

Autoren: Peter Gisler<sup>1</sup>, Andreas Graber<sup>1,2</sup>, Matthias Stucki<sup>1\*</sup>  
1 ZHAW Wädenswil, 2 UrbanFarmers UF  
\* Korrespondenzautor: matthias.stucki@zhaw.ch

## Ziele der Arbeit

Im Rahmen dieser Bachelorarbeit wurde eine umfassende Ökobilanzierung der Produkte aus der UrbanFarmers Pilotanlage „UF001 LokDepot“ erstellt. Die Resultate wurden mit Literaturdaten verglichen, die relevantesten Umwelteinflüsse wurden eruiert und daraus wurden Empfehlungen für die Verbesserung der Ökobilanz erarbeitet.

## Material und Methoden

Die Ökobilanz wurde mit der Software SimaPro 7.3.3 und der Ecoinvent Datenbank 2.2 modelliert.

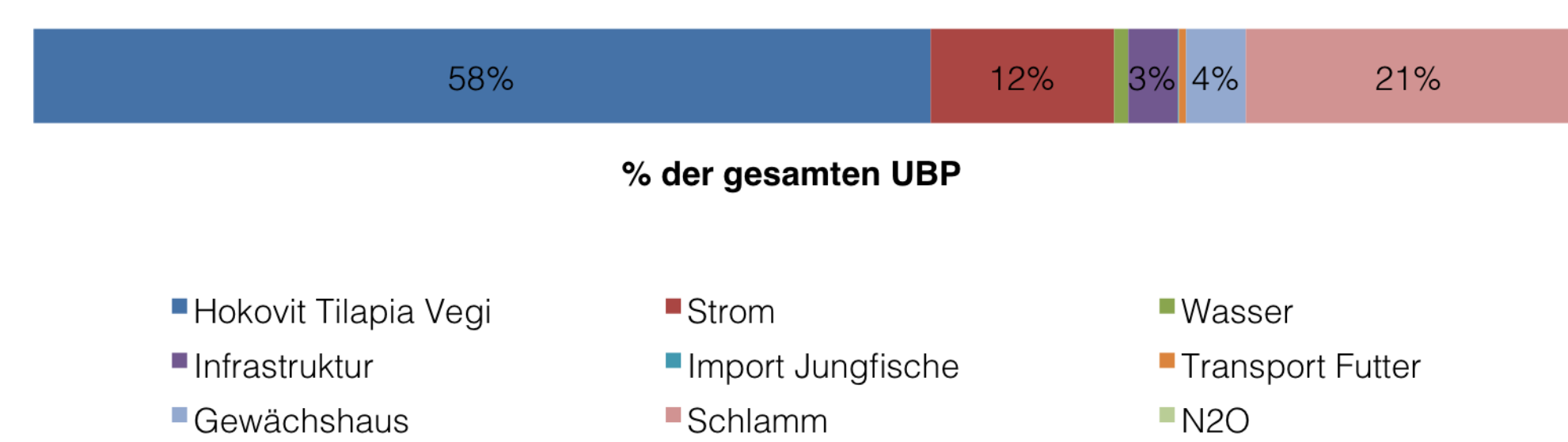
Die Umweltbelastung wurde pro kg Produkt berechnet (funktionelle Einheit = 1kg Gemüse oder Fisch). Für die Wirkungsabschätzung wurden die Methoden Kumulierter Energieaufwand, CML Baseline 2001, Treibhauspotenzial und die Methode der ökologischen Knappheit verwendet.

Der Untersuchungsrahmen umfasst Umweltwirkungen der Produkte bis zum Farmtor („cradle-to-gate“). Vorgelagerte Prozesse wie z.B. Rohstoffgewinnung für Futter oder Gewächshausmaterial sowie die Herstellung sind berücksichtigt. Der Transport zum Konsument, Verpackungsmaterial und die Entsorgung von Fisch- oder Gemüseresten ist nicht berücksichtigt.

