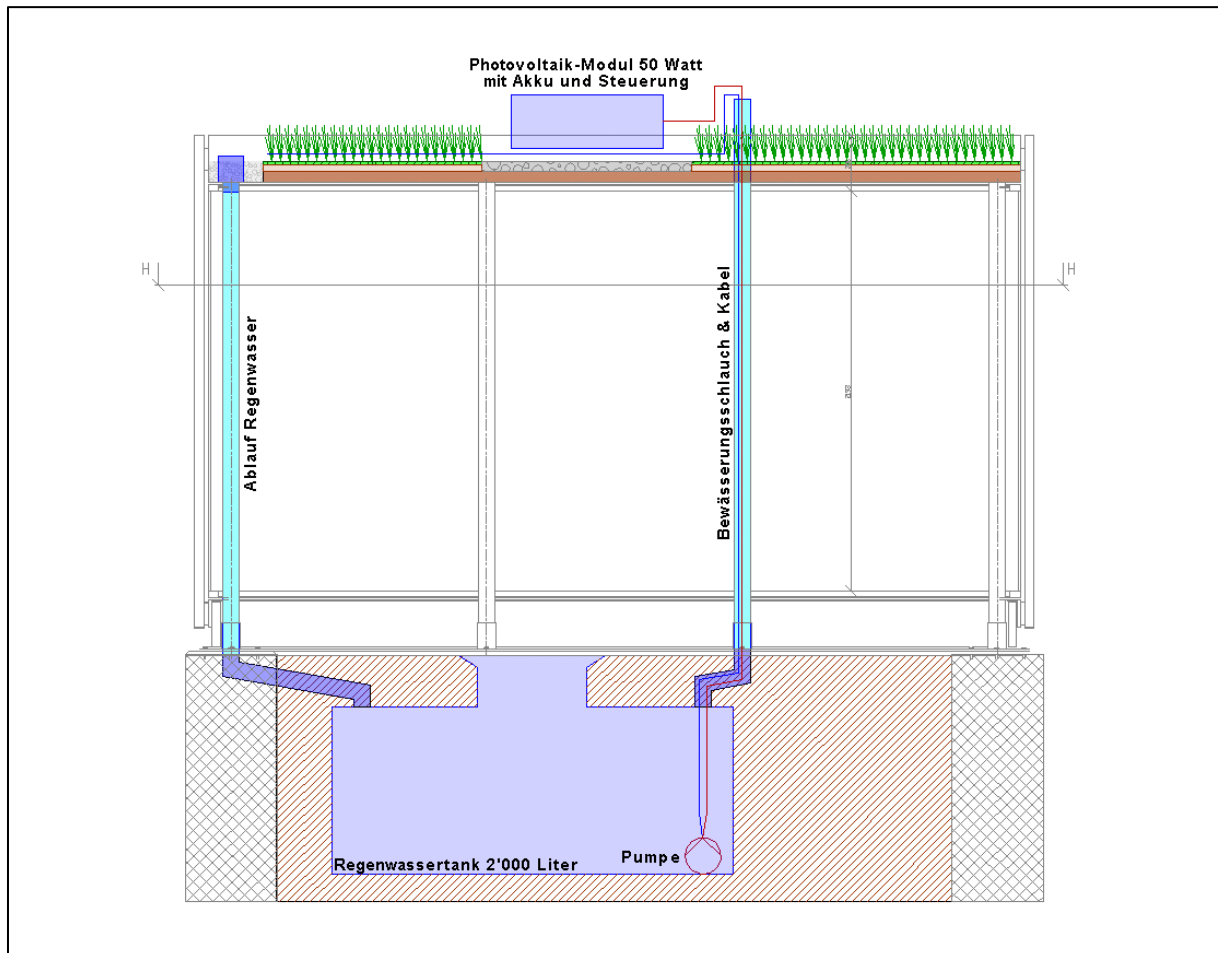


Project Work in Research Unit 2

PWRU2



«ECO-Shelter»

Buswartehalle mit Dachbegrünung und solarbetriebener Bewässerung

von:

Bodenmann Daniel

Masterstudiengang: MSc ENR

Abgabedatum: 03. Juli 2022

Korrektor: Stephan Brenneisen, Institut für Umwelt und Natürliche Ressourcen,
Zürcher Hochschule für Angewandte Wissenschaften,
Grüental, 8820 Wädenswil, Schweiz

ECO-Shelter

Buswarte Halle mit Dachbegrünung und solarbetriebener Bewässerung

Um städtische Infrastrukturen an den Klimawandel anzupassen, wurde ein Buswartehäuschen mit einer Dachbegrünung, einem Regenwassertank (2'000 Liter) und einer automatischen, solarbetriebenen Bewässerung ausgestattet. Dabei wurden verschiedene Herausforderungen, welche in urbanen Gebieten auftauchen, berücksichtigt. Das adaptierte Buswartehäuschen soll als Baustein dienen, um dem Biodiversitätsrückgang, den städtischen Wärmeinseln und den Gefahren von Starkregenereignissen (mittels Regenwasserretention), entgegenzuwirken.

