

Biologie GK 12.2

**Untersuchungen zur Gärung des
Wasserkefirs**

von Verena Roder

Bergstadt Gymnasium Lüdenscheid

2001/2002

Inhaltsverzeichnis

	Seite
1. Einleitung	3
2. Versuche	5
2.1 CO ₂ -Produktion	5
2.2 Wachstum u. Vermehrung	7
2.3 pH-Wert	7
3. Untersuchungsergebnisse	7
3.1 CO ₂ -Produktion	7
3.2 Wachstum u. Vermehrung	9
3.3 pH-Wert	10
4. Diskussion der Ergebnisse	10
5. Kritische Reflexion	11
6. Literaturverzeichnis	12
7. Erklärung	13
8. Anhang	I-III

1. Einleitung

Was ist Wasserkefir?

Wasserkefir findet man auch unter anderen Bezeichnungen, wie z.B. „Japankristalle“ oder „Meeresalgen“. Dies ist irreführend, da es sich bei den weißen Wasserkefirkörnern nicht um Algen, sondern um eine Symbiose aus „Bakterien und Hefezellen“¹ handelt.

Menschen, die das abgegossene Wasser trinken, erhoffen sich eine gesundheitliche Verbesserung. Dem Wasserkefir werden heilende Wirkungen gegen „Asthma, [...] Blutarmut, [...] Sklerosen, Nervenerkrankungen, [...] Krebs [...] und Ekzeme“² zugeschrieben, wobei es hierzu keinerlei medizinisch gesicherte Erkenntnisse gibt.

Man weiß jedoch über die Hefe, dass sie als Vitaminquelle für den Menschen dient. Sie enthält außerdem das von dem Menschen benötigte Vitamin B₁, das Thiamin, das eine Vorstufe für ein Coenzym der Pyruvat-Decarboxylase bildet.³

Auf dieses Thema bin ich durch meine Mutter gestoßen, die den Wasserkefir mit einem Rezept für „Meeresalgen“ oder „Japanische Kristalle“ erhalten hat. Dies weckte mein Interesse, da die sogenannten „Meeresalgen“ weder grün waren, noch Salz als Nahrung benötigen. Deshalb entschied ich mich, dies genauer zu untersuchen und zu recherchieren.

Wasserkefir aus biologischer Sichtweise

In der o.g. Symbiose befinden sich Milchsäurebakterien wie *Lactobacillus brevis* und *Streptococcus lactis*, sowie die Bierhefe, *Saccharomyces cerevisiae*. Es können aber auch andere Arten vorkommen, da der Wasserkefir eine Mischkultur ist. In dieser Symbiose liefert die Hefe u.a. Vitamine, die für die Bakterien nötig sind. Im Gegenzug sorgen die Bakterien für eine saure Umgebung, die „von den Hefen bevorzugt wird“¹. Dies geschieht durch die Milchsäuregärung. Der Hefepilz schlägt stattdessen als

¹ FRANK 1996/1997

² HÖRBURGER 2002

³ vgl. BORN et al. 2000, S. 74ff

alternativen Stoffwechselweg, nach der Glykolyse die Alkoholgärung ein ¹. Zweifachzucker, die Disaccharide, müssen jedoch zunächst enzymatisch gespalten werden, um dann als Einfachzucker abgebaut zu werden. Dabei wird NAD⁺ zurückgewonnen und Energie in Form von Adenosintriphosphat (ATP) erzeugt. Bei der Alkoholgärung entsteht außerdem auch noch nach der Glykolyse Kohlendioxid.

Die genannten Bakterien sind außerdem „obligate Gärer“. Sie sind „anaerob oder fakultativ anaerob“. „Lactobazillen können [...] auch in Gegenwart von Luftsauerstoff wachsen“¹.

Die Züchtung der Kultur

Wasserkefir ist in einem sauberen Haushalt leicht zu züchten, und es besteht keine Gefahr, dass „die Wasserkefirkörner [...] durch schädliche Mikroorganismen kontaminiert (verunreinigt) werden“. „Die stabile Symbiose [...] dieser Mikroorganismen unterdrückt alle anderen eventuell eindringenden fremden Mikroorganismen“².