## Resultate

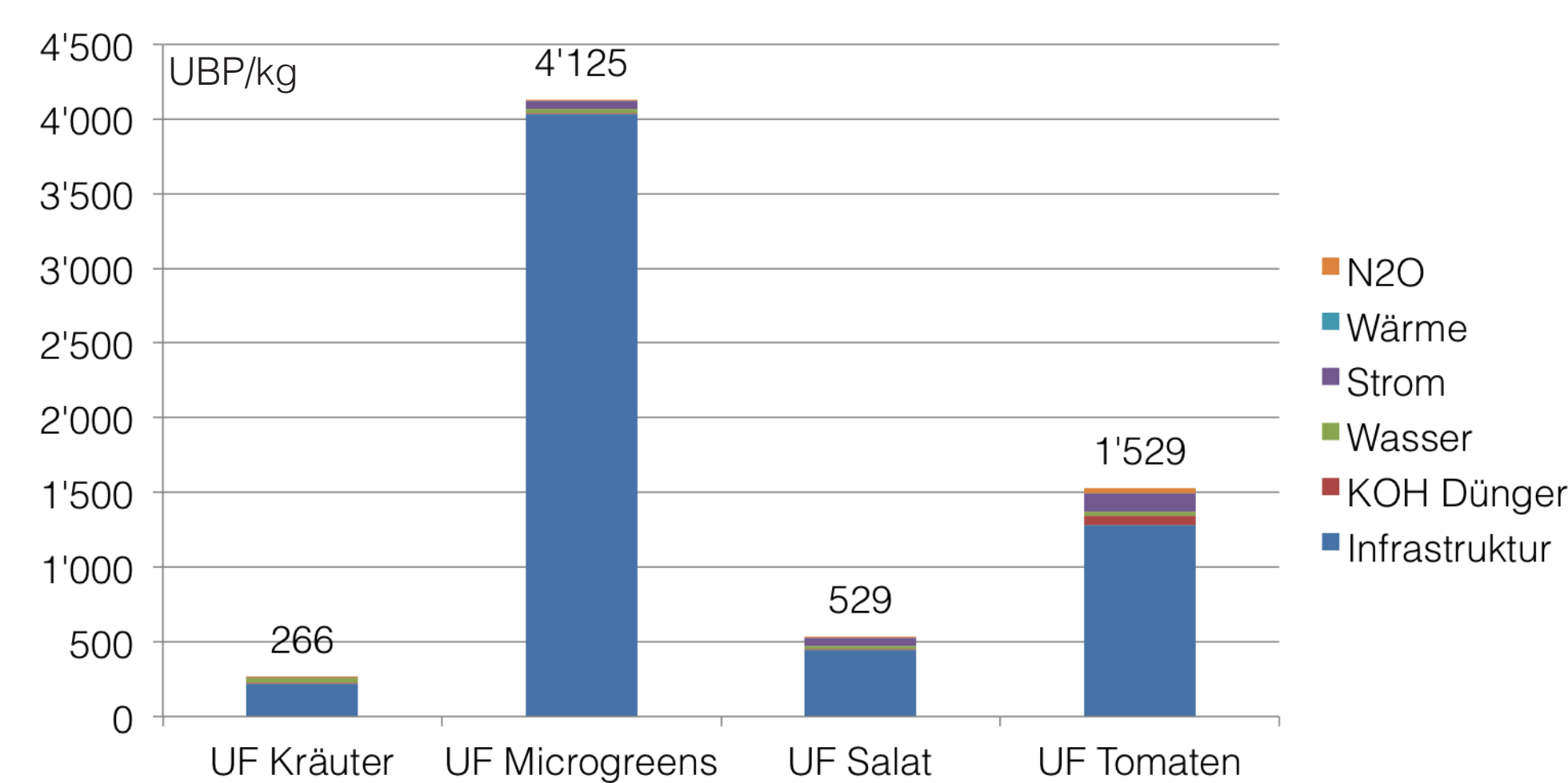
### Ökologische Knappheit

Umweltbelastungspunkte pro kg Fisch mit Unterkategorien



- Futter, Schlamm und Strom verursachen 56%, 21% und 12% der 9'951 UBP
- Sojaschrot verursacht 69% der UBP des Futters
- Abgefilterte Feststoffe (Schlamm) sind sehr Stickstoffhaltig und werden in die Kanalisation geleitet, deshalb die hohe Umweltbelastung
- Nicht erneuerbare Energie für die Herstellung von Fischbecken, Gewächshaus etc. führt beim Strom zu Umweltbelastung

