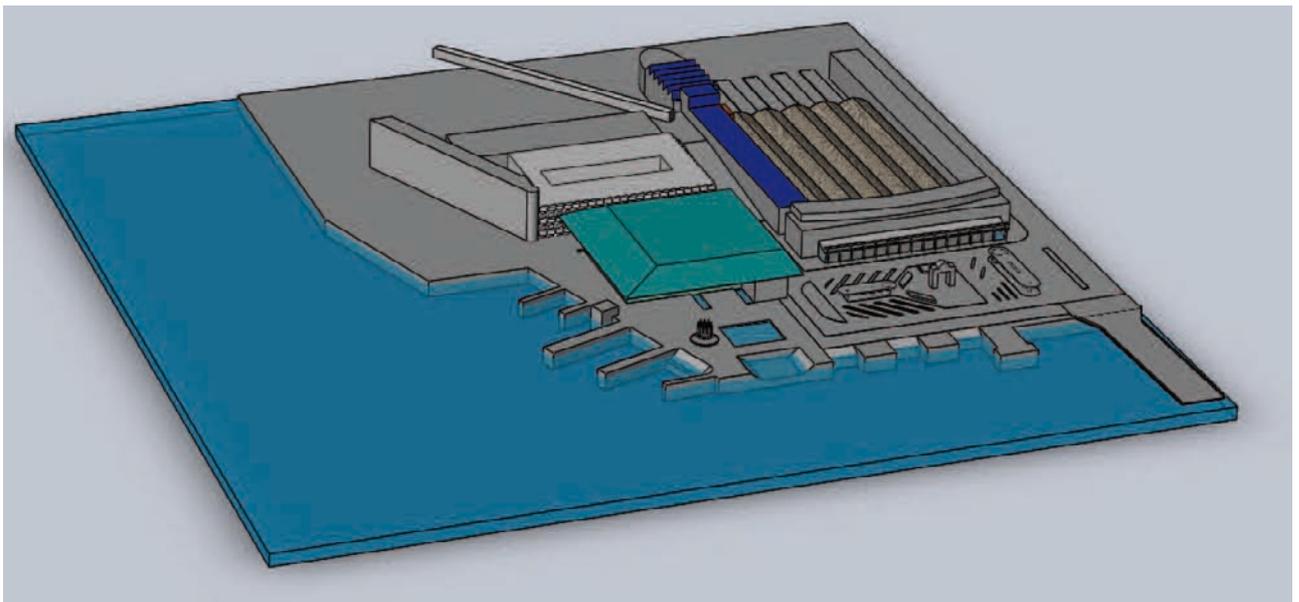


Bild 2

4.3 Sammlung der Niederschlagsmenge

Unser Ziel ist es mit Gefällen an der Dachoberfläche das Wasser mit Hilfe von einem Rinnensystem zum Wassertank zu leiten. Die Betondecke wird mit einem Dachgefälle ausgebildet. Ein Dachgefälle entsteht wenn man ein Stück Schnurr nimmt und es in der Mitte ein bisschen anhebt, sodass die beiden Enden der Schnurr tiefer liegen als die Mitte und zwei von der Mitte ausgehende Schrägen nach aussen entstehen. Dadurch läuft das Regenwasser auf beiden Seiten in die seitlichen dafür vorgesehenen Rinnen. Diese Rinnen (1+2) befinden sich an der Längsseite des Daches und leiten das Wasser mit einem Gefälle Richtung Turnhalle. Die Rinne (1) auf der Bahnhofseite läuft direkt in den Tank, wobei die Rinnen (2) auf der KKL-Seite das Wasser bis vor die Hausmeisterwohnung führt und fliesst dann in unterirdisch quer durch ein Rohr (3) in der Betondecke in den Tank. Auf dem Aufbau (grüne Fläche auf dem Schema) leiten wir das Wasser, mit einem einseitigen Gefälleauf der Decke, in eine am Rand befestigte Regenrinne (4) auf der Bahnhofseite. In dieser Regenrinne fliesst das Wasser in Richtung Hausmeisterwohnung wo es dann durch ein Fallrohr in das querverlaufende Rohr (3) fällt und so den Weg in den Wassertank findet. Das Turnhallendach ist ein sogenanntes Sägedach, dies weil die Bleche auf dem Dach wie die Zähne einer Säge angeordnet sind. Zwischen den Zähnen läuft das Wasser wegen der Rinnenneigung (5) zur Bahnhofseite. Dort wird das Wasser in einer weiteren Rinne (6) die sich am Dachrand befindet an den Dachkanten entlang in den Tank geleitet. Die Dachfläche der Hausmeisterwohnung haben wir nicht in ins Fallrohr der grünen Fläche geleitet, weil dies komplizierte Gefälle zur Folge hätte. Darum fliesst es jetzt in die Dachrinne (6) der Turnhalle die ja an der Hausmeisterwohnungsdecke vorbei geht.