Ungefähr drei Eßlöffel der Kefirkultur werden mit der Nährlösung, die aus einem Liter Leitungswasser mit fünf Rosinen und zwei Eßlöffeln Zucker besteht, in einem verschlossenen Schraubglas gehalten. Alle 24 Stunden wird die Nährlösung erneuert: Die abgeschüttete Nährlösung wird zum Verzehr in Gefäße gefüllt und ggf. im Kühlschrank gelagert, das Wasser und der Zucker werden gewechselt, wobei das Glas vorher ausgespült wird.

Die Rosinen werden einmal in der Woche erneuert und die Kefirkörner in Wasser geschwenkt. Statt der Rosinen kann jegliches Obst verwendet werden. Es dient als Stickstoffquelle für den Wasserkefir².

In meinen Versuchen werde ich darauf eingehen, wie sich die Produktivität des Wasserkefirs beeinflussen lässt. Hierzu habe ich die Vergärung verschiedener Zucker untersucht.

¹ vgl. STRASBURGER [Begr.]/ SITTE [Bearb.] 1991, S. 566 und 541f

² vgl. FRANK 1996/1997 bzw. Sekundärliteratur: MOINAS et al., 1980

2. Versuche

In den im folgenden beschriebenen Versuchen, werde ich die Vermehrung und das Wachstum des Wasserkefirs bei Zugabe von Mono- und Disacchariden im Langzeitversuch, sowie die CO₂-Produktion und den pH-Wert betrachten. Die CO₂-Produktion soll dabei einen Rückschluss auf die Produktivität des Wasserkefirs ermöglichen.

Als Monosaccharide wurden Fructose und Glucose, als Disaccharide Lactose, Maltose und Saccharose verwendet.

Die Stärke wurde im Verlauf der Versuchsreihe als Repräsentant eines Polysaccharids mit einbezogen.

2.1 CO₂-Produktion

Versuchsaufbau (a) :

Es werden drei Gärröhrchen nach EINHORN mit 20 ml Wasser, einem Kefirkorn, einer Rosine und 1/8 TL eines Zuckers gefüllt (Abb.1). Es wurde zunächst alle fünf Minuten abgelesen, später wurden die Intervalle auf Stunden erhöht.



Abb. 1 Gärröhrchen nach EINHORN
mit Fructose, Maltose und Lactose

Um genauere Ergebnisse zu erhalten, habe ich eine luftdichte Versuchsanordnung aufgebaut (Abb. 2).

[→ siehe dazu auch: Auswertung des Gärröhrchen-Versuchs]

Versuchsaufbau (b):