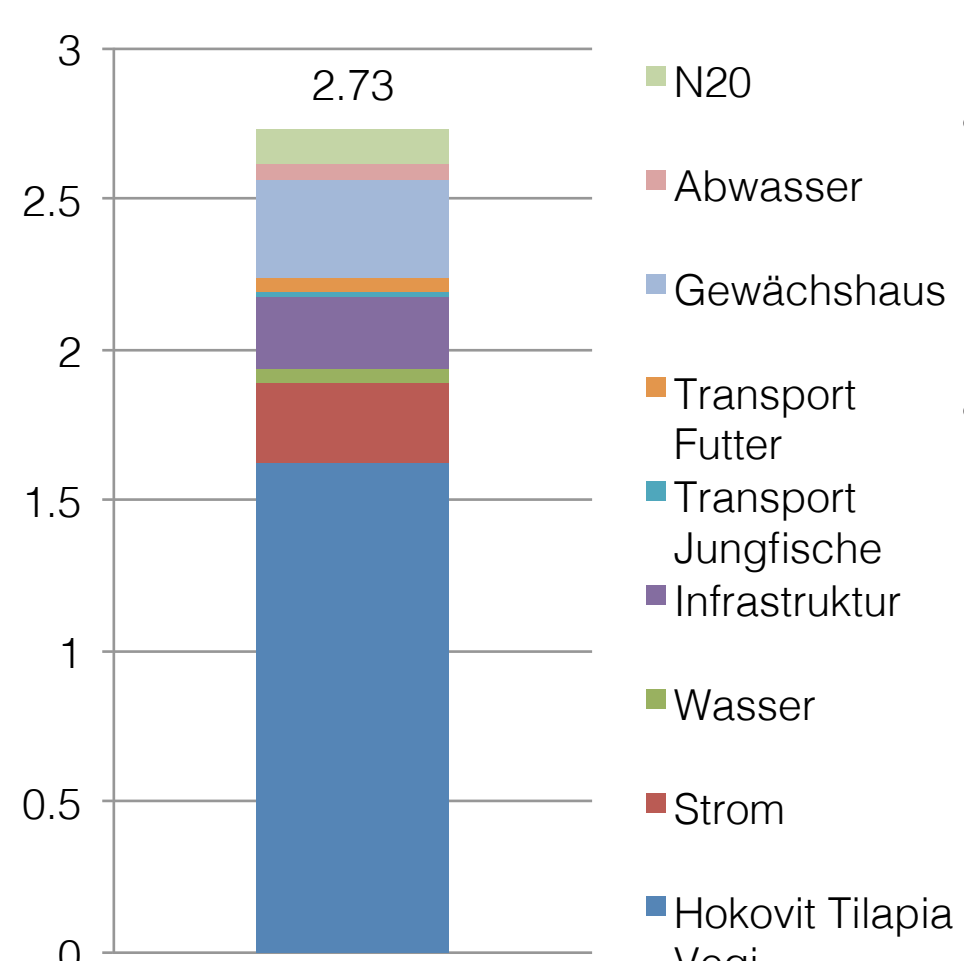
Umweltbelastungspunkte pro kg Gemüse ohne Unterkategorien



- Das Gewächshaus verursacht 80% der UBP
- Bei der Herstellung von Stahl und Aluminium gibt es grosse Emissionen von CO2 und Feinstaub
- Die Verwendung von Energie aus Kohle oder Kernenergie bei der Stahl- und Aluminiumherstellung verursacht ebenfalls grosse Umweltbelastung