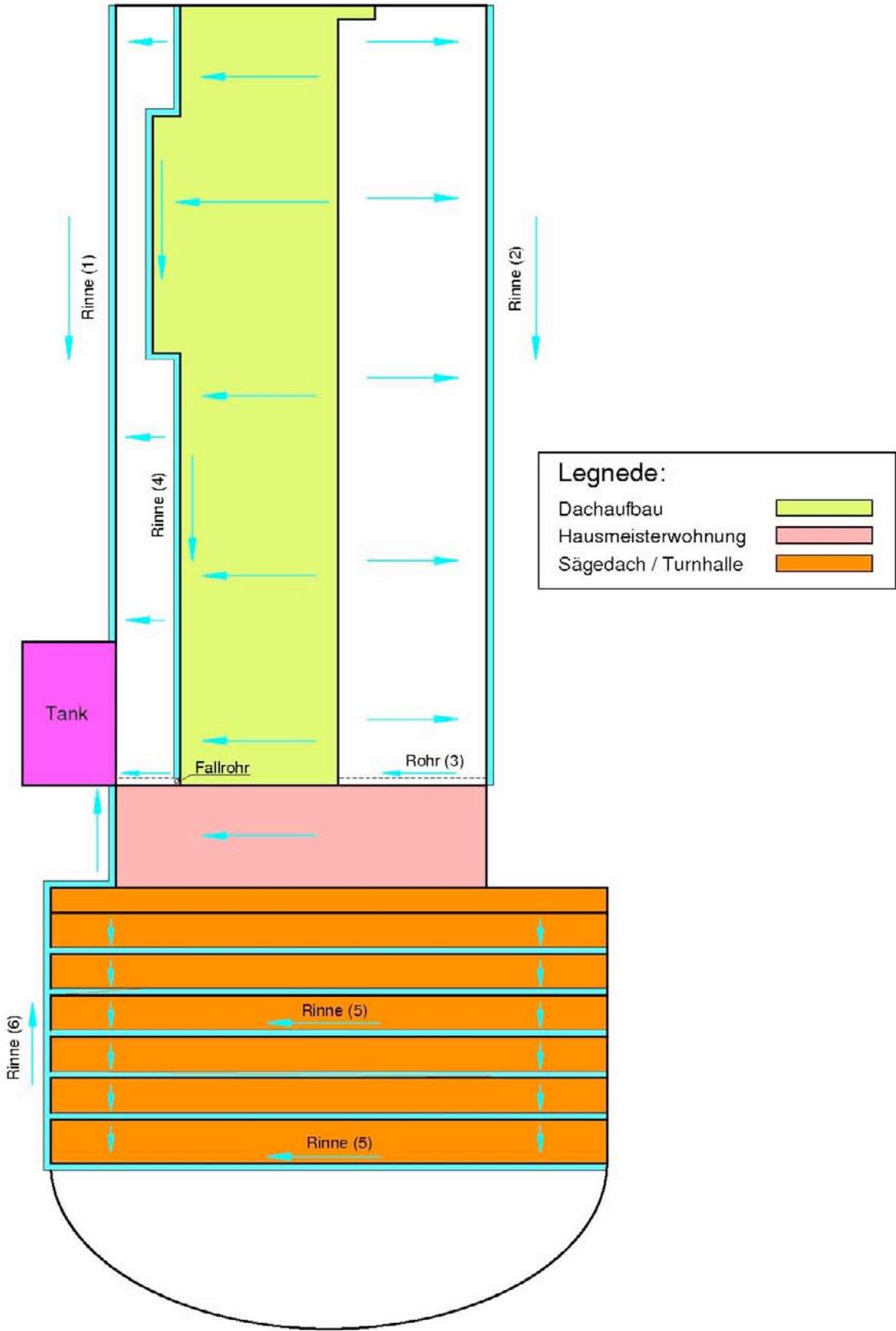


Bild 3

4.4 Wasserspeicherungen

4.4.1 Lage

Die Lage des Tanks wird durch 2 Faktoren massgeblich bestimmt. Einerseits durch den Sammlungspunkt (siehe Kapitel 4.3) des Dachwassers und andererseits durch das Ziel einer möglichst grossen Fallhöhe.

Die Tanks müssen unterhalb des Daches angebracht werden, den man braucht einen kleinen Höhenunterschied damit das Wasser vom den Dachrinnen in die Tanks fliessen kann. Um möglichst viel Platz zu sparen werden die Tanks unter die Decke gehängt. Man könnte die Tanks auf eine Betonplatte stellen und diese Betonkonstruktion mit Stahlseilen an die Schulhauswand hängen. Dies ist die beste und platzsparenste Variante um die Tanks ausserhalb der Fassade anzubringen. Nach unserer Überlegungen sind diese Tanks mit vollem Wasserinhalt alleine schon ungefähr 45 Tonnen schwer. Daher müsste ein Ingenieur die statischen Kräfte genau berechnen. Die Berechnung dieser Beton- Stahlkonstruktion liegt ausserhalb unserer Fachkompetenz. Denn wenn ein Fehler in der Berechnung auftritt, könnten die Tanks auf die Bahnhofshalle fallen was grosse Schäden zur Folge hätte.

