



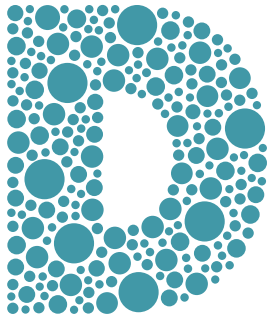
University of
Zurich ^{UZH}

ETH zürich



University
of Basel

Zurich-Basel Plant Science Center



PSC
DISCOVERY
WORKSHOPS

Final Report

AGORA / PSC Discovery Program for Youth, CRAGP3_158542, 01.04.2015 to 31.01.2018

Authors of this report: Dr. Manuela Dahinden (Project Lead), Dr. Juanita Schläpfer and Dr. Carole Rapo (Project Coordinators), Zurich-Basel Plant Science Center

With contributions of: Dr. Ralph Schumacher and Patrick Faller (Collaborators of the ETH MINT Lernzentrum)

Management Team: Dr. Manuela Dahinden, Dr. Melanie Paschke, Prof. Samuel C. Zeeman

Table of Contents

1.	Executive summary	3
2.	Overview of outputs	4
3.	Achievements	6
3.1	Achievements in inquiry based learning (IBL) and workshop development	6
3.2	Publications	7
4.	Delays and deviations	8
5.	Schedule and milestones	9
6.	Sustainability of the program after Jan 2018	9
7.	Achievements of members of the project team	10
8.	Impact analysis and evaluation	11
8.1	Evaluation PSC Discovery Workshops	11
8.2	Evaluation of World Cafés	14
8.3	Tinkering Evaluation	16
8.4	Impact analysis	16
8.5	Lessons learnt	17
9.	Detailed description of activities	17
10.	Promotional measures	20
11.	Appendix I: Announcements of PSC Discovery Workshops	23
12.	Appendix II – Details about <i>Climate Garden 2085</i>	29

1. Executive summary

The **PSC Discovery Program for Youth** aimed to **engage young people in secondary and high school classes (age 12-18) in a dialogue about current innovative plant science researches and their relevance to our society and daily lives**. Together 20+ plant scientists at the forefront of research in plant breeding, microbiology, ecology, evolution, genomics and metabolomics, contributed to the development of 7 different **classroom workshops**.

The workshops were developed in collaboration with specialists in biology didactics at the EducETH MINT Learning Center at ETH Zurich. For each workshop, a so called **“Forschungsheft” (for pupils) and didactical materials “Lerneinheiten”** (for the teacher) were designed. The “Lerneinheiten” contain background knowledge, experiments and assessments, allowing the teacher to introduce the topic into their biology curriculum. World café discussions at the end of each workshop were dedicated to address the contribution of plant sciences to global challenges such as climate change, food security, better resource-use, conservation of biodiversity and ecosystem management. Learning gains were measured with pre-and after-tests. The workshops have been well received by the teachers and will continue to be offered by the Zurich-Basel Plant Science Center, as well as by the Life Science Learning Center.

From 2015 - 2018 the PSC carried out 40 school class workshops with 733 participants. Additionally, the PSC also contributed with hands-on workshop activities (adapting the workshop contents) to the **International Fascination of Plant Day (2016)**, the **Scientifica (2015, 2017)**, **Bugnplay.ch (2015, 2016, 2017)**, **Treffpunkt Science City (2015, 2017)** and **Pro Juventute Ferienplausch (2017)** with **1600+ participants**.

One highlight of the program was the art-science exhibition – *Climate Garden 2085* – **a public experiment engaging public in the dialog about climate change**. Offered at the old Botanical Garden in Zurich in 2016, the exhibition attracted 10.000 visitors, in particular school classes. The *Climate Garden 2085* exhibition is on tour. 2017: in the Botanical Garden in Bern and Swissnex San Francisco, CA (2000+ visitors). 2018: Rio de Janeiro in the Museum of Tomorrow.