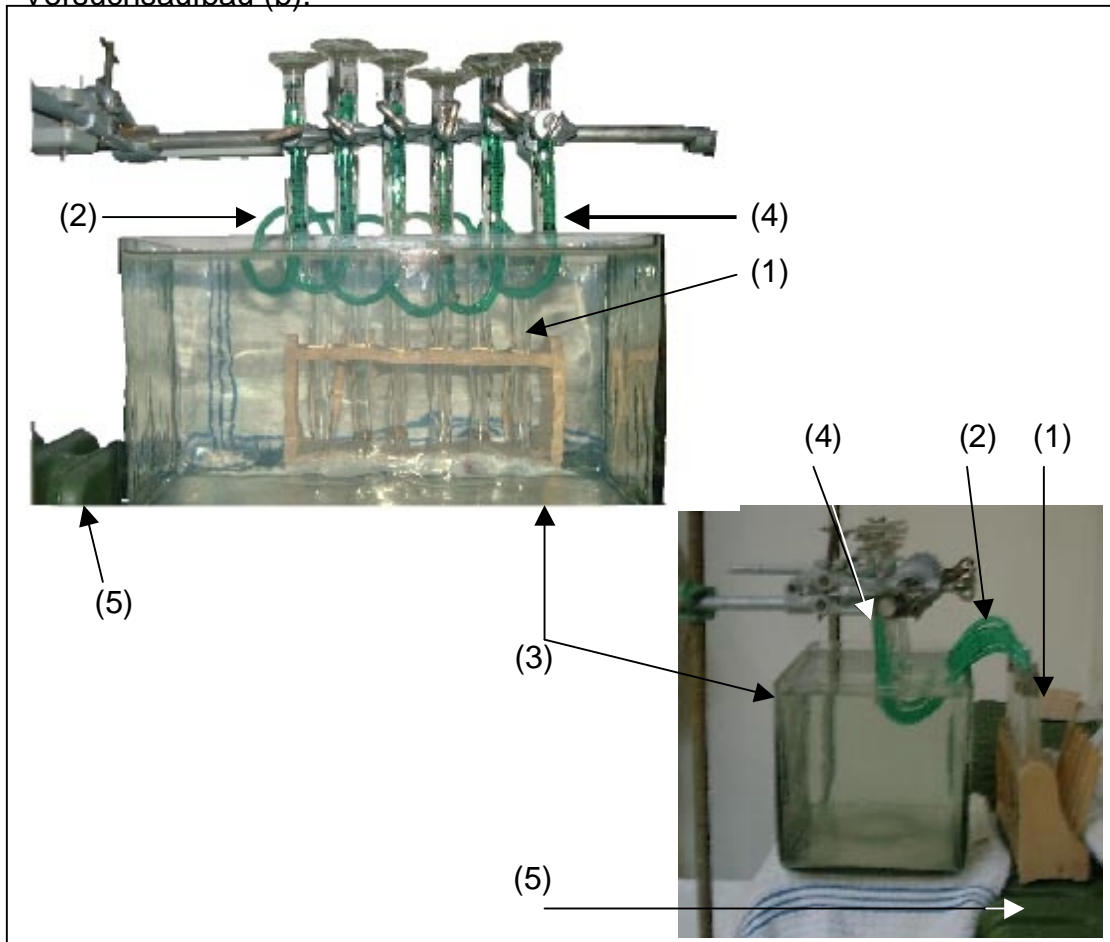


Abb. 2 Front- (oben) und Seitenansicht (rechts) der Apparatur

Dazu wurden sechs Reagenzgläser (1) mit der jeweiligen Nährlösung und Wasserkefirkörnern gefüllt. Daraus führt jeweils ein Schlauch (2), durch ein Aquarium (3), in einen umgedrehten Messzylinder (4). Diese werden durch Stativklammern gehalten. Alles wurde hierbei mit Wasser gefüllt, so dass sich keine Luft in der Apparatur befinden konnte, die das Ergebnis verfälscht hätte.

Da die Gärung enzymatisch abläuft und Enzyme temperaturabhängig sind, wurden die Reagenzgläser auf eine Heizung (5) gestellt, um die Reaktionsgeschwindigkeit zu erhöhen.

2.2 Wachstum und Vermehrung

Der Wasserkefir wurde, wie oben beschrieben, in fünf verschiedenen Schraubgläsern (Abb. 3) gezüchtet und dabei jeden Tag per Hand ausgezählt.



Abb. 3 Langzeitversuch

2.3 pH-Wert

Um eine Säurebildung zu zeigen, wurde die Messung des pH-Wertes nach 24-stündiger Gärung durchgeführt. Sie wurde mit einem nicht blutenden pH-Indikatorstäbchen für den pH-Bereich 4 bis 7, zunächst grob und anschließend mit einem weiteren Indikatorpapier genauer bestimmt.

3. Untersuchungsergebnisse

3.1 CO₂-Produktion

(a) Gärröhrchen

In allen Gärröhrchen waren Kohlendioxid-Bläschen zu erkennen, wobei sie nicht nur in den geschlossenen Schenkel, sondern auch zur Einfüllöffnung hin, aufstiegen.

Entgegen meiner Erwartungen ließen sich keine Werte im fünf-Minuten-Takt ablesen. Erst nach 22 Stunden war eine ungefähr ablesbare Menge an Kohlendioxid entstanden.