4.4.2 Tankgrösse

Die Tankgrösse wird durch mehrere Komponenten beeinflusst. Den grössten Einfluss dabei haben die Niederschlagsmenge und das Einzugsgebiet (siehe Kapitel 4.2). Da eine Speicherung des gesamt Niederschlags über den Zeitraum eines Monats unrealistische Tankgrössen ergeben würden, haben wir uns dazu entschlossen die Niederschlagsmenge sofort in elektrischen Strom umzuwandeln.

Zwar ist die Art des Niederschlags ist durch die vier Jahreszeiten einigermaßen festgelegt, aber die Niederschlagsmengen variieren in punkto Art, Menge und Häufigkeit von Tag zu Tag sehr. Mit Hilfe der Kantonalen Regenwasserstatistik haben wir ermittelt wann und wie gross die Menge des Niederschlags ist (siehe Kapitel 4.1). Diese Schwankungen möchten wir nun nach Möglichkeit mit einem Tank kompensieren.

Die konstruktive Installation des Tanks setzt uns hierbei durch die maximal mögliche Tragfähigkeit des Gebäudes, die Grenze nach oben. Da die Berechnung der Tragfähigkeit des

Gebäudes ausserhalb unserer Fachkompetenz liegt haben wird die Annahme getroffen dass ein 40'000l Tank geeignet und machbar ist.

4.4.3 Tankart

Die Tanks müssen 40'000 Liter Wasser speichern können (siehe Kapitel 4.4.2). Also weist das Wasser alleine schon ein Gewicht von ungefähr 40 Tonnen vor. Auf dem Markt gibt es grundsätzlich zwei verschiedenen Tankmaterialtypen, nämlich Stahl- und Kunststofftanks.

Stahltanks werden aus verschiedenen Stahllegierungen gefertigt, darum sind sie sehr stabil und können deswegen auch grosse Lasten von oben aufnehmen. Weil die Tankwände tendenziell eher dick sind, hat der Stahltank ein grosses Eigengewicht.

Kunststofftanks bestehen aus HDPE (Hartpolyethylen) dies ist eine Kunststofflegierung und auch ein Erdölprodukt. Kunststofftanks sind praktisch gleich belastbar wie Stahltanks, dies weil HDPE aus vielen kleinen Fasern besteht die sich zu einem Netz zusammen schliessen und so einen sehr starken Verbund ergeben. Eine weitere Eigenschaft von Kunststofftanks ist, dass sie ein sehr kleines Eigengewicht aufweisen im Vergleich zu Stahltanks.

Stahltanks fallen bereits weg, weil diese ein viel zu grosses Eigengewicht haben, und somit die Stahlbeton Konstruktion noch mehr Gewicht tragen müsste (siehe Kapitel 4.4.1). Hier ist die Verwendung von fossilen Stoffen im Falle eines Kunststofftanks sicher sinnvoll, weil es die Produktion von grüner Energie unterstützt. Im Fall das der Kunststofftank einmal ersetzt werden muss werden die fossilen Stoffe nicht vernichtet sondern können recycelt.

4.4.4 Reinheit des Regenwassers

Die Tanks müssen generell dicht sein denn es darf kein Schmutz in die Tanks kommen, weil dadurch der Tankauslauf verstopfen könnte. Sobald Schmutzpartikel im System sind könnte auch die Turbinendüse verstopft werden die das Wasser auf die Schaufelräder schiessen muss (siehe Kapitel 4.7.1) was sozusagen den Tod für die Turbine bedeuten würde.

Ein anderer Grund das die Tanks dicht sein müssen ist das der Schmutz, seien es Blätter oder ähnliche Schmutzpartikel, die Leitungen bei der Toilettenspülung verstopfen und dadurch wie bei der Turbine kein Wasser mehr durch fliessen kann.

4.7 Einsatz zur Stromgewinnung

Potenzielle verrichtbare Arbeit

Die maximal erreichbare Arbeit hängt von mehreren Faktoren ab neben der Masse des Wassers spielen noch die nutzbare Fallhöhe die Beschleunigung des Wassers und der Wirkungsgrad der Turbine und des Generators eine Rolle.

Am Beispiel unseres Schulhauses:

Masse (m) Die zur Verfügung stehende Masse ist Abhängig vom Niederschlag (siehe Kapitel 4.1) der Aufnahme Fläche (siehe Kapitel 4.2) und der Speicherbahnen Menge in Litern (siehe Kapitel 4.4). Das Gewicht lässt sich aus der Wasser Menge und deren Dichte berechnen.

Höhe (h) Die Höhe unseres Schulhauses beträgt 24m allerdings muss man von ihr noch die für die Sammlung benötigte Höhe und die Höhe des Tanks abziehen das ergibt dann eine Nutzbare Fallhöhe von 20m.