Buswartehalle «Eco-Shelter» mit automatischer Bewässerung

In Zusammenarbeit mit der Firma Christen Metallbau AG wurde die Buswartehalle «Eco-Shelter» als Prototyp entwickelt (Abbildung 1 bis 5). Es ist ein Versuch städtische Infrastrukturelemente so zu optimieren, dass sie auf die Biodiversität einen fördernden Einfluss haben, kühlend auf die Umgebung wirken und die Gefahren von Starkniederschlagsereignissen mindern können. Um die verschiedenen Herausforderungen zu meistern, wurde auf dem Dach des Buswartehäuschen eine Dachbegrünung mit einheimischen Pflanzen erstellt. Zudem wird auf dem Dach das anfallende Regenwasser gesammelt und in einen unterirdischen Tank (2'000 Liter) geleitet, um damit die Dachbegrünung (11m²) zu bewässern, dies soll automatisch und autonom funktionieren. Dafür wurden eine 50W-Photovoltaik-Insulanlage mit einer 44Ah-Batterie, eine Niedervolt-Tauchpumpe in Kombination mit einem 2'000 Liter Regenwassertank verwendet. Mittels einer Arduino-Steuerung wurde das Bewässerungsintervall festgelegt. Um sparsam mit dem gesammelten Regenwasser umzugehen, wird die Dachbegrünung nur in der Wachstumsperiode von Mai bis September mit zirka 36 Liter pro Tag bewässert. Gemäss groben Berechnungen kann dadurch in den Sommermonaten lokal eine Kühlleistung von zirka 58 Kilowattstunden pro Tag¹ erzeugt werden, dies bei einem täglichen Energieaufwand von etwa 18 Wattstunden für den Betrieb der Pumpe, der Arduino-Steuereinheit und des Ladereglers der Photovoltaikanlage. Die Materialkosten für die Adaptierung des Buswartehäuschen belaufen sich auf zirka 2'120 Franken.

¹ 58 kWh entspricht etwa der Kühlleistung, die es braucht um 5'000 Liter Wasser von 30°C auf 5°C zu kühlen