Fructose:	1/ 16 ml
Maltose:	0,2 ml
Lactose:	0,125 ml

Da ich für die Vergärung eines Monosaccharids, wie die Fructose, einen höheren Wert im Vergleich zu den Disacchariden erwartet hatte, suchte ich nach einer möglichen Fehlerquelle und entdeckte ungleiche Versuchsbedingungen: Bei der Fructose hatte sich das Kefirkorn nicht, wie bei den anderen beiden, in den unteren Knick des Röhrchens geschoben. Dadurch war mehr Kohlendioxid durch die Einfüllöffnung entwichen als bei den anderen beiden. Aufgrund dessen wiederholte ich den Versuch und erhielt nach 72 Stunden folgende Ergebnisse:

Fructose: 1 ml
Maltose: 0,4 ml
Lactose: 0,8 ml

- Beim Abbau eines Monosaccharids entsteht mehr Kohlendioxid als beim Abbau eines Disaccharids.

Später betrachtete ich zusätzlich die Kohlendioxidproduktion bei der Umsetzung von Galaktose im Gärröhrchen nach EINHORN, da dies durch die Ergebnisse des folgenden Versuchs nötig wurde. [siehe auch Diskussion]

(b) Eigene Versuchsapparatur:

Der Versuch lief insgesamt drei Wochen. Beim Ablesen der Werte gab es jedoch das Problem, dass noch nicht alles Kohlendioxid in die Messvorrichtung gestiegen war, sondern es sich auch teilweise noch an der höchsten Stelle des Schlauchs befand.

Durch Längenmessung der CO₂-Blasen und Bestimmung des Wassergehalts in Milliliter pro Zentimeter konnte ich die daraus resultierende Messungenauigkeit korrigieren und erhielt folgende Werte:

Fructose [ml]	Lactose [ml]	Maltose [ml]	Glucose [ml]	Saccharose [ml]	Stärke [ml]
2,92	1,54	0,75	2,3	1,65	0,34

Das Glucosereagenzglas war nach vier Tagen leer (10 ml). Dies lässt sich nur auf ein Einwirken Dritter zurückführen. Deshalb erneuerte ich dieses

Reagenzglas am sechsten Tag. Nach 14 Tagen ließ sich hierbei der o.g. Wert ablesen.

Nach dem vierten Tag erreichten die Versuchsansätze mit Lactose, Maltose und Saccharose ihren Sättigungswert. Der mit Fructose stellte die Kohlendioxidproduktion nach etwa elf Tagen ein.

3.2 Wachstum und Vermehrung

Die Ergebnisse der täglichen Auszählungen, und eine graphische Darstellung, befinden sich im Anhang (I und II). Dort ist die Anzahl der Kefirkörner-„Klumpen“ festgehalten, die jedoch wenig aussagekräftig ist, wenn man bedenkt, dass diese sehr unterschiedliche Größen haben. Bei Zugabe von Saccharose entstehen zwar 30 kleine Einheiten des Wasserkefirs, aber die entstandene Biomasse bei Fructose (Fr), Glucose (Gl) und Maltose (Ma) ist, wie man in Abb. 4.1 und 4.2 sieht, ähnlich. Und die Masse an Wasserkefir, die bei Zugabe von Lactose entstanden ist, steht dem auch nur bedingt nach. Auffällig ist, dass sich durch Stärke in der Nährlösung keine neuen „Klumpen“ gebildet und die vorhandenen sich auch nicht vermehrt haben.

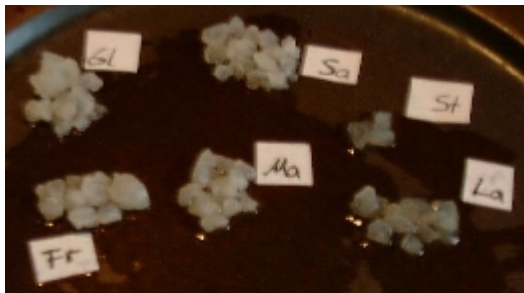


Abb. 4.1

Entstandener Kefir (von oben)



Abb. 4.2

Seitenansicht

Ein andere optische Vergleichsmöglichkeit der entstandenen Kefirkörner-„Klumpen“, also der Größe und Anzahl, ist durch Fotografien im Anhang auf Seite III gegeben.