Beschleunigung (g) Das Wasser wird lediglich mit der Erdbeschleunigung Angetrieben diese beträgt am Standort Luzern exakt 9.8059839 m/s

Wirkungsgrad (η) Der Wirkungsgrad ist abhängig von der eingesetzten Turbinen (siehe Kapitel 4.7.x)

$$m \cdot g \cdot h \cdot \eta = W$$

$$(1200 \text{ l/m}^2 \cdot 4700 \text{ m}^2 \cdot 1 \text{ kg/dm}^3) \cdot 9.81 \text{ m/s}^2 \cdot 20 \text{ m} \cdot 0.98 = 1084436640 \text{ Ws} = 301232 \text{ Wh} = 301 \text{ kWh}$$

Diese Arbeit ist Theoretisch pro Jahr bei ausreichendem Niederschlag möglich.

4.7.1 Turbine

Die Verschiedenen Optionen

-Pelton- Turbine

Über eine oder Mehrere Düsen wird hier das Wasser mit hoher Geschwindigkeit auf die Turbine Geschossen dabei wird allein die Bewegungsenergie des fallenden Wassers genutzt wobei die Form der Schaufel die entscheidende Rolle spielt. Sie Leitet das Wasser in einem Winkel von fast 180° um was dazu führt das die Kinetische Energie zu einem grossen Teil aufgenommen und in Mechanisch Energie umgewandelt werden kann.

Durch die Öffnung der Düse kann die Drehzahl und somit die Leistung der Turbine Reguliert werden

Die Pelton- Turbine befindet sich unter Umgebungsdruck deshalb spricht man auch von einer Gleichdruck-Turbine

Sie wird bei hohen Fallhöhen und vergleichsweise geringen Wassermengen eingesetzt.



Bild 4

-Francis- Turbine

Über ein Schneckenhaus förmiges Rohr wird das Wasser von einer Seite auf die Turbine geleitet durch die es dann spiralförmig hindurch fließt da sich der Auslass in der Mitte der Turbine befindet. Durch die Schaufeln im inneren der Turbine wird so auch beim Austreten des Wassers Energie gewonnen.

Die Francis-Turbine nutzt hauptsächlich die Stömungsenergie des Wassers also sozusagen die Trägheitskraft

Die Francisturbine kann mit Hilfe der verstellbaren Leitschauffeln die Drehzahl und somit auch die Leistung regulieren.

Beim Eintritt ist der Wasserdruck höher als beim Austritt deshalb spricht man auch von einer Überdruckturbine.

Sie wird bei mittlerer Fallhöhen und mittlerer Wassermengen eingesetzt



Bild 5

-Kaplan- Turbine

Über ein Rohr wird das Wasser direkt von hinten auf die Schiffsschraubenförmige Turbine geleitet die Schaufeln können verstellt werden und der Zufluss kann ebenfalls reguliert werden.

Beim Eintritt ist der Wasserdruck höher als beim Austritt deshalb spricht man auch von einer Überdruckturbine.

Sie wird bei geringen Fallhöhen und vergleichsweise hohen Wassermengen eingesetzt



Bild 6

Auswahl

Da die Dimension der Turbine welche für diesen Fall geeignet wäre nicht dem normalen Einsatzgebiet von Turbinen entspricht können wir natürlich auch nicht genau sagen was eine grosse Fallhöhe oder ein grosser Durchfluss ist. Verhältnismässig ist jedoch die Pelton Turbine am besten geeignet des weiteren hat sie mit 0.98 auch noch den grössten Wirkungsgrad und ist somit unser Favorit.

Berechnungen

Bestimmung des Durchflusses

Minimaler Durchfluss

Davon ausgehend dass im Monat (100 l/m^2 bei 4700m^2) Liter Wasser (siehe Kapitel 4.1) zur Verfügung stehen und das Schulhaus 6 Tage die Woche betrieben wird lässt sich ableiten das man pro Tag 18288 Liter Wasser zur Verfügung hat. An einem normalen Schultag heisst das etwa von 6.00 morgens bis 18.00 abends. Was einen Durchfluss von 1828 l/h bzw. 0.5 l/s ergäbe.

Der Speicher müsste hierfür in der Lage sein enorme Mengen Wasser zu Speichern.

Maximaler Durchfluss

An einem Regen Tag könnte mit minimaler Speichergrösse die Gesamte Potenzielle Energie ausgeschöpft werden indem man den Durchfluss darauf auslegt dass, innerhalb von wenigen Stunden, der Tank mehrmals geleert werden könnte.

Geht man davon aus dass es im Monat durchschnittlich 11 Regentage gibt und dass pro Minute an so einem Tag im Durchschnitt 9 l/m^2 fallen kann man sagen das bei einem Niederschlag der etwa 2 Stunden andauert. Ein Durchfluss von 6 l/s zustande kommt.

Der Speicher müsste hierbei nur die Schwankungen des Niederschlages kompensieren.

Da die Variante des minimalen Durchflusses zu nicht realisierbaren Tankgrössen führen würde gehen wir den Weg des maximalen Durchflusses

Aus dem Jahresbericht Niederschlag 2008 des Bau-, Umwelt- und Wirtschaftsdepartement des Kantons Luzern: Umwelt und Energie (siehe Anhang 4.4.2), haben wir die Information entnommen, in welchem Ausmass die drei grössten Starkregenereignisse im Jahr 2008 ausgefallen sind.

