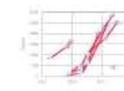
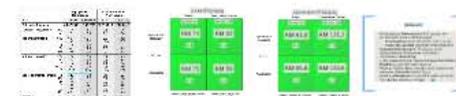
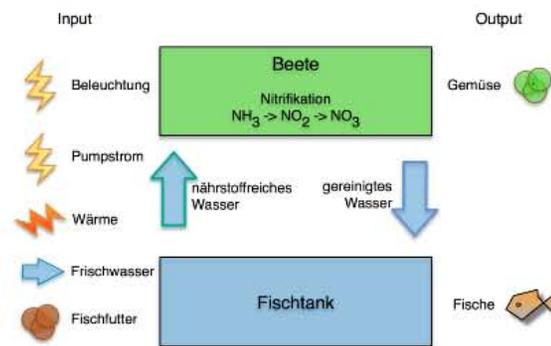
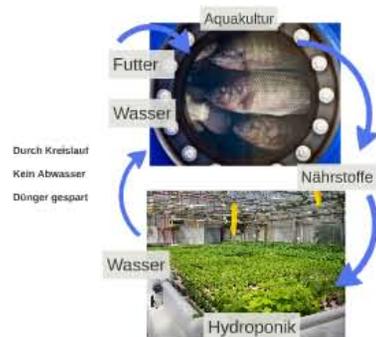


Fakultät für nachhaltige  
 Ernährungssysteme  
 i.green

Bestimmungsfaktoren der Wirtschaftlichkeit  
 von Aquaponik-Anlagen

R. Mergenthaler, P. Winkler, W. Lorkberg, M. Mergenthaler

gefördert durch  
 Ministerium für Klimaschutz, Umwelt,  
 Landwirtschaft, Natur- und Verbraucherschutz  
 des Landes Nordrhein-Westfalen