3.3 pH-Wert

Bei der groben Bestimmung lagen die Nährlösungen aller Zucker bei einem pH-Wert von circa 5. Der des frischen Wassers lag bei 6 bis 7.

Anschließend wurde mit Hilfe eines Indikatorpapiers, das pH 3,8 bis 5,8 anzeigt, der genaue Wert ermittelt:

	Fructose	Lactose	Maltose	Glucose	Saccharose	Stärke
pH	4,7	4,8	5,2	4,7	4,5	6,5

4. Diskussion der Ergebnisse

Wie sich durch die CO₂-Messungen gezeigt hat, kann die Produktivität des Wasserkefirs durch Zugabe unterschiedlicher Zucker beeinflusst werden:

Am besten vergärt werden die Monosaccharide Fructose und Glucose, da bei ihrem Abbau am meisten Kohlendioxid entstanden ist.

An dritter Stelle steht die Saccharose, die aus β -Fructose und α -Glucose besteht.

Maltose, die zunächst in zwei Moleküle α -Glucose gespalten werden muss, wird weniger vergoren als die Lactose, die aus β -Glucose und β -Galactose besteht. Dabei stellte sich bei mir die Frage, ob nun das Spaltungsprodukt Glucose oder Galactose für die höhere Produktion verantwortlich ist. Deshalb führte ich wie oben erwähnt den Gärröhrchen-Versuch zusätzlich mit Galactose durch. Dabei wurde innerhalb von 72 Stunden eine kaum messbare Menge Kohlendioxid produziert.

Dies zeigt, dass nach Spaltung der Lactose, die β -Glucose und nicht die Galactose eine höhere CO₂-Produktion hervorruft.

Maltose besteht jedoch aus α -Glucose. Dies legt den Schluss nahe, dass β -Glucose besser vergoren wird als α -Glucose. Leider konnte ich dieses Indiz nicht weiter verfolgen.

Die Untersuchungsergebnisse zeigen, dass sich im Wasserkefir die Enzyme Saccharase und Maltase befinden müssen, da Saccharose und Maltose umgesetzt wurden.

Bei einem Versuch eines Lehrbuches Biologie¹ zeigt sich- da bei Zugabe von Lactose kein CO₂ entsteht- dass die Bierhefe keine Lactase enthält. Der Wasserkefir kann jedoch die Lactose spalten und umsetzen, so dass in einer der anderen, in dieser Mischkultur vorkom-menden, Hefen das Enzym Lactase vorhanden sein muss.

Die gemessenen pH-Werte unterstützen die obrigen Ergebnisse, da die Nährlösungen mit besser umzusetzenden Zuckern alle einen Wert um 4,7 aufweisen und nur bei dem mit Maltose, bei welchem auch nicht so viel CO₂ entstanden war, einen pH von 5,2 aufweist. Ebenfalls bestätigt wurde, dass die Stärke nicht gespalten werden kann, denn ihr pH-Wert liegt bei dem des frischen Wassers. Dass dennoch CO₂ gemessen wurde, lässt sich durch die Fructose in der Rosine erklären.

Die Ergebnisse der Auszählungen sagen hingegen nicht viel über die Produktivität aus. Anzumerken ist hierbei, dass auch durch Maltose eine starke Vermehrung des Wasserkefirs stattgefunden hat, was nicht mit den vorhergehenden Ergebnissen übereinstimmt. Mit den mir zur Verfügung stehenden Mitteln war keine Gewichtsbestimmung möglich. Diese hätte Gewissheit darüber gegeben, ob Maltose oder Lactose produktiver ist. Da jedoch die restlichen Messungen auf die Lactose schließen lassen, gehe ich davon aus, dass diese bei einer Wägung schwerer gewesen wäre.

5. Kritische Reflexion

Das Thema Wasserkefir bietet ein breites Spektrum für Untersuchungen im praktischen und theoretischen Teil. Außerdem finden sich hierzu wenige Quellen, so dass es mir möglich war, ein Thema zu bearbeiten, welches nicht schon von anderen vor mir gewählt wurde.