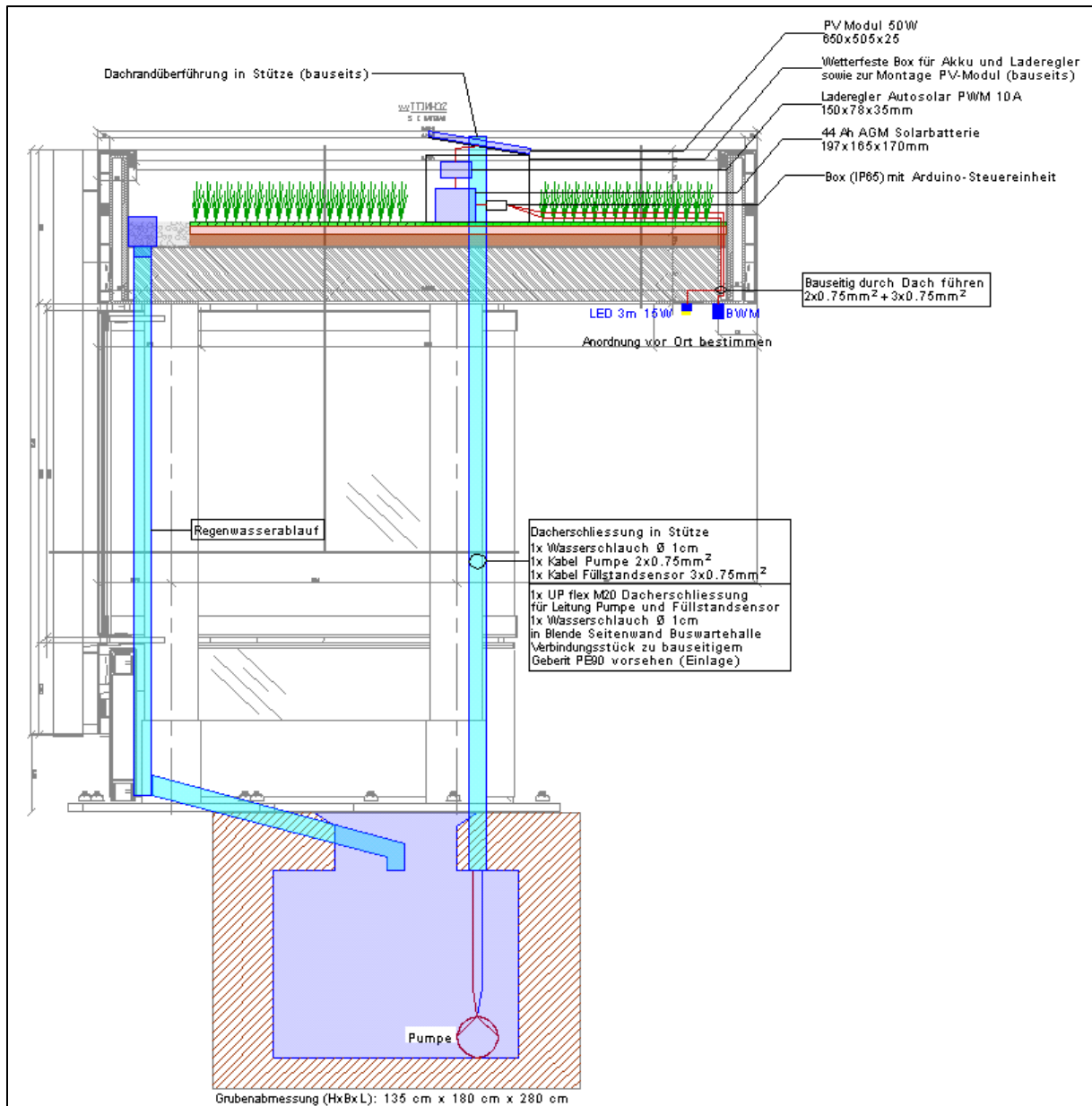


Abbildung 1: Seitenansicht der Buswartehalle mit Dachbegrünung und automatischer Bewässerung

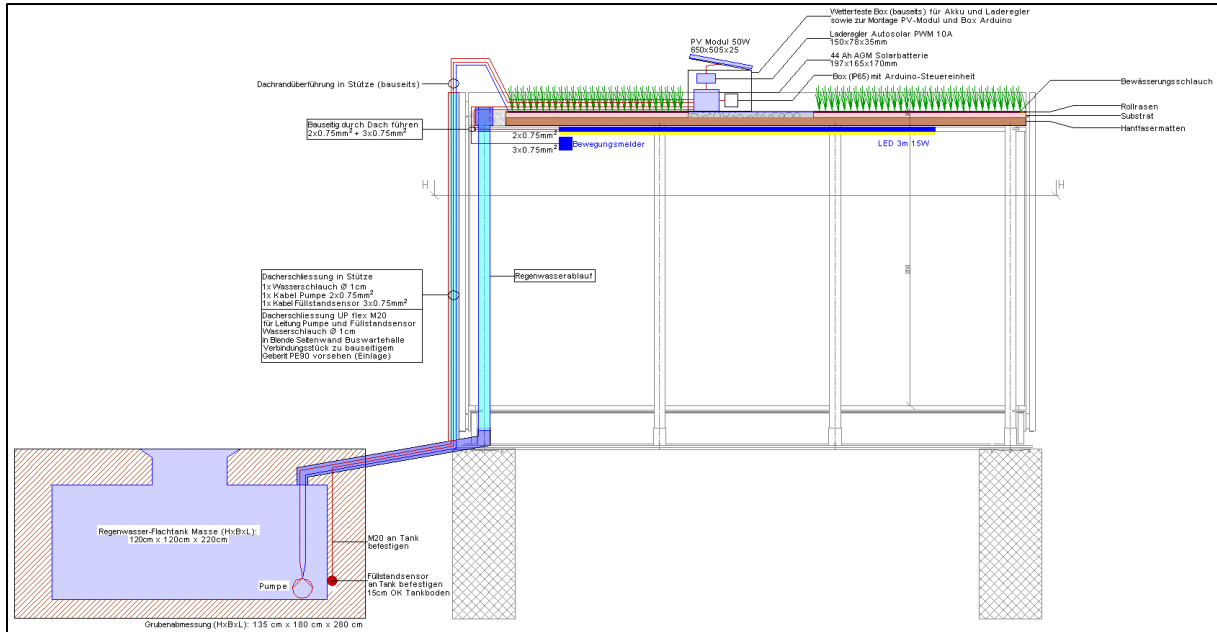


Abbildung 2: Frontansicht der Buswarte mit Dachbegrünung und automatischer Bewässerung