# Bestimmungsfaktoren der Wirtschaftlichkeit von Aquaponik-Anlagen

*R. Morgenstern, P. Winkler, W. Lorleberg, M. Mergenthaler*

*gefördert durch*

**Ministerium für Klimaschutz, Umwelt,  
Landwirtschaft, Natur- und Verbraucherschutz  
des Landes Nordrhein-Westfalen**



# Aquakultur

Futter

Wasser

Nährstoffe



uf  
er  
art



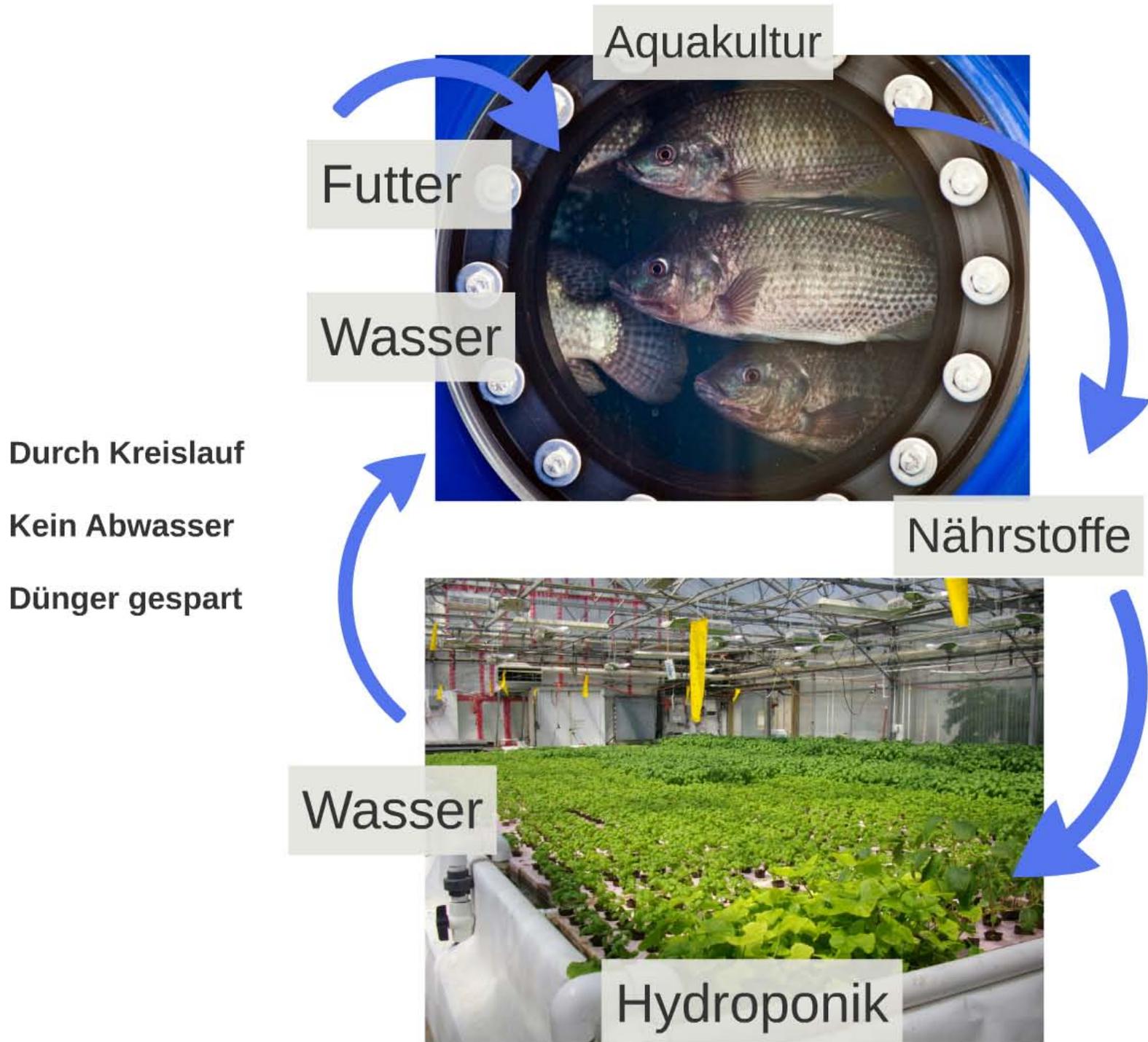
Nährstoffe



Wasser

Hydroponik





Aquakultur

Futter

Wasser

Durch Kreislauf  
Kein Abwasser  
Dünger gespart

Nährstoffe

Wasser



Input

Output



Beleuchtung



Pumpstrom



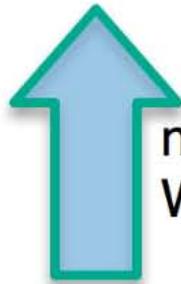
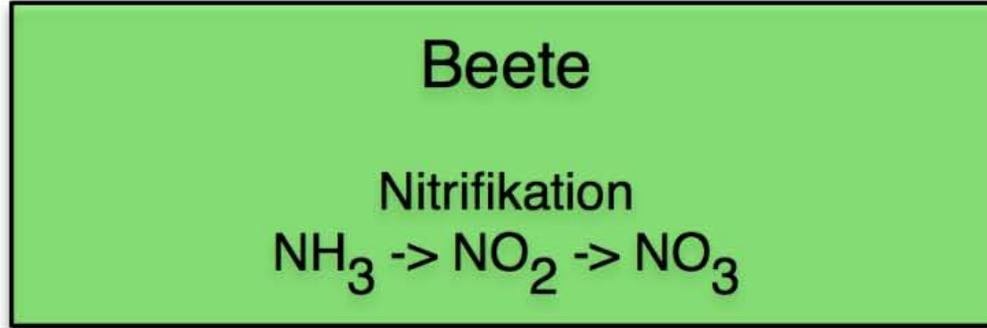
Wärme