Rechnung 1: Situation Dauerregen vom 21.04.2008

$$A_{\text{Dach}} (\text{m}^2) \cdot X_{\text{Messung Niederschlag}} (\text{l/m}^2) = V_{\text{Niederschlag}} (\text{l})$$

$$4700 \text{ m}^2 \cdot 69.6 \text{ l/m}^2 = 328'520 \text{ l}$$

$$V_{\text{Niederschlag}} (\text{l}) / t_{\text{Messung Zeit}} (\text{h}) = q_v \text{ Dauerregen Volumenstrom} (\text{l/s})$$

$$328'520 \text{ l} / 45 \text{ h} = 7300 \text{ l/h} = 2.03 \text{ l/s}$$

Rechnung 2.1: Situation Starkregen vom 17.07.2008

$$A_{\text{Dach}} (\text{m}^2) \cdot X_{\text{Messung Niederschlag}} (\text{l/m}^2) = V_{\text{Niederschlag}} (\text{l})$$

$$4700 \text{ m}^2 \cdot 53.5 \text{ l/m}^2 = 251'450 \text{ l}$$

$$V_{\text{Niederschlag}} (\text{l}) / t_{\text{Messung Zeit}} (\text{h}) = q_v \text{ Starkregen 2.1 Volumenstrom} (\text{l/s})$$

$$251'450 \text{ l} / 13 \text{ h} = 19342 \text{ l/h} = 5.37 \text{ l/s}$$

Rechnung 2.2: Situation Starkregen vom 12.08.2008

$$A_{\text{Dach}} (\text{m}^2) \cdot X_{\text{Messung Niederschlag}} (\text{l/m}^2) = V_{\text{Niederschlag}} (\text{l})$$

$$4700 \text{ m}^2 \cdot 51.5 \text{ l/m}^2 = 242'050 \text{ l}$$

$$V_{\text{Niederschlag}} (\text{l}) / t_{\text{Messung Zeit}} (\text{h}) = q_v \text{ Starkregen 2.2 Volumenstrom} (\text{l/s})$$

$$242'050 \text{ l} / 10 \text{ h} = 24'205 \text{ l/h} = 6.72 \text{ l/s}$$

Da q_v Dauerregen Volumenstrom zu klein ist erübrigt sich die genaue Betrachtung für die Auslegung der Turbine. Die Turbine muss in der Lage sein den Volumenstrom eines Starkregens möglichst vollständig zu verarbeiten, wobei der Tank ein Kompensationsvolumen von 40'000 Liter bereitstellt.

$$[q_v \text{ Starkregen 2.1 Volumenstrom} (\text{l/s}) + q_v \text{ Starkregen 2.2 Volumenstrom} (\text{l/s})] / 2 = q_v \text{ mittel} (\text{l/s})$$

$$[5.37 \text{ l/s} + 6.72 \text{ l/s}] / 2 = 6.045 \text{ l/s}$$

$$[t_{\text{Starkregen 2.1 (h)}} + t_{\text{Starkregen 2.2 (h)}}] / 2 = t_{\text{mittel (h)}}$$

$$[13\text{h} + 10\text{h}] / 2 = 11.5\text{h} = 41'400\text{s}$$

$$q_v_{\text{mittel (l/s)}} - [V_{\text{Tank (l)}} / t_{\text{mittel (s)}}] = q_v_{\text{Turbine (l/s)}} \quad [V_{\text{Tank (l)}} \text{ (siehe Kapitel 4.4.2)}]$$

$$6.045 \text{ l/s} - [40'000 \text{ l} / 41'400\text{s}] = 5.08 \text{ l/s}$$

Dimensionierung der Turbine

Die Kinetische Kraft des Fallenden Wassers wird voraussichtlich durch die Reibung im Rohr ein wenig gemindert mehr als 2% sollte allerdings nicht verloren gehen daher folgende Rechnung

$$0.98 * \sqrt{(2 * g * h)} = v_0$$

$$0.98 * \sqrt{(2 * 9.81 \text{ m/s}^2 * 20\text{m})} = 19.4 \text{ m/s}$$

v_0 : Austrittsgeschwindigkeit [m/s]

g : Erdbeschleunigung (9.81) [m/s²]

h : Nettofallhöhe [m]

Der zuvor berechnete Volumenstrom q_v geteilt durch die Austrittsgeschwindigkeit ergibt die Querschnittsfläche des Rohres und somit auch einen Durchmesser

$$q_v / v_d = A_0$$

$$5 \text{ l/s} / 19.4 \text{ m/s} = 5'000'000 \text{ mm}^3/\text{s} / 19400 \text{ mm/s} = 257.7 \text{ mm}^2$$

A_0 : Querschnittsfläche in [mm²]

$$\sqrt{(A_0 * 4 / \pi)} = d_0$$

$$\sqrt{(257.7 \text{ mm}^2 * 4 / \pi)} = 18.1 \text{ mm}$$

Dieser Durchmesser wird durch eine Düse nun um den Erfahrungs-Faktor 3.2 verkleinert

$$d_0 / 3.2 = d_1$$

$$18.1\text{mm} / 3.2 = 5.6\text{mm}$$

Auf Grund der Kontinuität kann man nun sagen wie gross die Austrittsgeschwindigkeit des Wassers nach der Düse sein wird.