### Treibhauspotenzial

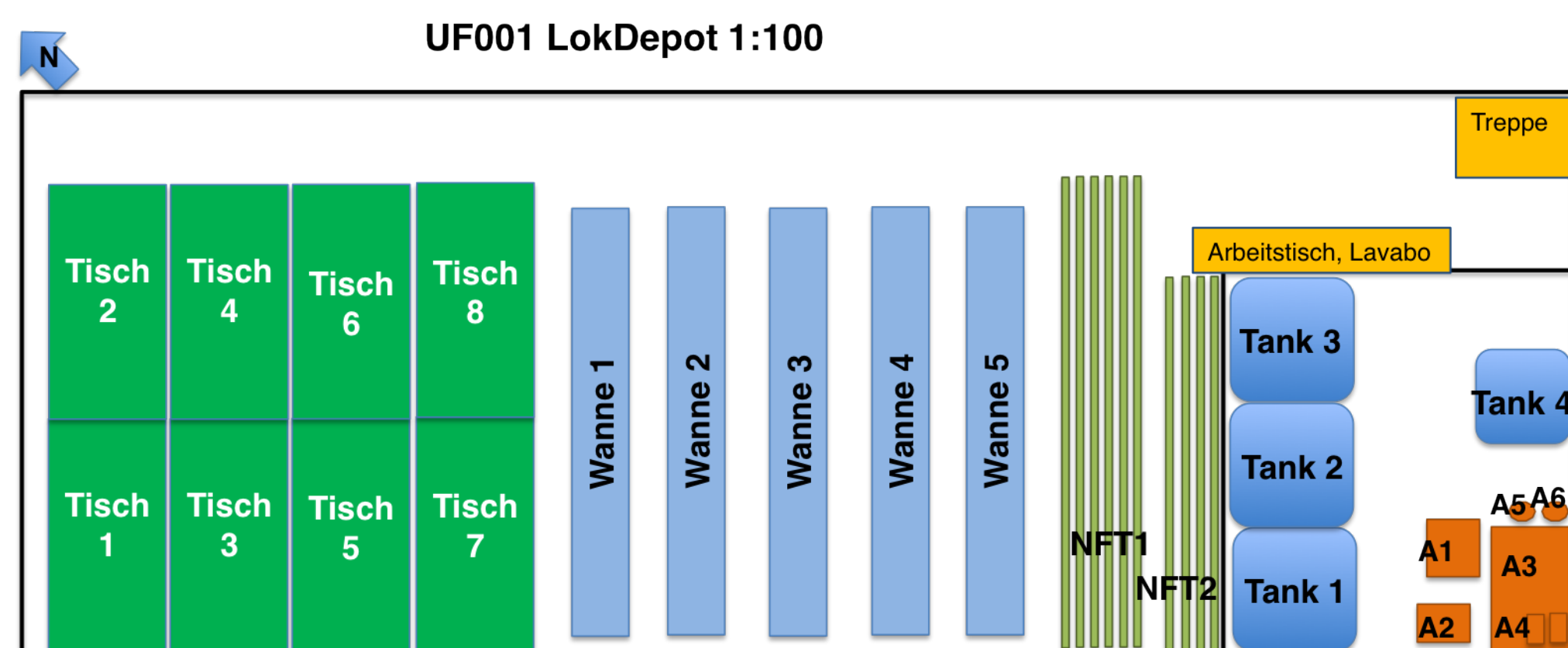
kg CO2 Äquivalente pro kg Fisch



- Das Futter verursacht 1.69 kg CO2 Äquivalente oder 57% des Gesamtergebnisses
- Bei Gewächshaus und Infrastruktur ist die Energie (Kohle und Kernkraft) für die Herstellung von Stahl und Aluminium wichtigster Treibhausfaktor