Frischwasser

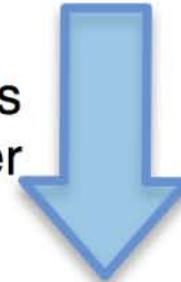


Fischfutter

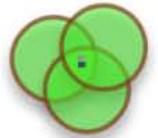


nährstoffreiches  
Wasser

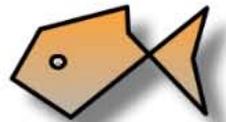
gereinigtes  
Wasser



Gemüse



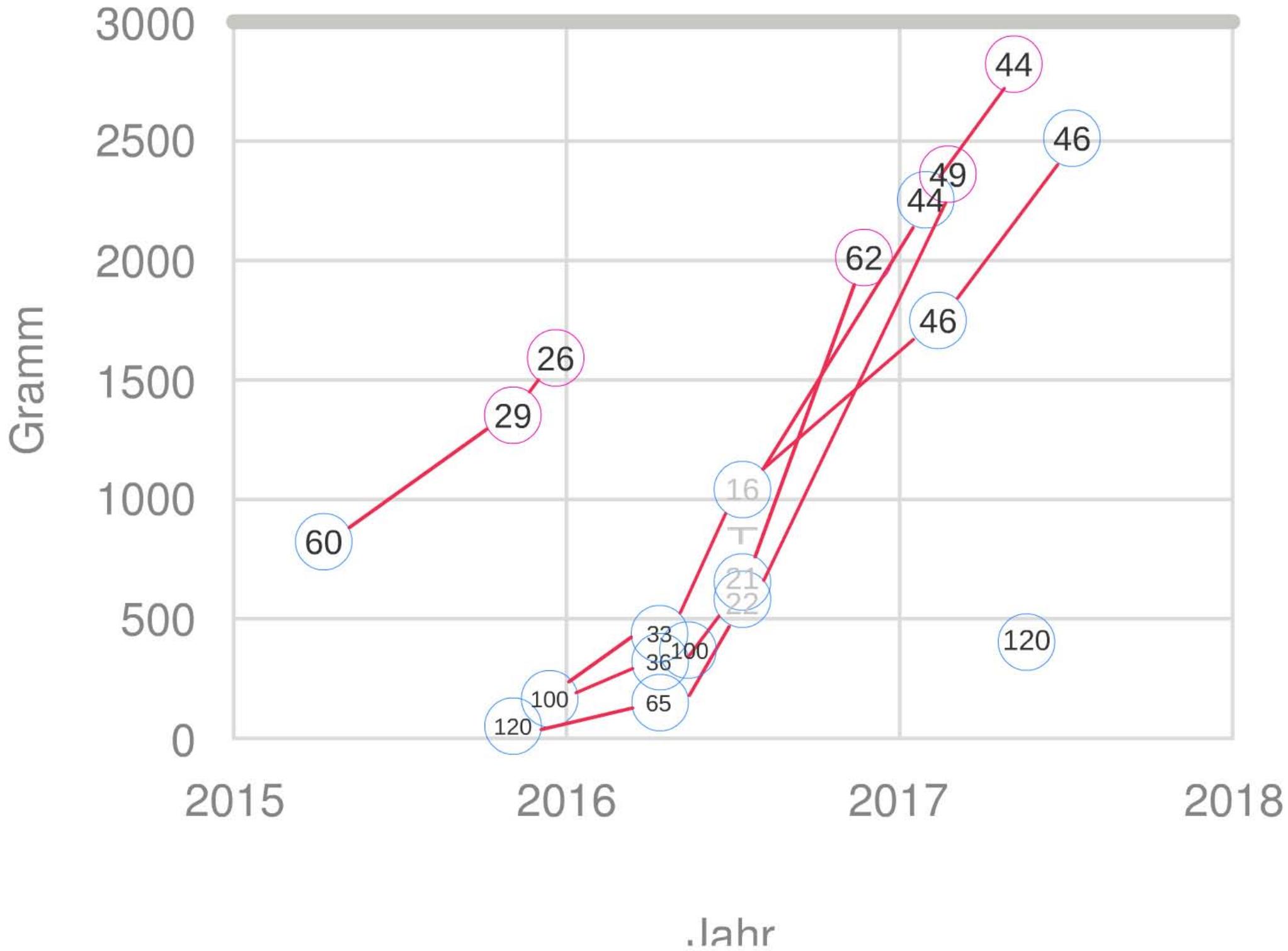
Fische

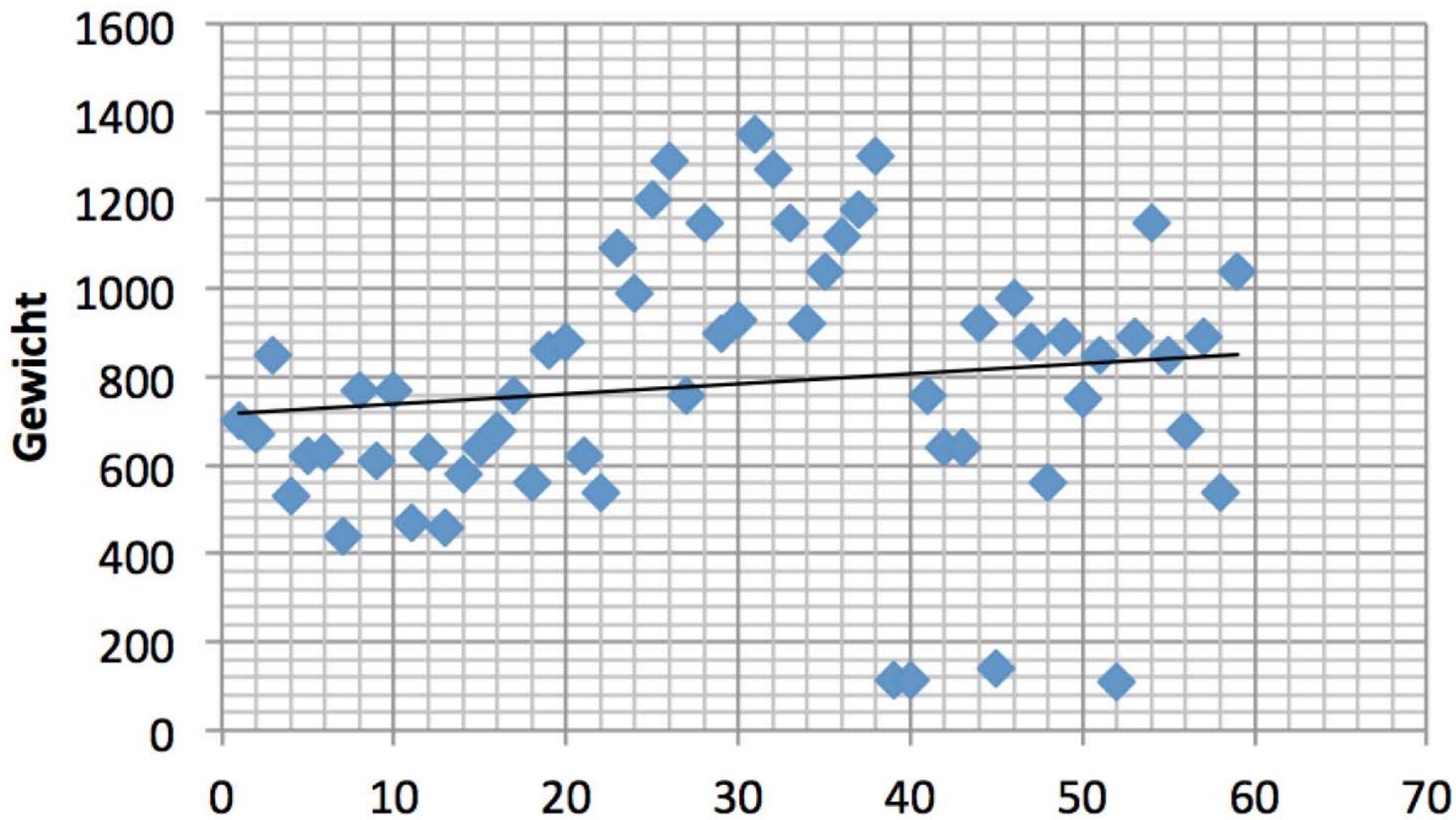


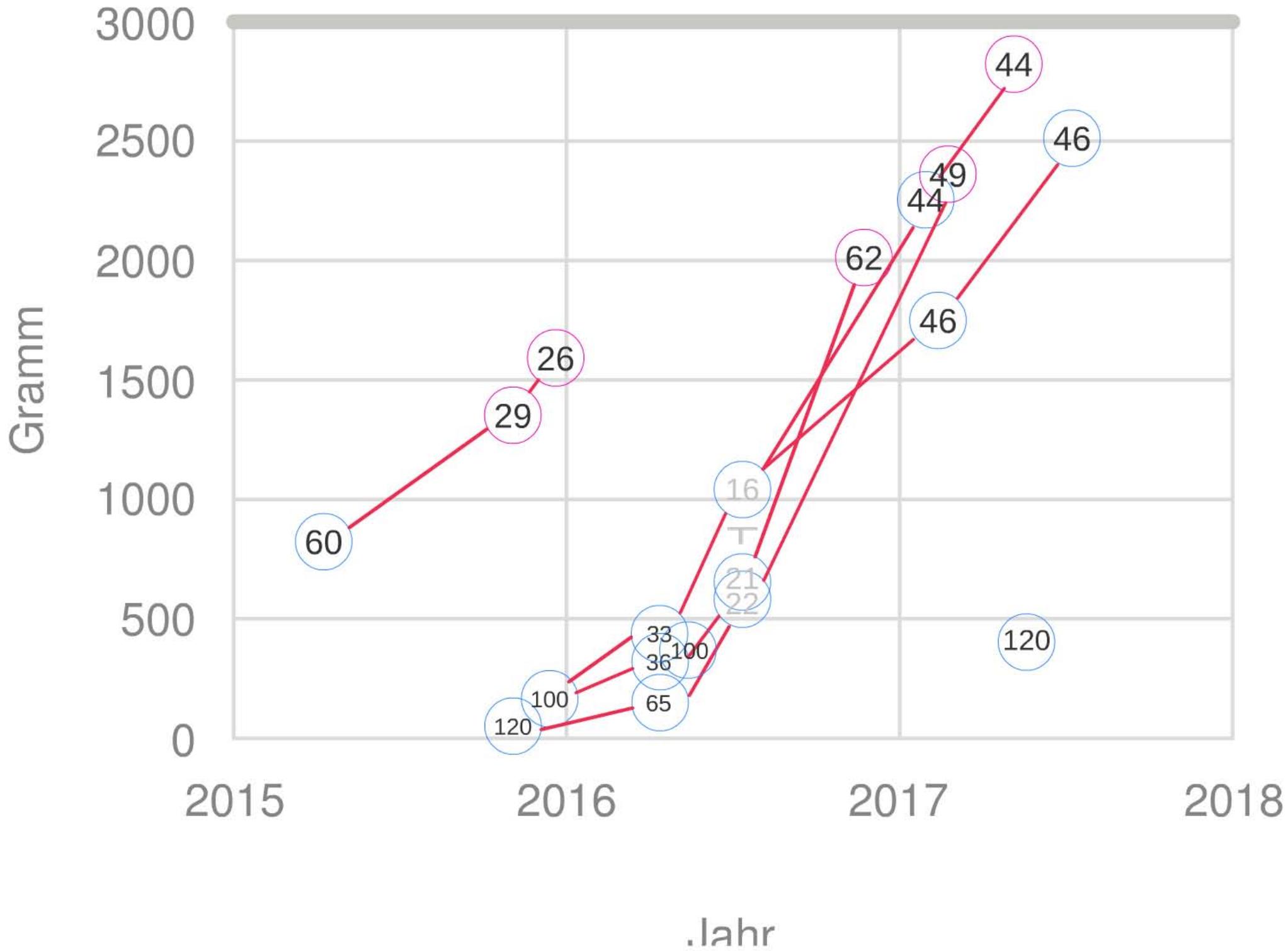




*Europäischer Wels (Silurus glanis)*









*Salanova Cook RZ*



		Aquaponik - Nährlösung		Konventionelle - Nährlösung	
Versuch		1. Versuch	2. Versuch	1. Versuch	2. Versuch
Datum der Entnahme		09.07.2016	17.09.2016	09.07.2016	17.09.2016
Nährstoff / Messgröße	<b>EC</b>	1,6	1,7	1,6	1,6
	<b>pH</b>	7,1	7,0	7,1	7,0
<b>Kationen (mmol/l)</b>	<b>NH<sub>4</sub></b>	< 0,1	< 0,1	0,2	0,2
	<b>K</b>	0,2	2,2	10,8	10,5
	<b>Na</b>	4,5	3,9	0,9	1,1
	<b>Ca</b>	4,1	4,3	0,8	0,9
	<b>Mg</b>	0,5	0,4	0,2	0,2
<b>Anionen (mmol/l)</b>	<b>NO<sub>3</sub></b>	7,8	8,8	3,7	3,3
	<b>Cl</b>	3,2	3,0	2,6	2,8
	<b>S</b>	1,4	1,3	2,2	2,0
	<b>HCO<sub>3</sub></b>	0,1	0,9	0,5	0,9
	<b>P</b>	0,12	0,14	1,58	1,61
<b>Spurenelemente (µmol/l)</b>	<b>Fe</b>	18	0,3	20	29
	<b>Mn</b>	0,3	0,2	5,7	2,6
	<b>Zn</b>	3,6	0,7	7,8	4,5
	<b>B</b>	29	24	45	42
	<b>Cu</b>	0,5	0,5	1,0	0,8
	<b>Mo</b>	< 0,1	< 0,1	0,8	0,5
<b>(mmol/l)</b>	<b>Si</b>	0,14	0,17	0,07	0,7

# Juli mit FE-Düngung

Tower

Deep Water Culture

Hydrokultur  
klassisch

EC 1.6

Aquakultur

GD 5%= 6,7

KM 70

2 - 3

KM 75

2 - 3

GD 5%= 4,99