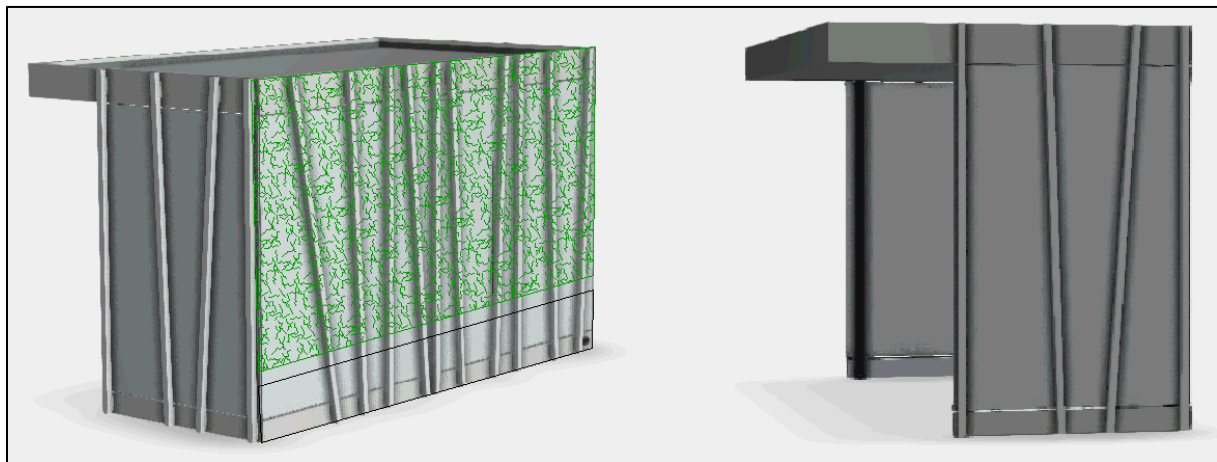


Abbildung 3: 3D-Visualisierung der Firma Christen Metallbau AG, links mit optionaler Vertikalbegrünung

Gebäudebegrünung

Um die Biodiversität zu fördern und zu Testzwecken, wurden zwei unterschiedliche Dachbegrünungen eingesetzt, nämlich die OH-FeRa Miniflora und OH-ch Kräuter-Rollmatten von Otto Hauenstein Samen. Das Dach der Buswartehalle ist in drei Zonen gegliedert (Abbildung 4 & 5), eine Vertikalbegrünung mit Efeu (*Hedera helix*) oder wildem Wein (*Parthenocissus quinquefolia*) ist optional vorgesehen. Es gibt eine «Trockenzone» für die Photovoltaik (mitte), bestehend aus Wildbienen-sand von Ricoter, zwei «Steingärten» und Tothholzelementen. Für die Dachbegrünung wurden vorkultivierte Rollrasen verlegt, bestehend aus einheimischen Blumen- und Kräutern. Um das Wasser auf dem Dach zu speichern wurden Hanffasermatten verwendet. Als Substrat für die zwei Rollrasentypen wurde torffreie Blumenerde verwendet. Der Regenwasserabfluss ist mit einem Kiesstreifen von 30x30 Zentimetern umrandet und durch ein Rinnenseiher (Schutzgitter) vor dem Eindringen von Fremdkörpern geschützt.