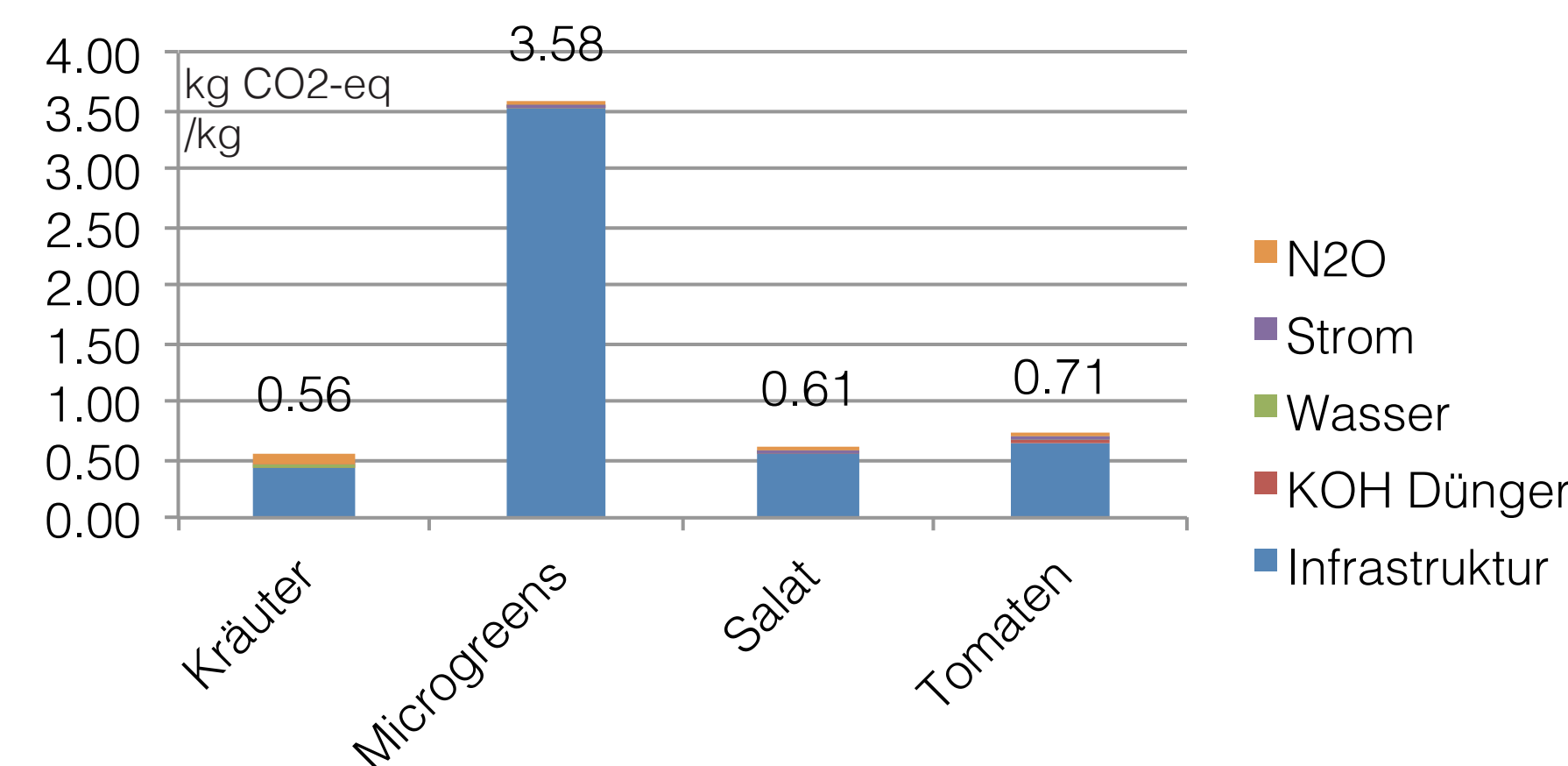
## UF001 LokDepot

Urban Farmers ist ein Spin-off der ZHAW Wädenswil. Die Anlage im Gewächshaus UF001 Lokdepot in Basel ist seit Mitte Dezember 2012 in Betrieb, seit Januar 2013 wurden Produkte geerntet und verkauft. Für das erste Jahr gab es Erträge von 918 kg Tomaten, 1200 kg Salat, 55 kg Microgreens, 450 kg Kräuter und 900 kg Fisch.



Tische 1-2	Microgreens	A1	Feststofftrennung
Tische 3-4	Kräuter	A2	Trommelfilter
Tische 5-8	Salat	A3	Biofilter
Wanne 1-5	Wannen für Tomaten	A4	Oxygenatoren
NFT 1-2	Kanäle für Salat	A5	Wasserreinigung
Tank 1-4	Fischbecken	A6	Sauerstoffpumpe