KM 93

1 - 2

KM 89

1 - 2

Jeweils 4 Tower mit je 8 Pflanzen  
2x 32 Pflanzen

Jeweils 2 Tanks mit je 3 Rafts  
2x 45 Pflanzen

# Oktober ohne FE-Düngung

Tower

Deep Water Culture

Hydrokultur  
klassisch

EC 1.6

Aquakultur

GD 5%= 6,7

GD 5%= 4,99

KM 61,8

KM 121,2

2 - 3

1 - 2

KM 65,8

KM 102,6

2 - 3

1 - 2

Jeweils 4 Tower mit je 8 Pflanzen  
2x 32 Pflanzen

Jeweils 2 Tanks mit je 3 Rafts  
2x 45 Pflanzen

## Quintessenz

- Handhabung: **Towersystem** für Produkte mit kurzen Kultur dauern nicht geeignet
  - **Minderertrag** stellt Flächeneffizienz in Frage
  - **Schlechte Qualität** gefährdet Vermarktbarkeit
- **Aquaponikdüngung** mit Fe-Zusatz ist für Salatproduktion klassischer Hydrokultur mindestens **ebenbürtig**
- Erste Beobachtungen weisen auf potentiell **höhere Resilienz** gegen Schaderreger hin
- Niedrige Nährstoffkonzentration stellt Kulturen mit höherem Nährstoffbedarf in Frage
- Niedrige **Phosphorkonzentration** stellt Eignung für fruchtendes Gemüse in Frage





WAG I



## Wirtschaftlichkeitsbetrachtung

### *Konzeption*

Betrachtung von drei unterschiedlichen Anlagengrößen: Mikro-, Klein-, Produktionssystem

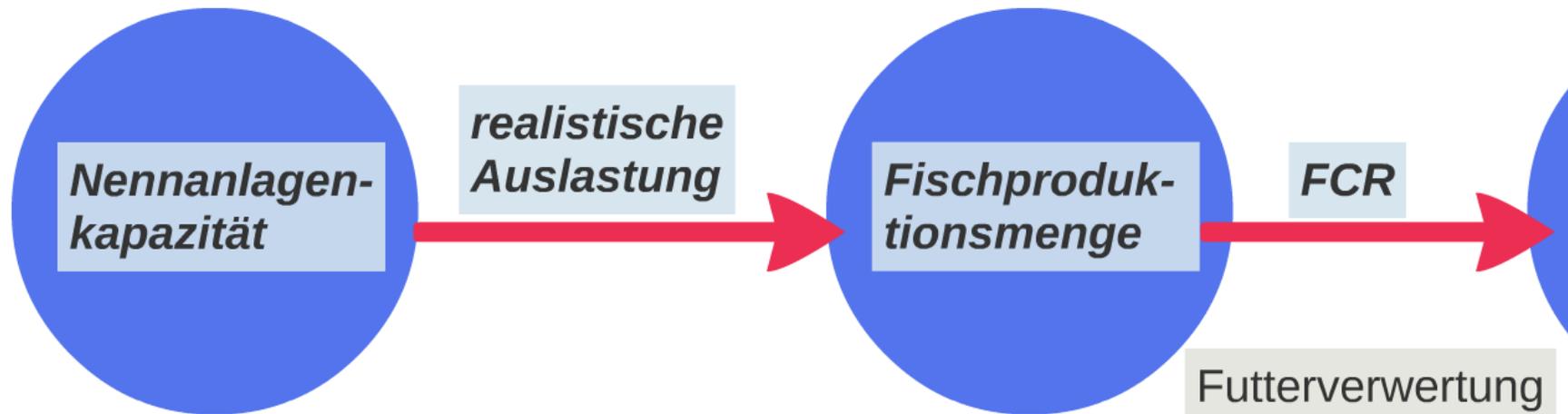
- Mikro: Daten aus eigener Pilotanlage
- Klein: Hochrechnung auf größere Pilotanlage wegen überdimensionierter Anlagenteile
- Produktion: Annahme einer Anlage in der Dimension der Anlage des Kooperationspartners