$$d_0 * v_0 = d_1 v_1 \Rightarrow d_0 * v_0 / d_1 = v_1$$

$$18.1\text{mm} * 19.4\text{m/s} / 5.6\text{mm} = 62.7\text{m/s}$$

Will man den Erzeugten Strom ins Stromnetz einspeisen so ist eine Frequenz von 50 Hz nötig diese entsteht bei einer Drehzahl von 50 s^{-1} bzw. 3000 min^{-1}

Die Geschwindigkeit des austretenden Wassers geteilt durch den Wirkungsumfang ergibt dann den benötigten Wirkdurchmesser der Turbine. Nach dem Durchmesser umgestellt erhält man dann die Formel:

$$n = v_1 / (D_1 * \pi) \Rightarrow v_1 / (n * \pi) = D_1$$

$$(62.7\text{m/s} * 60) \text{ m/min} / 3000 \text{ min}^{-1} * \pi = 0.399\text{m}$$

Wir wählen daher eine Pelton-turbine mit dem Wirkdurchmesser 40cm

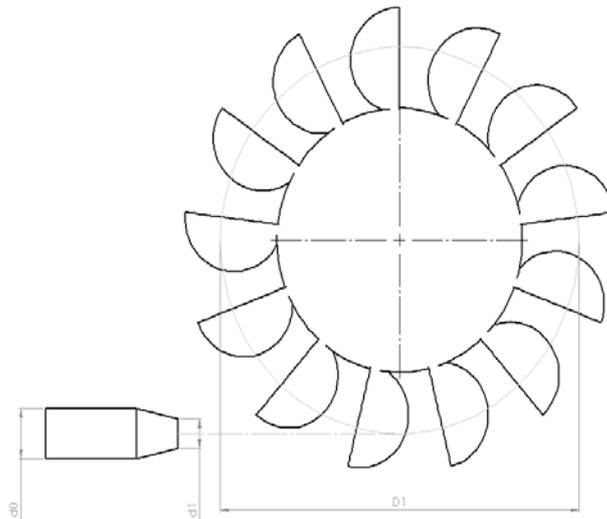


Bild 7

4.8. Rückführung in den Wasserkreislauf

Das Wasser wird auf dem Dach gesammelt (siehe Kapitel 4.3) und fliesst in die Tanks. Von dort aus fällt das Regenwasser durch das Fallrohr auf die Turbinenschaufeln. Der Auslass der Turbine ist mit einem PE (Polyethylen) Rohr an die Meteorwasserleitung (Regenabwasserleitung) des Schulhauses angeschlossen. Nach geraumer Zeit im Leitungssystem wird das saubere Regenabwasser dem natürlichen Wasserkreislauf, zum Beispiel in einen Bach, Fluss oder See, zurück gegeben. Das praktisch saubere Regenwasser welches durch die Turbine floss darf man nicht in das Kanalisationsleistungsnetz ablassen. Dieses saubere Regenwasser wär eine viel zu grosse Belastung für ARA (Abwasser Reinigungsanlage). Weil die ARA nicht die Kapazität besitzt um so eine grosse saubere Wassermenge zu beherbergen und somit das Schmutzwasser zu schnell durch die Mikroben Becken wandern müsste um dem sauberen Regenabwasser Platz zu machen. Mikroben sind Kleinstlebewesen die den menschlichen Ausscheidungen „fressen“.

Der Niederschlag der für die Toilettenspülung gebraucht wurde muss man im Kanalisationsleistungsnetz zur ARA führen. Denn wenn man es auch durch das Meteorwasserleitungsnetz ablässt verschmutz es am Ende die See, Flüsse und Bäche etc. Deswegen wird es durch die Kanalisation abgelassen wo es am Ende in der ARA landet und gereinigt wird.

5. Schlusswort

Unser Ziel war es ein Konzept zu erstellen welches Energie aus Niederschlag gewinnt und somit die Energiehaushaltskosten reduziert. Ein weiteres Ziel war auch den Verbrauch von fossilen Stoffen die zur Gewinnung von Strom gebraucht werden zu reduzieren und dadurch dem weltweiten Trend der Nutzung von grüner Energie zu folgen. Die Konzipierung erforderte einiges an Denkarbeit. Wir hatten aber den Vorteil, dass wir auf den Gebieten, die wir für die Arbeit brauchten unsere Berufsausbildungen machen. Dadurch konnten wir auf unser eigenes Wissen zurück greifen und die meisten Probleme durch logische Rückschlüsse selber lösen. Zwar konnten wir im Team gut und effektiv abreiten aber es erwies sich als äusserst schwierig gemeinsame Termine zu finden. Unserer Ausbildung erfordert gerade im letzten Jahr viel Zeit und Aufwand. Weshalb wir trotz des frühen Starts die uns zur Verfügung stehende Zeit Volkommen ausreizten. Aufgrund unserer unterschiedlichen Arbeits- und Schultage blieb uns meistens nur das Wochenende zum arbeiten. Wir verbrachten viele Stunden mit Rechnen und schreiben. Trotz unseres grossen Engagements mussten wir am Ende feststellen das unser Konzept zwar funktioniert es aber einen viel zu geringe Menge Strom produziert, sodass sich der Aufwand nicht lohnen würde. Diese Tatsache erstaunte und enttäuschte uns dann doch und zeigte uns das, das Hochheben dieser riesigen Menge Regenwasser eine Verhältnismässig kleine Arbeit darstellt.