Hier komme ich zu meiner Selbstkritik, weil der Zeitverlust teilweise auch selbstverschuldet war, da ich zunächst meine Konzentration auf die Auszählung, also auf den Langzeitversuch, gerichtet hatte. Dieser Versuch

¹ Jaenicke (1992), S. 185

theoretischen Aspekt, also die Recherche zu den Bakterien und Hefezellen. Auf diese wäre ich gerne noch näher eingegangen, genauso wie auf den Unterschied zwischen α - und β - Glucose. Dies ließ sich jedoch aus Gründen des o.g. Zeitdrucks, der Eingrenzung des Themas und Begrenzung der Länge der Facharbeit auf acht bis zwölf Seiten nicht bewerkstelligen.

6. Literaturverzeichnis

1. BORN, ANNE ET AL. (2000): Biologie Oberstufe – Zelle und Energiestoffwechsel. 1. Aufl., Cornelsen Verlag, Berlin, S. 74ff
2. FRANK, GÜNTHER W. (1996/1997): Wasserkefir – Geschwister des Teepilzes Kombucha, <http://www.kombu.de/wasskef.htm>, 14.01.2002
3. JAENICKE, JOACHIM (1992): Materialien Handbuch Kursunterricht Biologie - Stoffwechselbiologie . Bd. 2, Aulis Verlag Deubner & Co KG, Köln, S. 185
4. JANSEN, ANDREAS (1999-2001): Wasserkefir; Kefir-Pilz, <http://www.biomedicus.org/nahrung/kefir2.htm>, 18.02.02
5. MOINAS, MARELIESE/ HORISBERGER, MARC/ BAUER, HEINZ (1980): The Structural Organization of the Tibi Grain as Revealed by Light, Scanning and Transmission Microscopy. Archives of Microbiology 128, Springer Verlag, S. 157-161
6. STRASBURGER, E. ET AL. [Begründet] / SITTE, PETER ET AL. [neubearbeitet] (1991): Lehrbuch der Botanik. 33. Aufl., Gustav Fischer Verlag, Stuttgart Jena New York, S. 541ff und S.566

7. Erklärung

Ich versichere, dass ich die Facharbeit einschließlich evtl. beigefügter Tabellen, und Graphiken etc. selbstständig angefertigt und keine anderen als die angegebenen Hilfsmittel benutzt habe. Alle Stellen, die dem Wortlaut oder dem Sinne nach anderen Werken entnommen sind, habe ich in jedem einzelnen Fall unter genauer Angabe der Quelle deutlich als Entlehnung kenntlich gemacht.