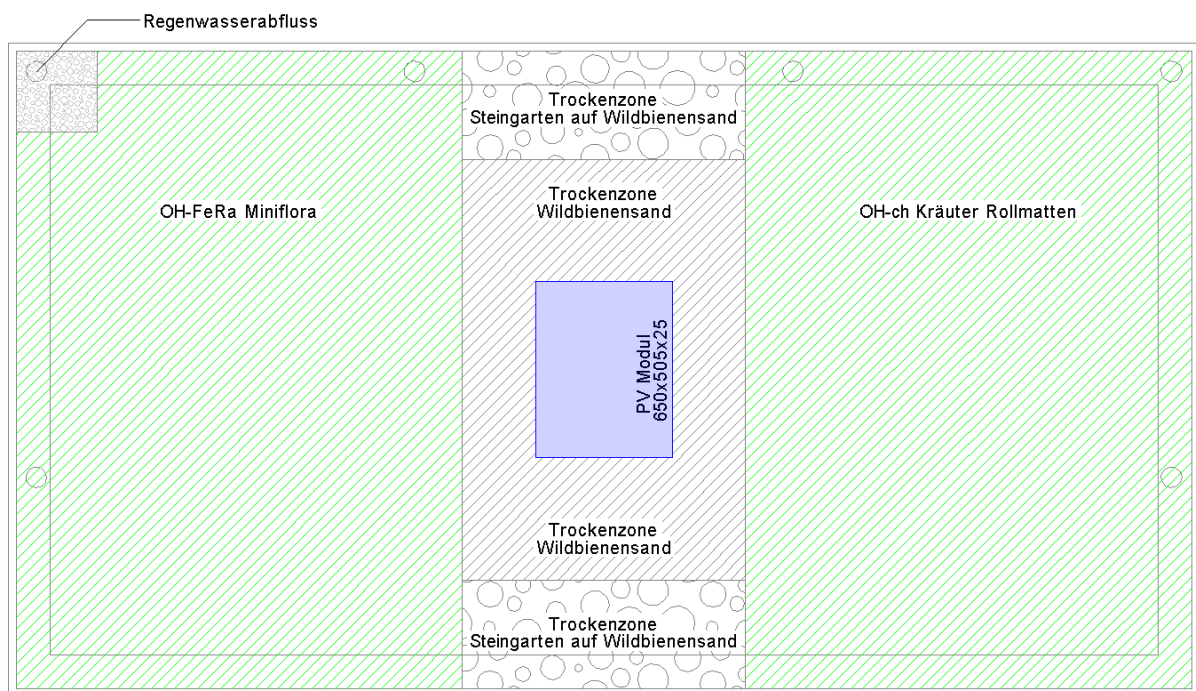


Abbildung 4: Dachaufsicht mit Wildblumen- (links) und Kräuterrasen (rechts), sowie Trockenzone für PV (mitte)

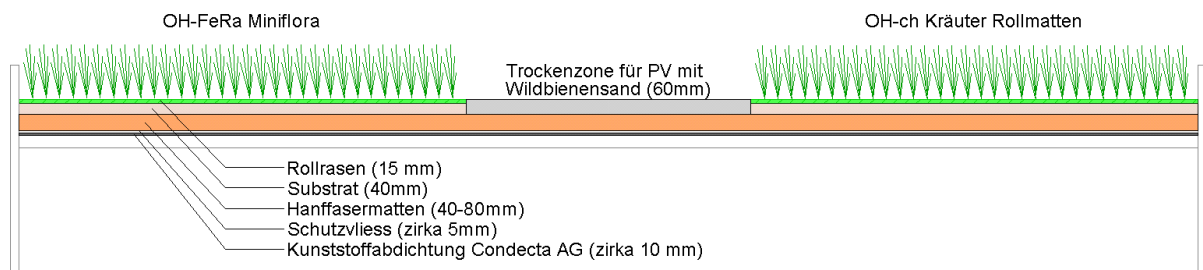


Abbildung 5: Seitenansicht Aufbau Dachbegrünung mit Schichtstärken

Photovoltaik (PV)

Die PV-Inselanlage besteht aus einem monokristallinem PV-Modul mit einer Leistung von 50 Watt, einer 12 Volt Solarbatterie (wartungsfrei) mit einer Kapazität von 44 Amperestunden, einem Laderegler (10A) und den dazugehörigen Kabeln mit einem Querschnitt von vier Quadratmillimetern inklusive den Solarsteckern (MC4) um das PV-Modul mit dem Laderegler zu. Das gesamte Set ist auf der Abbildung 6 ersichtlich, das Kabel von der Solarbatterie zum Laderegler wurde nach Rücksprache mit Christoph Koller mit einer 10-Ampere-Sicherung ausgestattet.