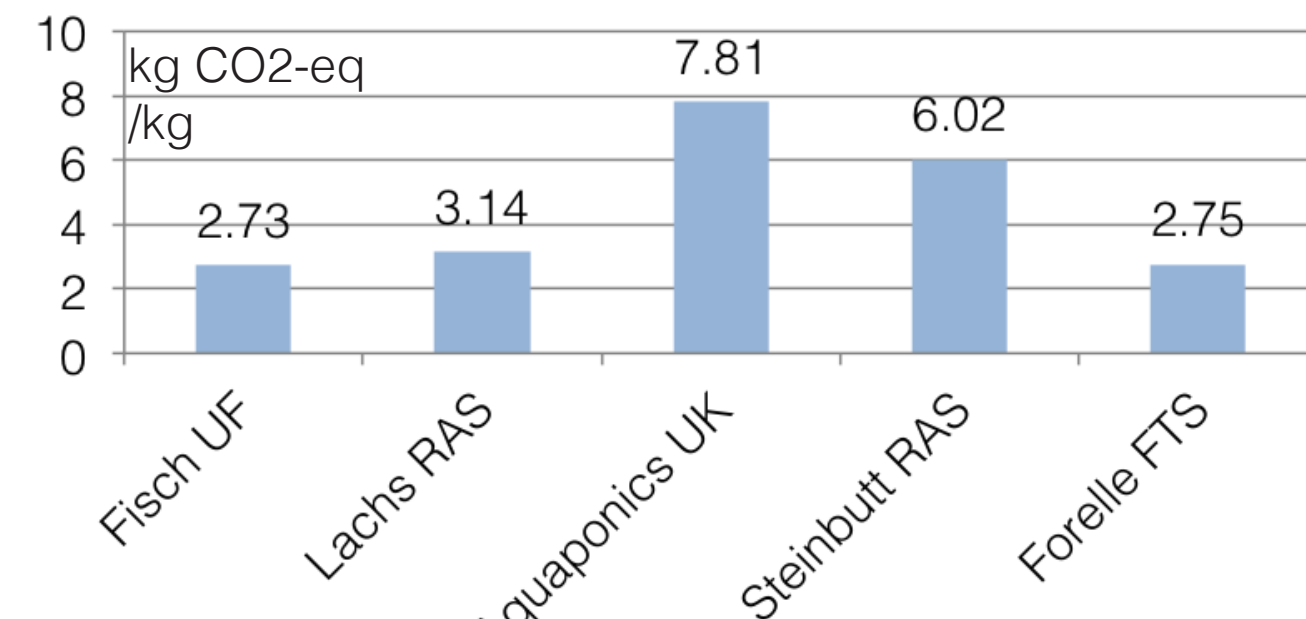
### Treibhauspotenzial von Aquaponic-Gemüse



- Das grösste Treibhauspotenzial geht von der Infrastruktur aus (80-98%), verursacht von Emissionen bei der Stahl- und Aluminiumherstellung
- Lachgas (N2O) entsteht durch die Fischexkremate, die den Pflanzen als Nährstoffe dienen

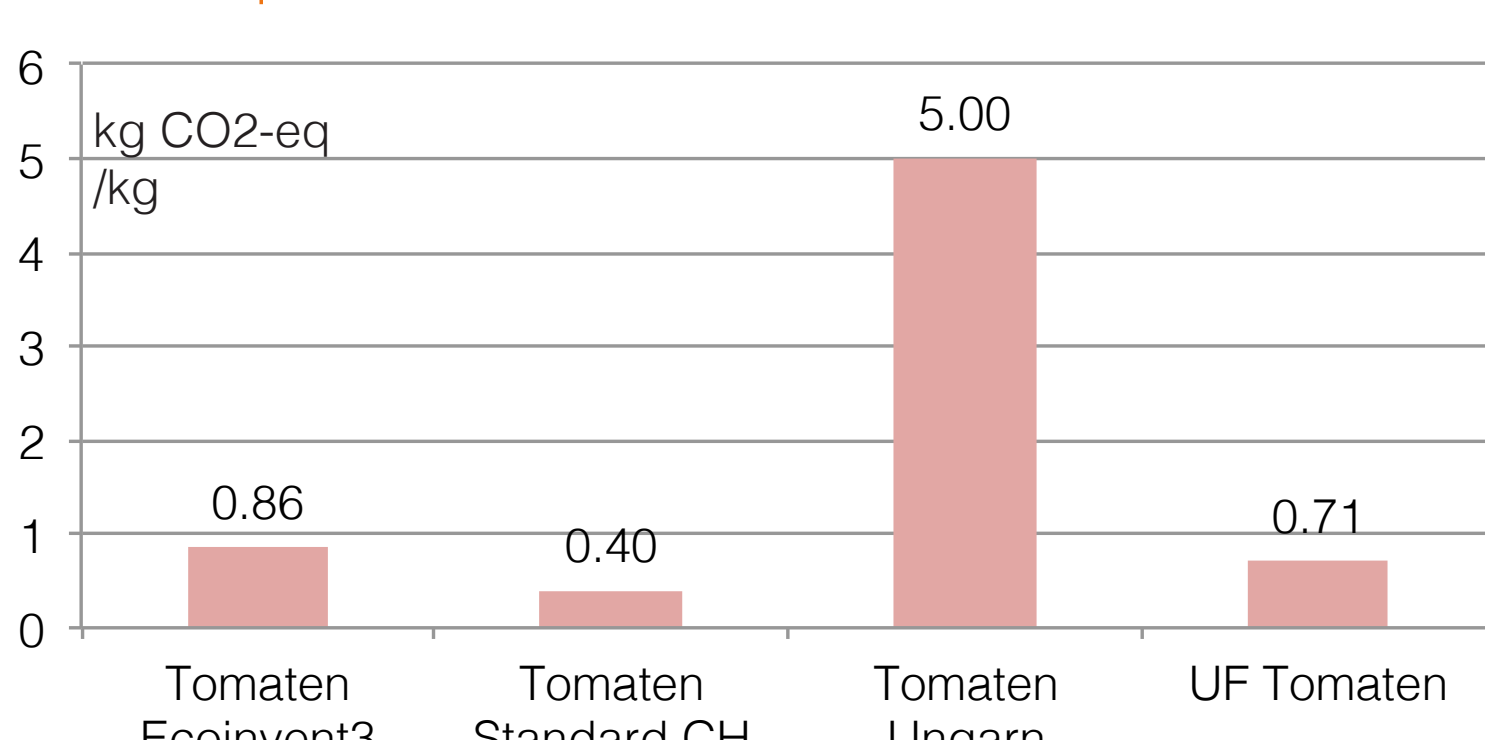
### Vergleichsliteratur Treibhauspotenzial