Schalksmühle, Verena Roder, 22.02.2002

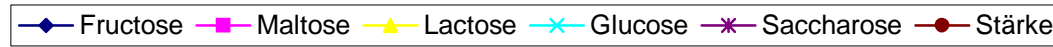
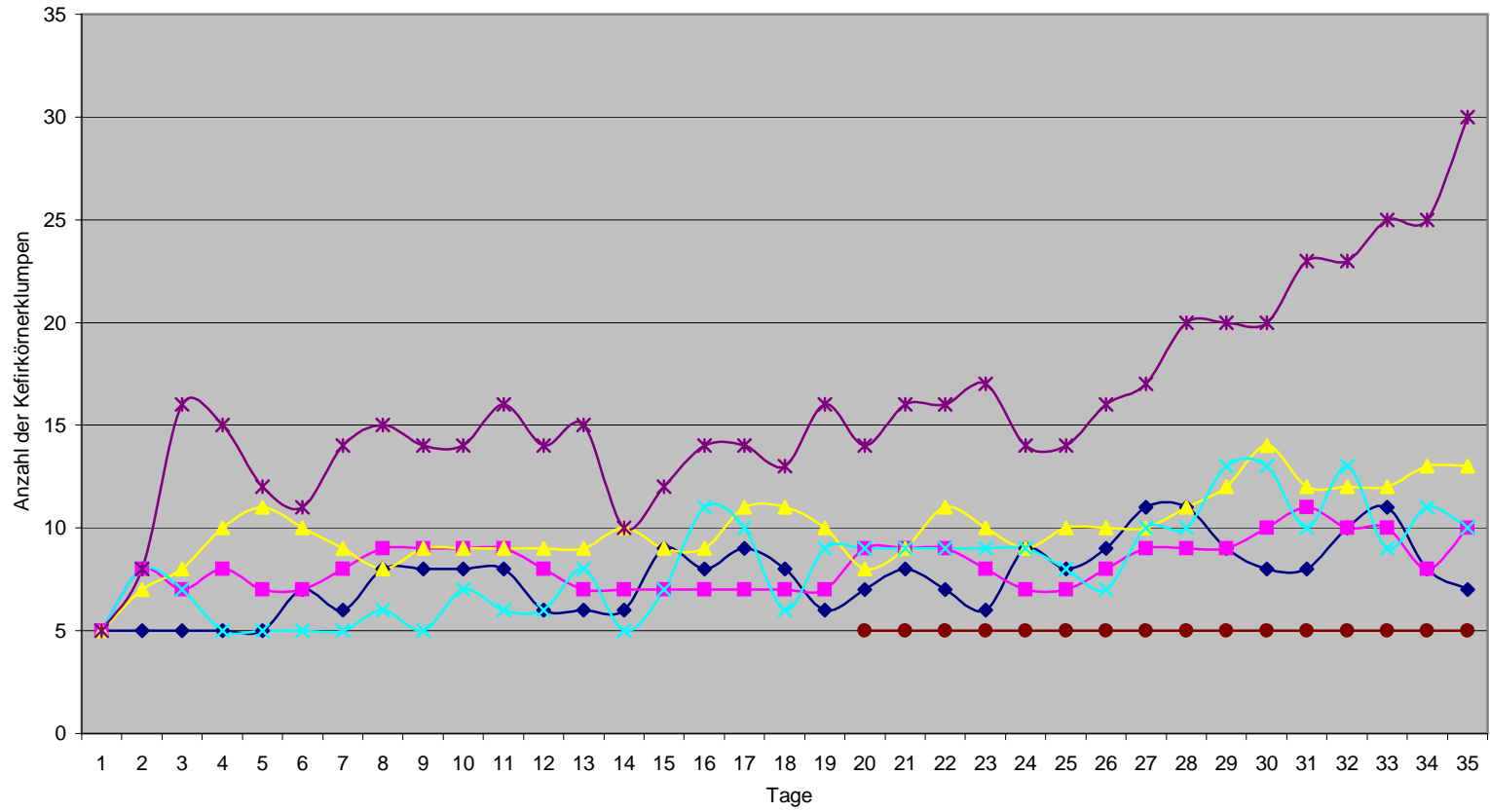
Die Facharbeit umfasst von der „Einleitung“ bis zum Ende der „Kritischen Reflexion“ 1.845 Wörter.

Auszählungstabelle des Langzeitversuchs:
(1. – 35. Tag)

Fructose:	Lactose:	Maltose:	Glucose:	Saccharose:	Stärke:
5	5	5	5	5	
5	6+2	5+2	6+2	5+3	
5	7	5+3	5+2	8+8	
5	7+1	8+2	5	12+3	
5	7	8+3	5	12	
5+2	7	8+2	5	11	
6	8	8+1	5	14	
6+2	8+1	8	5+1	14+1	
6+2	8+1	8+1	5	14	
6+2	9	8+1	6+1	14	
6+2	9	8+1	6	14+2	
6	7+1	9	4+2	14	
6	7	9	4+4	15	
6	7	9+1	5	9+1	
7+2	7	9	4+3	12	
7+1	7	8+1	4+7	14	
7+2	7	11	4+6	14	
7+1	7	11	6	13	
5+1	7	8+2	7+2	16	
5+2	8+1	8	8+1	14	5
6+1	8+1	9	8+1	14+2	5
6+1	9	9+2	9	14+2	5
6	8	10	9	15+2	5
7+2	7	9	9	14	5
6+2	7	9+1	8	14	5
6+3	8	10	7	16	5
8+3	8+1	10	7+3	15+2	5
8+3	8+1	11	9+1	20	5
8+1	9	12	10+3	20	5
8	9+1	14	13	20	5
8	9+2	12	10	23	5
10	10	12	11+2	23	5
10+1	10	12	9	25	5
8	8	10+3	10+1	25	5
7	10	13	10	30	5