# Wirtschaftlichkeitsbetrachtung

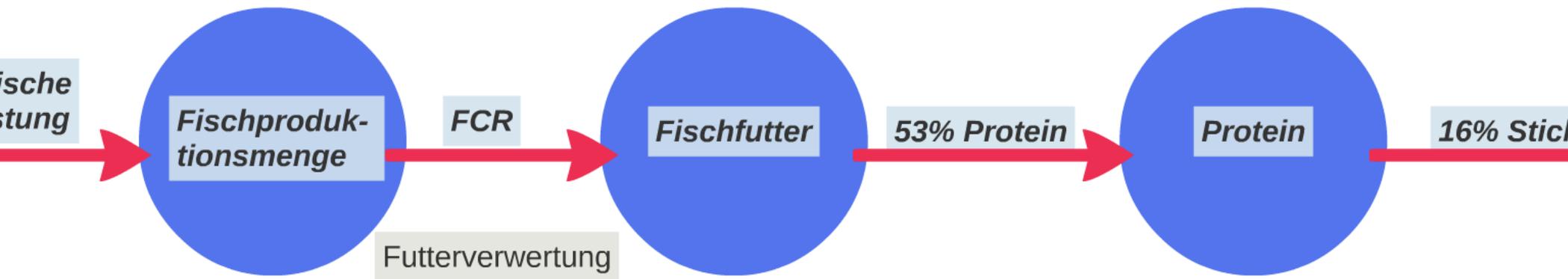
## *Annahmen und Vereinfachungen*

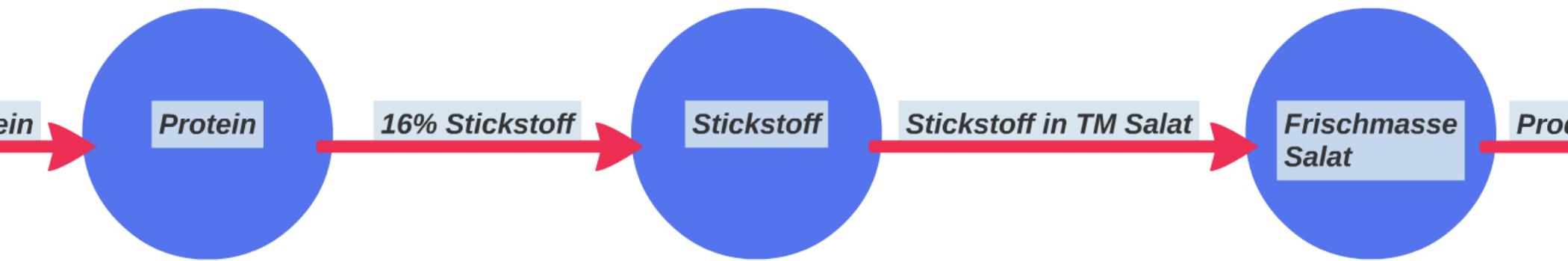
- Kontinuierlicher Betrieb über das ganze Jahr
- Vollständig geschlossener Kreislauf
- Ein Produkt in der Hydrokultur (Blattsalat)
- Moderate Zusatzbeleuchtung im Winter
- Relativ optimistische Strom- und Wärmepreise
- Keine Berechnung eines BHKW
- Relativ hochpreisige Vermarktung
- Keine Vermarktungskosten
- Realistische Schätzungen aus Literatur und Expertenbefragungen wenn keine konkreten Daten vorlagen
- Wärmebedarf Gewächshäuser nach KTBL
- Keine Flächenkosten

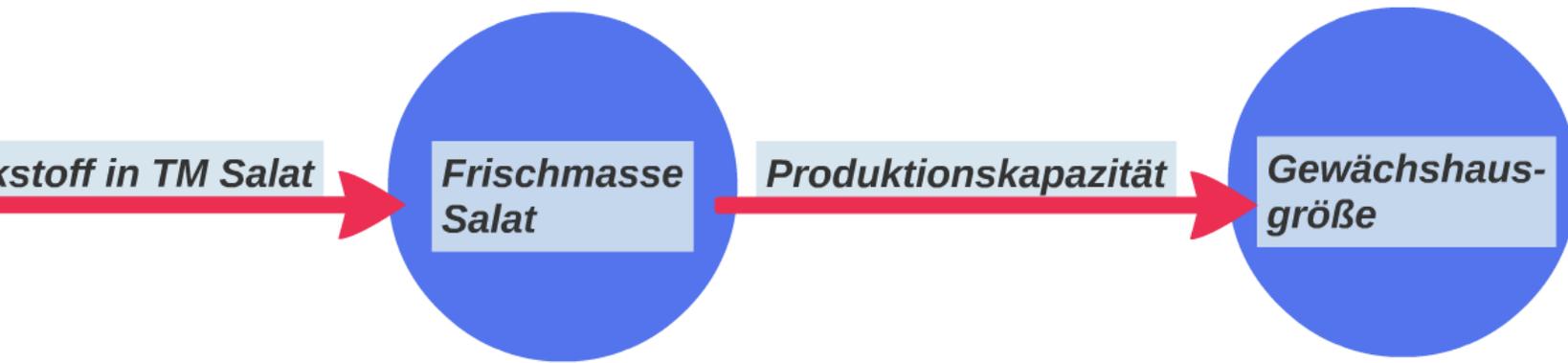
## Dimensionierung der Hydrokultur aus der Aquakultur