Treibhauspotenzial von Aquakultursystemen in kg CO2 Äquivalenten.



- Beim Aquaponics UK: 71% durch Energieverbrauch, das Futter 16% durch Futter und 12.5% durch Infrastruktur
- Forelle im Durchfluss-System (FTS): 73% durch Futter, 15% durch Energieverbrauch und 9% durch Infrastruktur
- Aquakultur Steinbutt in rezirkulierendem System (RAS): 32% durch Futter, 7% durch Infrastruktur und 61% durch Energieverbrauch
- Lachs aus der rezirkulierenden Anlage (RAS): 75% durch Futter, 5% durch Infrastruktur, 13% durch Energieverbrauch und 7% durch Einsatz von Chemikalien

### Treibhauspotenzial Tomaten-Anbauverfahren



- Beim Durchschnittsverfahren für die Schweiz macht das Gewächshaus 70% aus (Egloff, 2013)
- Für den Tomaten-Datensatz aus Ecoinvent 3 sind der Einsatz von Maschinen für Düngung, Setzen und Unkrautbekämpfung am wichtigsten
- Wichtigster Faktor bei Tomaten im Gewächshaus aus Ungarn (Torrellas, 2012) ist das Klimasystem (60%), vor allem durch Heizen mit Erdgas. Weiter wichtig sind Infrastruktur (15%, 0.75 kg CO2 äq), Pestizide (15%) und Düngung (10%)

## Aquaponic - Wie und Wieso?

Ein Aquaponic-System kombiniert ein rezirkulierendes Aquakultursystem und hydroponische Pflanzenproduktion. Über die Fütterung bzw. die Exkremate gelangen Nährstoffe in das Wasser. Feststoffe werden filtriert, danach wird das Wasser in einen Biofilter gepumpt.



Bakterien nitrifizieren das für die Fische schädliche und für Pflanzen nicht verfügbare Ammonium zu Nitrat. Stickstoff in Nitratform kann von den Pflanzen aufgenommen werden. Dieser Prozess hat eine zusätzliche Reinigungs- oder Filterwirkung. Zuletzt wird das Wasser wieder zu den Fischen gepumpt (Rakocy, 2006). Diesen Prozess durchläuft das Wasser mehrmals pro Tag und bleibt durchschnittlich etwa 2 Wochen in der Anlage. Durch diesen Kreislauf und die Biofiltration kann umweltbelastendes Abwasser aus der Fischproduktion vermieden und Trinkwasser gespart werden. Gleichzeitig kann bei den Pflanzen an synthetischen Düngemitteln gespart werden. Die filtrierten Feststoffe bzw. der Schlamm können kompostiert und als Dünger in der landwirtschaftlichen Produktion verwendet werden (van Rijn, 2013).