Die addierten Zahlen (z.B. bei 6+2 die 2) beziehen sich auf sehr kleine Kefirkörner und sollten evtl. zeigen, dass Kleine zu Großen heranwachsen.

Vermehrung des Wasserkefirs



III Wachstum & Vermehrung des Wasserkefirs

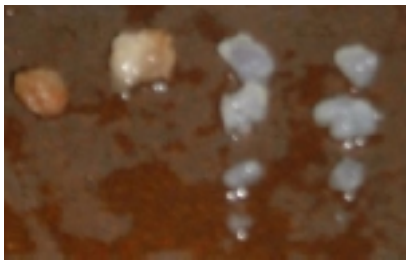
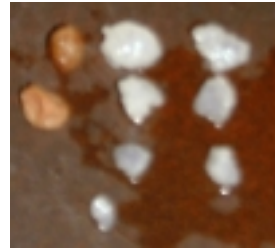
Vergleich der Anzahl und Größe

am 19. Tag

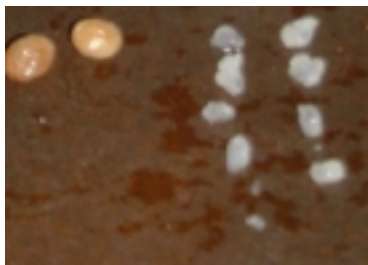
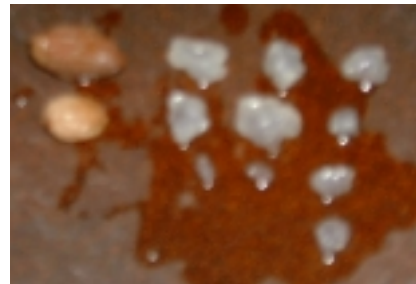
nach weiteren 17 Tagen



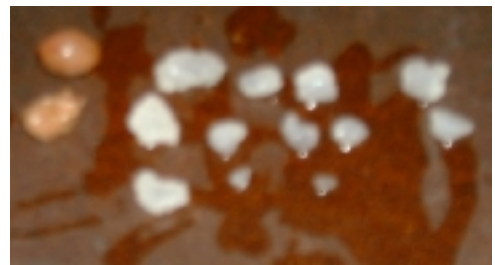
Fructose



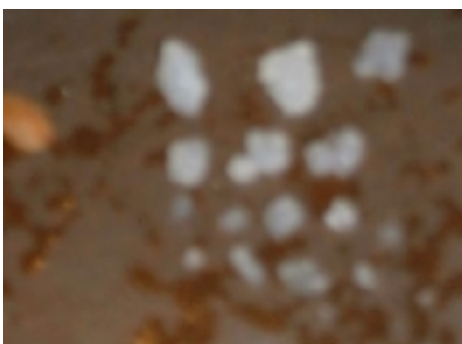
Lactose



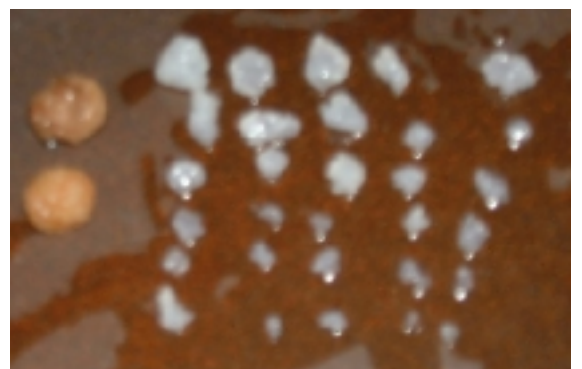
Maltose



Glucose



Saccharose



Stärke