Aquakultur aus der Aquakultur

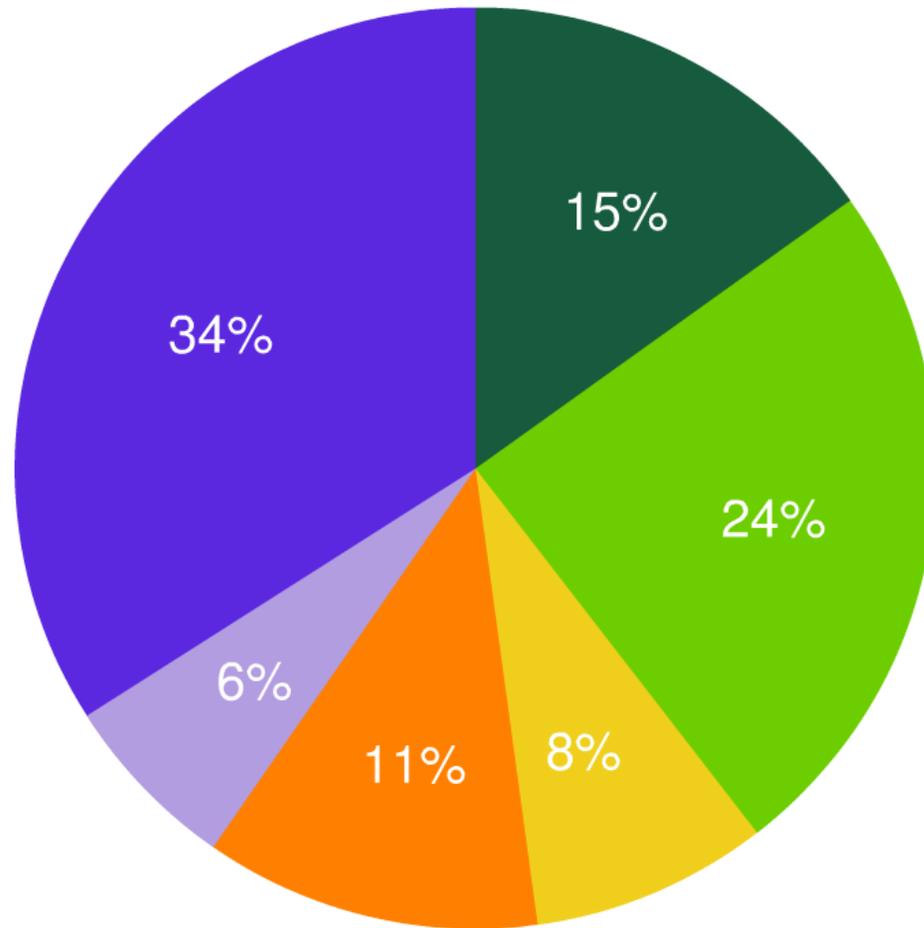






<b>Leistungen Fisch</b>		
Marktleistung Direktvermarktung Filet	€/ Durchgang	203.175
Marktleistung Direktvermarktung Filet	€/ Jahr	<b>201.519</b>
<b>Variable Kosten Fisch</b>		
Besatzkosten	€/ Durchgang	20.000
Futterkosten	€/ Durchgang	32.283
Tierarzt, Medikamente, Hygiene	€/ Durchgang	400
Ge- und Verbrauchsgegenstände	€/ Durchgang	800
Variable Maschinenkosten	€/ Durchgang	2.000
Transport	€/ Durchgang	4.000
Heizkosten	€/ Durchgang	11.048
Stromkosten	€/ Durchgang	15.607
Wasserkosten	€/ Durchgang	31
Sonstige variable Kosten	€/ Durchgang	1.200
Summe variable Kosten	€/ Durchgang	87.369
<b>Summe variable Kosten</b>	<b>€/ Jahr</b>	<b>86.657</b>
<b>Deckungsbeitrag</b>	<b>€/ Jahr</b>	<b>114.862</b>
	€/ Durchgang	115.806
	€/ Besatzfisch	5,79
<b>Zusammenfassung</b>		
Erzeugte Produktionsmenge nach Verlusten	kg Lebendgewicht/Jahr	27.000
Marktleistung Direktvermarktung Filet	€/ Jahr	201.519
Summe variable Kosten	€/ Jahr	86.657
<b>Deckungsbeitrag</b>	<b>€/ Jahr</b>	<b>114.862</b>
<b>Personalkosten</b>		
Akh-Bedarf Produktion	Akh/Durchgang	2.190
Arbeitsaufwand filetieren	min/Fisch	0,5
Arbeitsaufwand schlachtung	min/Fisch	0,2
Akh-Bedarf Schlachtung und Verarbeitung	Akh/Durchgang	210
Lohnkosten	€/Akh	18,75
<b>Lohnkosten</b>	<b>€/ Jahr</b>	<b>45.000</b>
Arbeitszeit	h/Jahr	2.400

# Variable Kosten Aquakultur



- Besatz
- Futter
- Heizung
- Elektrizität
- Sonstige
- Arbeit

## Variable Kosten Blattgemüse

Einkauf Pflanzlinge	€/Jahr	121.942
Pflanzenschutz	€/Jahr	12.194
Dünger	€/Jahr	1.626
sonst. var. Kosten	€/Jahr	24.388
Stromkosten Produktion	€/Jahr	57.463
Stromkosten Beleuchtung	€/Jahr	120.271
Heizung	€/Jahr	31.585
<b>Summe variable Kosten</b>	<b>€/Jahr</b>	<b>369.469</b>
<b>Deckungsbeitrag</b>	<b>€/Jahr</b>	<b>541.087</b>
<b>Deckungsbeitrag pro erzeugter Menge</b>	<b>€/kg Blattgemüse</b>	<b>1,49</b>
Deckungsbeitrag pro Anbaufläche	€/m <sup>2</sup> /a	97,18

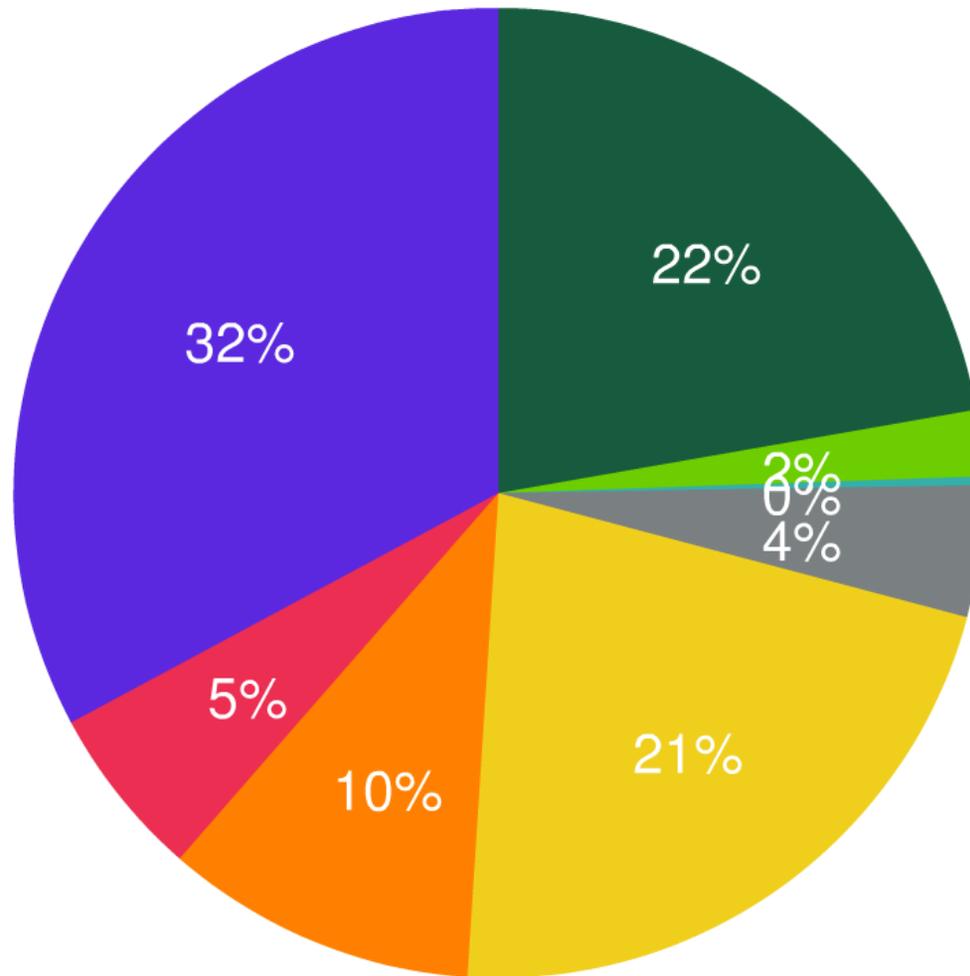
## Zusammenfassung Salat - Produktionssystem