Dadurch haben wir die Erkenntnis gewonnen, dass die Höhe und die Sammelfläche um einiges grösser sein müssten. Wir denken, dass auch wenn die gewonnene Strommenge durch unser Konzept ausreichen würde um die Stromkosten zu senken, die Realisierung einer solchen Anlage zu hohe Kosten hervorrufen würde.

6. Quellenangabe

Strom- und Wasserrechnungen: Schulhausdirektor des Berufsbildungszentrums Bau und Gewerbe Luzern

Wasserpreis: <http://www.ewl-luzern.ch/index.cfm?srv=cms&rub=4&srub=4&prub=4&id=100093>

Bild 1: Google Earth

Bild 2: gezeichnet von Lukas Hebeisen

Bild 3: gezeichnet von Fabian Warmuth

Bild 4: www.german-profec.com

Bild 5: www.hsa.eitum.de

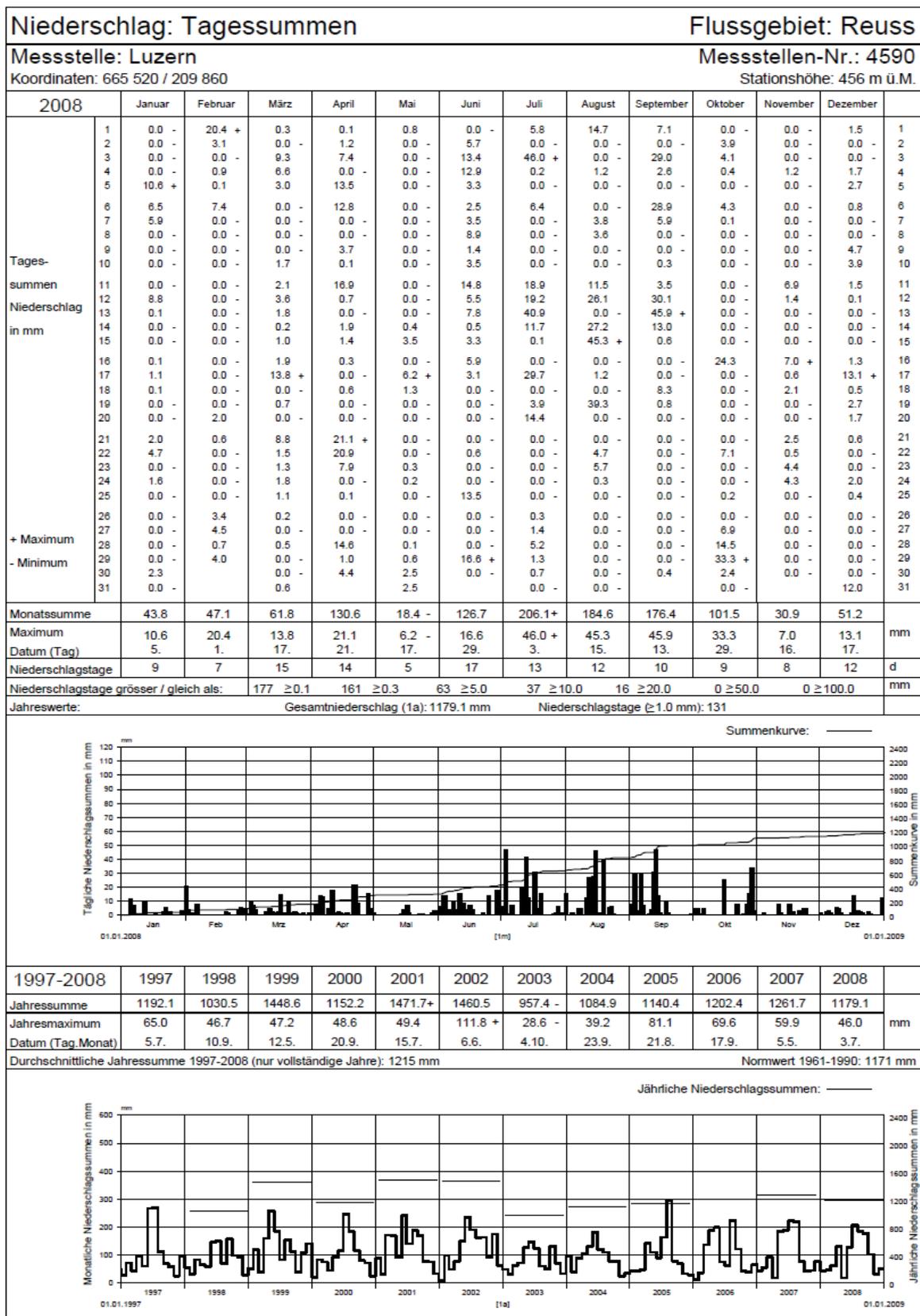
Bild 6: www.directindustry.de

Bild 7 gezeichnet von Lukas Hebeisen

Anhang 4.1: <http://www.uwe.lu.ch/Jahrbuch/Daten/Niederschlag/SMA4590Luzern/4590.PDF>