## Ökobilanz?

Eine Ökobilanz listet alle Umweltbelastungen auf, die ein Produkt über seinen gesamten Lebenszyklus verursacht. Die Methode erfasst alle wesentlichen Umweltbeeinträchtigungen von der Gewinnung der Rohstoffe über die Herstellung und den Gebrauch eines Produktes bis zu dessen Entsorgung (BAFU, 2007).

## Diskussion

### Positives

- Fernwärme aus der Kehrichtverbrennung verursacht keine Umweltbelastung
- Strommix der IWB ist zu 100% aus erneuerbaren Quellen. CH-Durchschnittsstrommix führt z.B. zu 4-5 Mal höherem Treibhauspotenzial.
- UBP von Fisch- und Fleischprodukten liegen zwischen 15'000 - 35'000 UBP, Fisch aus der UrbanFarm hat knapp 10'000 (Stucki & Jungbluth et al. (2012))
- Auch weitere Vergleiche mit Literaturdaten zeigen, dass Produkte aus der UrbanFarmers Anlage gute Resultate erzielen

### Verbesserungsmöglichkeiten

- Verwendung von Recyclingstahl und -aluminium ergibt 50% tieferes Treibhauspotenzial
- Intensivierung des Anbaus bei den Hydrokulturen verbessert die Ökobilanz pro kg Produkt, da das Gewächshaus der wichtigste Faktor ist
- 50% der UBP sind durch das Futter verursacht, wovon Sojaschrot 70% Anteil hat
- Alternative Proteinquellen könnten Maden (laufender FiBL-Versuch) oder auch Kartoffelproteine (Abfallprodukt der Kartoffelstärkeproduktion) sein.
- Der Schlamm verursacht 15% der UBP pro kg Fisch. Bei Kompostierung und Weiterverwendung als Dünger könnte auch diese Belastung reduziert werden.

### Fazit

Der Anbau in Aquaponic in der UrbanFarmers Anlage ist ökobilanztechnisch vielversprechend. Die Nähe zum Konsument, der Verzicht auf Dünger, Pestizide und grosse Maschinen geben dieser Produktionsform Vorteile gegenüber herkömmlichen Verfahren. Ein Problempunkt ist der hohe Stromverbrauch und die benötigte Wärme. Je nach Energiequellen ist die Umweltbelastung plötzlich sehr viel grösser. Für die Gemüsekulturen ist die Reduktion des Gewächshausanteils der wichtigste Verbesserungspunkt und bei der Aquakultur ein Ersatz für Soja im Futter.

### Quellen

- Aubin, J., Papatryphon, E., van der Werf, H. M. G., & Chatzifotis, S. (2009). Assessment of the Environmental Impact of Carnivorous Fish Production Systems using Life Cycle Assessment.
- BAFU. (2007). Ökobilanzen. September 2, 2013, aus <http://www.bafu.admin.ch/produkte/02071>
- Bainbridge, R. (2011). Life Cycle Assessment of an Aquaponics Greenhouse.
- Egloff, L. (2013). Klima- und Energiebilanz des CSA-Betriebs Ortoloco.
- d'Orbecastel, E. R., Blancheton, J., & Aubin, J. (2009). Towards Environmentally Sustainable Aquaculture: Comparison between Two Trout Farming Systems using Life Cycle Assessment.
- Rakocy, J. E., Masser, M. P., & Losordo, T. M. (2006). Recirculating Aquaculture Tank Production Systems: Aquaponics - Integrating Fish and Plant Culture.
- Stucki, M., Jungbluth, N., Buchspleis, B. (2012). Fish or Meat?
- Torrellas, M., Anton, A., Ruijs, M., Garcia Victoria, N., Stanghellini, C., & Montero, J. I. (2012). Environmental and Economic Assessment of Protected Crops in Four European Scenarios
- van Rijn, J. (2013). Waste Treatment in Recirculating Aquaculture Systems.

Wasser in der Lebensmittelherstellung