Erzeugte Menge	kg/Jahr	364.222
Marktleistungen Blattgemüse	€/ Jahr	910.556
Variable Kosten Blattgemüse	€/Jahr	369.469
<b>Deckungsbeitrag</b>	<b>€/Jahr</b>	<b>541.087</b>
Deckungsbeitrag pro Kulturfläche	€/m <sup>2</sup> /a	97

## Personalkosten

Arbeitszeitbedarf	Akh/Durchgang	655,50
Pflanzung	Akh/Durchgang	228,00
Vegetationsperiode	Akh/Durchgang	85,50
Ernte	Akh/Durchgang	342,00
Lohnkosten	€/Akh	18,75
<b>Lohnkosten</b>	<b>€/ Jahr</b>	<b>179.443</b>
Arbeitszeit Blattgemüse	Arbeitstage	1.196

## Variable Kosten Hydrokultur

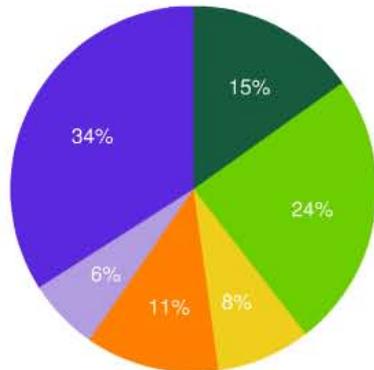


- Pflanzlinge
- Pflanzenschutz
- Dünger
- sonstige
- Strom Beleuchtung
- Strom Produktion
- Heizung
- Arbeit

g d Verarbeitung	Akh/Durchgang	2.190
	min/Fisch	0,5
	min/Fisch	0,2
	Akh/Durchgang	210
	€/Akh	18,75
	€/ Jahr	<b>45.000</b>
	h/Jahr	2.400

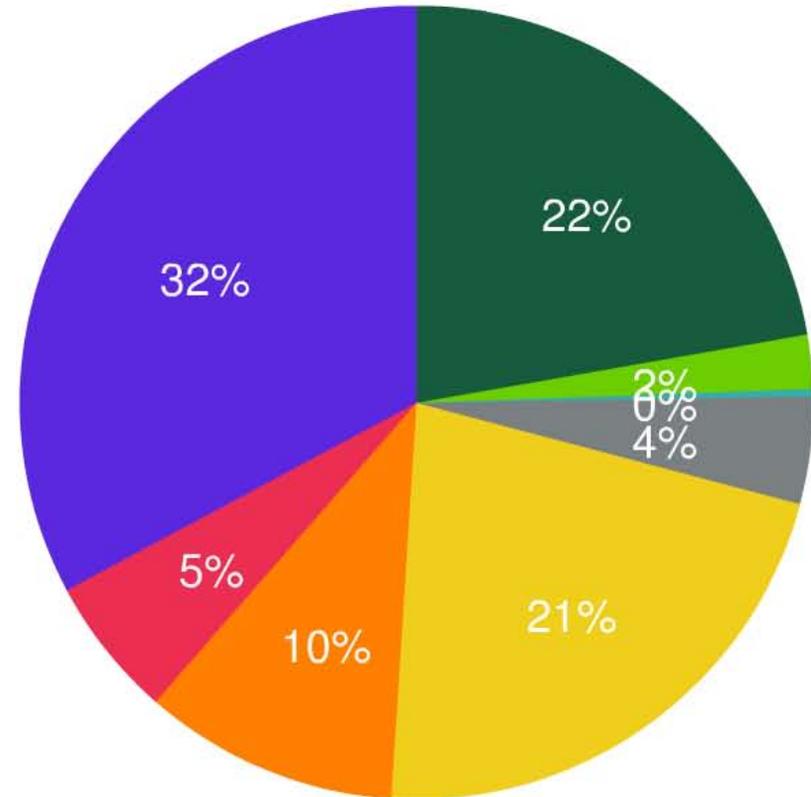
Vegetationsperiode	Akh/Durchgang	85,5
Ernte	Akh/Durchgang	342,0
Lohnkosten	€/Akh	18,7
<b>Lohnkosten</b>	<b>€/ Jahr</b>	<b>179.44</b>
Arbeitszeit Blattgemüse	Arbeitstage	1.19

Variable Kosten Aquakultur



- Besatz ● Futter ● Heizung
- Elektrizität ● Sonstige
- Arbeit

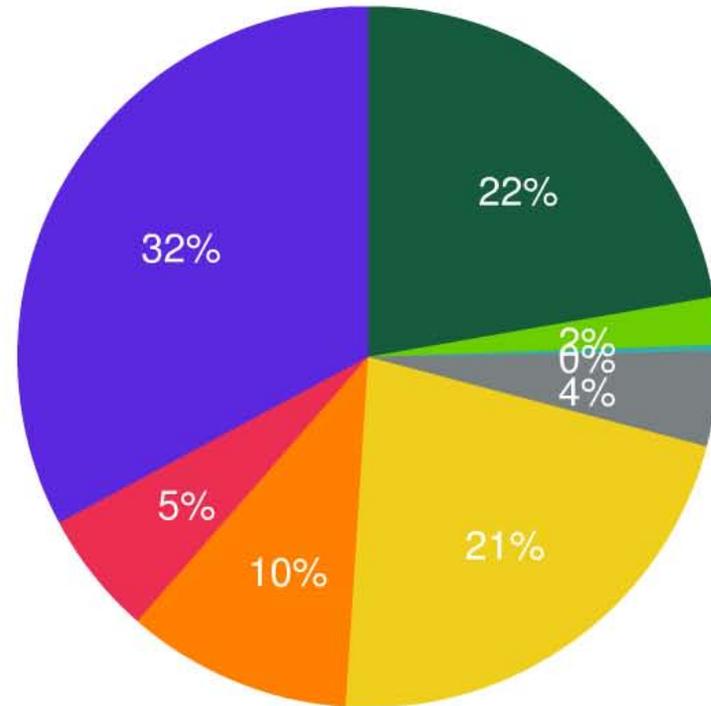
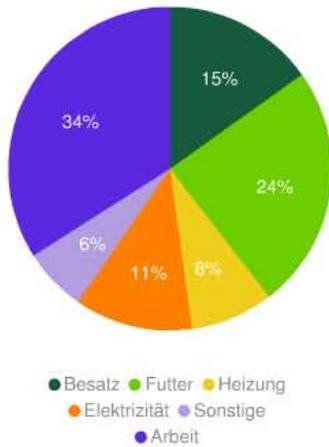
Variable Kosten Hydrokultur