Anhang 4.4.2 <http://www.umwelt-luzern.ch/Jahrbuch/Daten/Texte/JahresberichtN.PDF>

Anhang 4.1



Datengrundlage: MeteoSchweiz

Auswertung: CSD Ingenieure und Geologen AG

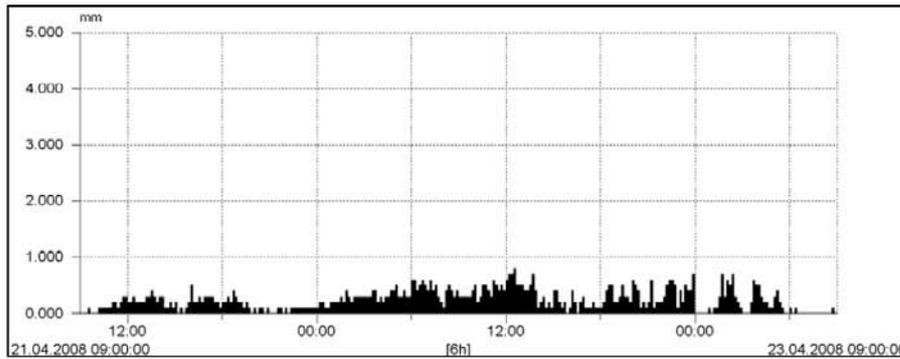
Anhang 4.4.2

Departement Bau, Verkehr und Umwelt des Kantons Aargau: Abteilung für Umwelt
 Bau-, Umwelt- und Wirtschaftsdepartement des Kantons Luzern: Umwelt und Energie

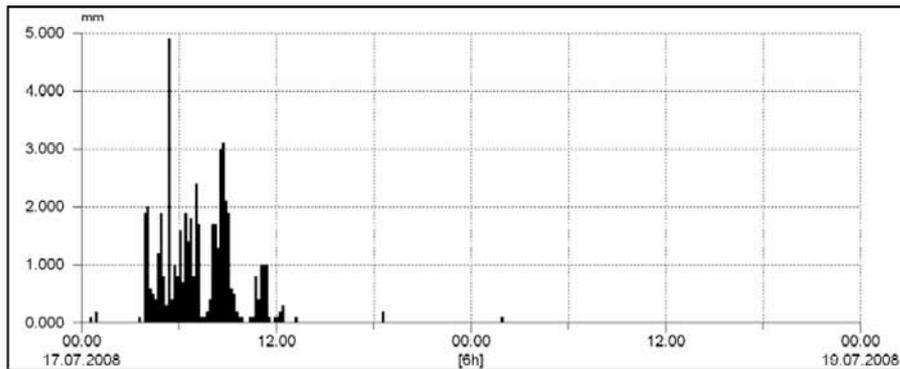
Jahresbericht 2008

Die 3 grössten Regen der Messstation Hallwilersee im 2008

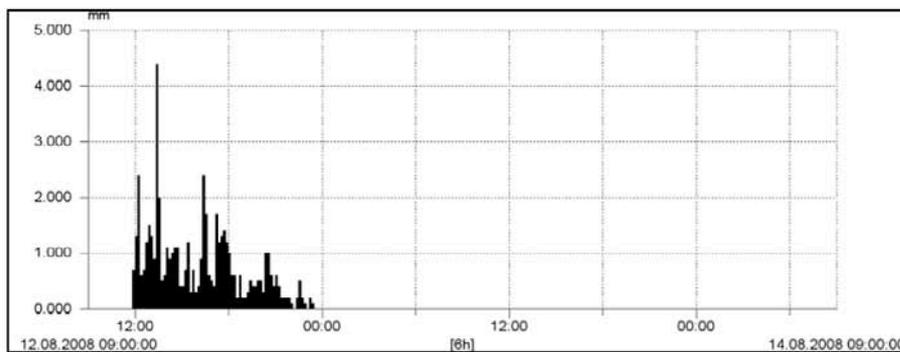
Die grösste Regenmenge wurde in der Messstation Hallwilersee am 21.4.08 registriert. Es handelt sich um einen starken Dauerregen von 45 Stunden Dauer mit einer Menge von 69.6 mm.



Der zweitgrösste Regen fiel am 12.8.08 mit total 53.5 mm. Es handelt sich um einen typischen Starkregen mit der dritthöchsten Regenmenge von 4.9 mm, die in 10 Minuten im 2008 gefallen ist.



Das drittgrösste Starkregenereignis fiel am 12.8.08 mit total 51.5 mm Regen in 10 Stunden. Die Maximalmenge in 10 Minuten betrug 4.4 mm.



Diese und ähnliche Regen sind ideal geeignet, um z.B. Speicherbauwerke zu dimensionieren.