Abbildung 6: PV-Inselanlage für die Energieversorgung der Buswartehalle (AutoSolar AG, 2022)

Steuerung und Betrieb der Buswartehalle mit Arduino

Die autonome und automatische Bewässerung, wie auch die LED-Beleuchtung, wird mittels Arduino-Mikrokontroller gesteuert, dies ist eine kostengünstige Steuereinheit mit programmierbarer Software. Es wurde eine RTC-Echtzeituhr, ein Zweifach-Relais, ein Bewegungsmelder und ein Füllstandsensor verbaut. Die Energie für den Betrieb wird durch eine PV-Inselanlage geliefert. Das Stromlaufschema mit den elektrischen Komponenten ist auf Abbildung 7 ersichtlich. Die Niedervolt-Tauchpumpe, mit einer Förderhöhe von sechs Metern und die LED-Beleuchtung werden jeweils vom Arduino-Mikrokontroller mittels eines Relais eingeschaltet. Für die Pumpe wurde eine Betriebszeit von Mai bis September festgelegt, in diesem Zeitfenster werden täglich 36 Liter Wasser auf das Dach gepumpt, dieser Vorgang dauert drei Minuten. Um die Pumpe vor einem Trockenlaufen zu schützen wurde ein Füllstandsensor installiert, mittels Induktion wird ermittelt, ob sich hinter dem Messbereich eine Flüssigkeit befindet, bei zu niedrigem Wasserstand wird die Pumpe ausgeschaltet. Die LED-Beleuchtung wird durch einen Bewegungsmelder aktiviert, dessen Sensitivität auf zirka vier Meter eingestellt wurde, das heisst in diesem Radius werden Bewegungen detektiert. Die Beleuchtungsdauer wurde auf das Maximum von fünf Minuten eingestellt.

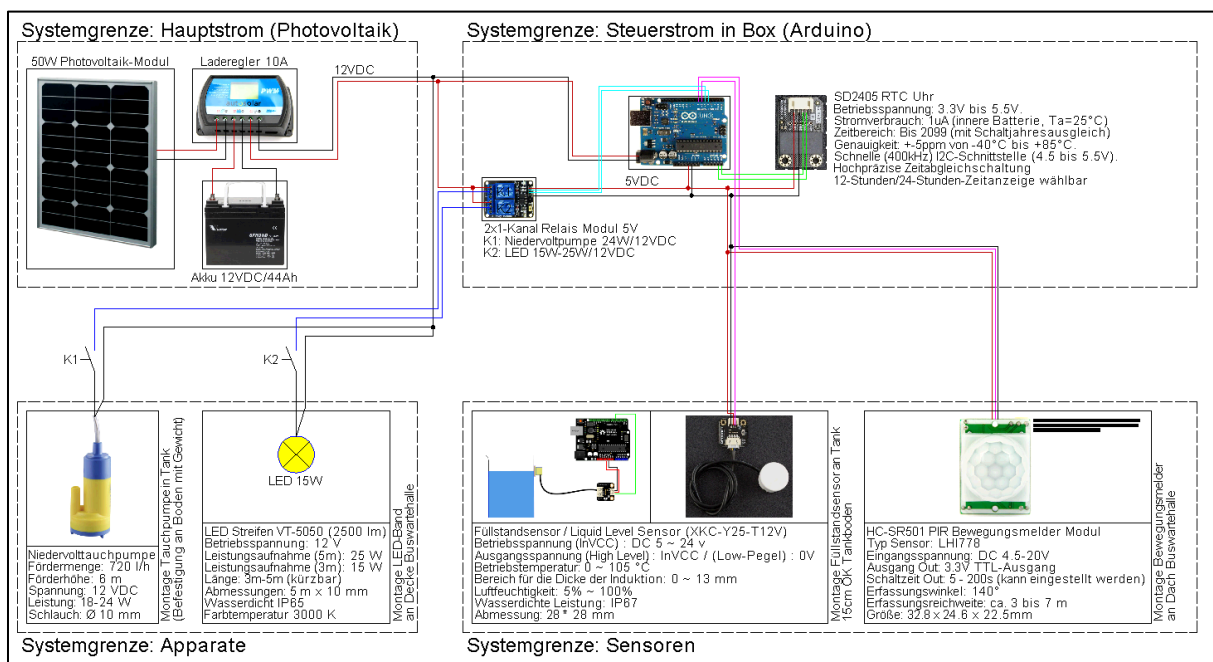


Abbildung 7: Stromlaufschema der Arduino-Steuerung für automatische Pumpenbetrieb und LED-Beleuchtung



Abbildung 8: Vorbereitung Dach mit Hanffasermatten und Substrat



Abbildung 9: Montage Dach auf Konstruktion mittels Kran



Abbildung 10: Regenwassertank verrohrt und in Boden eingelassen



Abbildung 11: Dachbegrünung mit Steingärten



Abbildung 12: Detailansicht der Dachbegrünung



Abbildung 13: Photovoltaikanlage mit Steuerung



Abbildung 14: Seitenansicht der Buswartehalle