- Pflanzlinge ● Pflanzenschutz ● Dünger ● sonstige
- Strom Beleuchtung ● Strom Produktion ● Heizung
- Arbeit

## Variable Kosten Hydrokultur

### Variable Kosten Aquakultur



- Pflanzlinge
- Pflanzenschutz
- Dünger
- sonstige
- Strom Beleuchtung
- Strom Produktion
- Heizung
- Arbeit

1 Arbeitsplatz

70.000€

5-6 Arbeitsplätze

360.000€

## Modellrechnung Investitionskosten

	Einheit	Mikrosystem	Kleinsystem	Produktionssystem
<b>Gewächshaus</b>				
Beetfläche	m <sup>2</sup>	59	195	5.568
Gewächshausfläche	m <sup>2</sup>	83	274	6.682
Baukosten	€/m <sup>2</sup>	150	150	33
Schattierung	€/m <sup>2</sup>	25	15	12
Beetsystem Deep Water Culture	€/m <sup>2</sup>	90	60	40
Düngedosierung	€/m <sup>2</sup>			2
Beleuchtung	€/m <sup>2</sup>	36	36	36
Klimatisierung	€/m <sup>2</sup>	65	16	2,7
<b>Baukosten Gewächshaus</b>	<b>€</b>	<b>30.393</b>	<b>76.027</b>	<b>837.100</b>
<b>Gebäude Aquakultur</b>				
Fläche Aquakultur	m <sup>2</sup>	40	80	750
Technikhalle Sandwichplattenbauweise	€/m <sup>2</sup>	750	600	350
<b>Baukosten Aquakulturgebäude</b>	<b>€</b>	<b>30.000</b>	<b>48.000</b>	<b>262.500</b>
<b>Aquakultur</b>				
Fischtankvolumen	m <sup>3</sup>	3	10	300
Kosten pro Fischtankvolumen	€/m <sup>3</sup>	17.600	10.000	6.000
Sortieranlage	€			12.000
Betäubungsvorrichtung	€			3.000
<b>Aquakultur komplett</b>	<b>€</b>	<b>52.800</b>	<b>100.000</b>	<b>1.815.000</b>
<b>Heizungssystem</b>				
Benötigte Heizleistung Aquakultur + Hydrokultur	kW	26	56	916
Wärmeerzeugung Erdgas Brennwert	€/kW	160	120	92
Wärmeausbringung Vegetationsheizung im Bestand	€/kW	88	66	57
<b>Kosten Heizsystem</b>	<b>€</b>	<b>6.419</b>	<b>10.496</b>	<b>136.661</b>
<b>Zusatzkomponenten</b>				
Fläche Kühlkammer bzw Sozialraum	m <sup>2</sup>	0	10	50
Kosten Kühlkammer	€/m <sup>2</sup>		835	618
Sozialraum / Büroraum	€/m <sup>2</sup>		418	293
Fläche Aussenanlagen	m <sup>2</sup>	100	100	1.000
Kosten Aussenanlagen	€/m <sup>2</sup>	46	46	46
<b>Kosten Zusatzkomponenten</b>	<b>€</b>	<b>4.639</b>	<b>17.171</b>	<b>91.971</b>
<b>Investitionssumme (aufgerundet)</b>				
Planungs und Projektierungskosten Gebäude	€/m <sup>2</sup>	40	30	10
Planungs und Projektierungskosten Gebäude	€	4.920	10.620	74.320
Genehmigungs- und Vertragskosten		2.500	2.500	4.500
Puffer für Unvorhergesehenes	15%	19.757	39.727	483.309
<b>Summe</b>		<b>151.468</b>	<b>304.570</b>	<b>3.705.371</b>
Investition pro Fläche	€/m <sup>2</sup>	1.231	860	499
Investition pro Deckungsbeitrag	€/€	-43	27	6

## Kennzahlen und Analysen

Leistungskostendifferenz	Einheit	Mikro	Klein	Produktion
Deckungsbeitrag Aquakultur	€/a	<b>-4173</b>	-2.566	114.862
Deckungsbeitrag Salat	€/a	691	13.827	541.087
<b>Summe Deckungsbeiträge</b>		<b>-3.483</b>	<b>11.260</b>	<b>655.948</b>
Arbeitskosten Aquakultur	€/a	3.705	8.198	45.000
Arbeitskosten Salat	€/a	3.148	8.395	179.443
<b>Summe Arbeitskosten</b>	<b>€/a</b>	<b>6.853</b>	<b>16.593</b>	<b>224.443</b>
<b>Flächenkosten / Gemeinkosten (Pacht, Overhead)</b>		<b>n.b.</b>	<b>n.b.</b>	<b>n.b.</b>
AfA Gebäude- und Anlagenkosten 20 Jah	€/a	7.573	15.229	185.269
Zinsansatz 2%	€/a	1.515	3.046	37.054
<b>Leistungs-Kostendifferenz</b>	<b>€/a</b>	<b>-19.424</b>	<b>-23.607</b>	<b>209.183</b>

## Quintessenz

- Wirtschaftlichkeit kleiner Systeme durch Produktion nicht zu erreichen
  - Wirtschaftlichkeit von Dachfarmen fraglich
- Wirtschaftlichkeit kann durch Nutzung von Skaleneffekten erreicht werden
  - Dann aber Vermarktung als nachhaltiges System erschwert
- Steile Lernkurve insbesondere für Quereinsteiger
  - Liquiditätspuffer für lange Startphase erforderlich

## Herausforderungen

- Tendenziell zu niedrige Nährstoffkonzentrationen im Prozesswasser erfordern Aufdüngung bei Starkzehrern
  - Aufgedüngtes Wasser kann nicht ausreichend abgereichert werden
- Saisonal unterschiedlicher Bedarf an Nährstoffen in der Hydrokultur
  - Geringes Anpassungspotential in der Aquakultur. Mastleistung soll hoch sein.
  - Anpassung in der Hydrokultur möglich, aber kostenintensiv durch Heizung und Beleuchtung
- Aufwand für Produktqualität und Pflanzenschutz werden leicht unterschätzt
- Flächenkosten im Stadtbereich werden bei Visionen oftmals vernachlässigt oder marginalisiert

Danke für Ihre Aufmerksamkeit!