2. Overview of outputs

Table 1: Overview of outputs

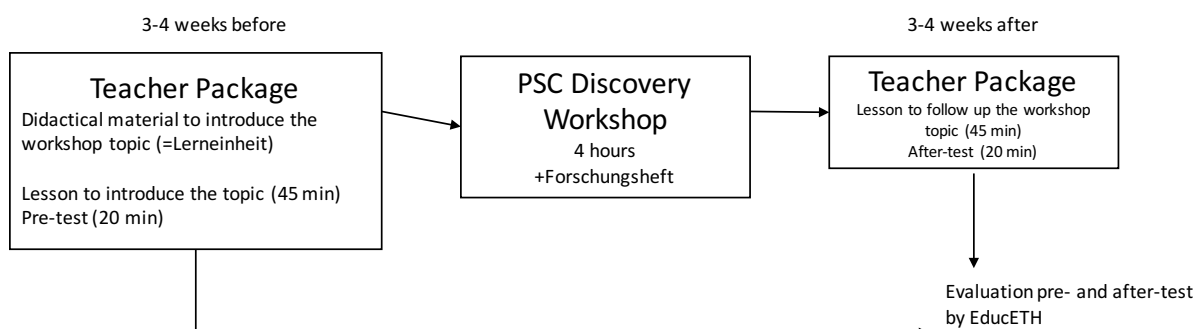
Activity	Description of Activity	Outputs	When
Kick-off event	Introduction of all scientific workshop leaders to the concept of Inquiry-based learning (IBL)	15 participants	1 st of April 2015
School class workshops	Hands-on experiments, lab tours to high-end and innovative technologies, IBL guidelines, world café discussion with scientists and other professionals, take homes	7 different workshops performed with 40 school class, total 733 participants	1 in 2015, 31 in 2016, 8 in 2017, 1 in 2018
Forschungshefte	Brochure complementary to each workshop including protocols and IBL based exercises	7 Forschungshefte http://www.plantsciences.uzh.ch/de/outreach/discovery.html ETH Bibliothek: Research collection	Open Access from Summer 2018
Lerneinheiten	Didactical materials for pre- and after- lessons at school, pre- and after-test to assess the learning gains	7 Lerneinheiten http://www.plantsciences.uzh.ch/de/outreach/discovery.html ETH Bibliothek: Research collection	Open Access from Summer 2018
Book: Inquiry-based learning in innovative Plant Sciences	Reflection on the potential of innovation in plant sciences, implementation of IBSE guidelines in out of school activities, gained experiences and 7 Forschungshefte and 7 Lerneinheiten	Download as PDF at http://www.plantsciences.uzh.ch/de/outreach/discovery.html ETH Bibliothek: Research collection	In preparation
Scientifica	Multiple experiments and exhibition tent: Vom Licht zur Nahrung	1000+ participants	2015
	Kraftwerk Pflanze: Biomasse gibt Vollgas, Workshop für Jugendliche	400 participants	2017
Fascination of Plant Day	2 Discovery Workshop: Symbiose	42 participants	2016 in Basel
Treffpunkt Science City	2 one-day workshop: Starch Metabolism and Bioenergy	120 / 18 participants	Nov 2015 / 2017
Pro Juventute Ferienplausch	Three-days workshop for 8-12 years old girls/ one-day visit at the botanical garden + visit of the succulent garden / one visit of a greenhouse at the ETH + lab visits + plant / one-day trip in the city in the search of invasive plants + plant drawing	11 participants	Aug 2017 <i>financially partly supported by the SNSF</i>

Tinkering Workshops	2 one-day workshop for teens and preteens at the interface between plant sciences and technology in conjunction with Migros bugnplay.ch	18 / 10 participants	Jun 2015/ 2016
Climate Garden 2085 Exhibition	Art and science exhibition addressing climate change, for details see Appendix 2	23 school workshops with 450 children, 10.000 total participants	April to Sep 2016
Climate Garden 2085: Handbook for a public experiment	This book serves as a manual for the implementation of the <i>Climate Garden 2085</i> public experiment on a local or regional level anywhere in the world. Texts by human geographers, art historians, and ecologists are complemented by a detailed, step-by-step guide to creating a climate garden.	English and German edition, 2000 copies each, 400 for free distribution	Published in July 2017 <i>financially partly supported by the SNSF</i>
Social media	Blog and facebook site, informing about upcoming events and topic related discussions	www.klimagarten.ch https://www.facebook.com/klimagarten/ https://www.facebook.com/plantsciencecenter/	Online from 2016
Webpage	Webpage with downloads for Forschungshefte and Lerneinheiten	http://www.plantsciences.uzh.ch/de/outreach/discovery.html	Online from 2015
Infosheets Was erforschen Pflanzenwissenschaftlerinnen?	Presentation of 17 research projects, highlighting the diverse contributions of plant scientists to the adaptation to climate change	One infosheet (Open Access, PDF) download at www.klimagarten.ch http://www.plantsciences.uzh.ch/de/outreach/discovery.html	Autumn 2017
Brochure Big Data in medicine and plant sciences	Reflection on current big data research in the field of medicine and plant sciences, discussing ethical considerations of big data governance (written for youth)	One brochure (Open Access, PDF) download at http://www.plantsciences.uzh.ch/de/outreach/discovery.html	Autumn 2018
PSC Newsletter	The results and experiences of the project were shared with the members of the PSC network	3 articles, 700 subscribers	Fall 2015, Fall 2016, Spring 2017
Presentation at ScienceComm	The concept of inquiry-based learning workshops for school classes was discussed with other science educators	One poster presentation, 250 participants One oral presentation, 50 participants	Sep 2015, Sep 2017

3. Achievements

We created 7 PSC Discovery Workshops, 7 “Lerneinheiten” for teachers, 7 researcher book (Forschungsheft) for pupils and pre-and post-learning tests. The **workshops** include 1) **hands-on experiments (ca. 2 hours)** in the facilities of learning centers or our researcher’s labs, 2) **lab tour (ca. 30 min)** to high-end and innovative technologies at the University of Zurich, ETH Zurich, and University of Basel, followed by 3) **world café (1 to 2 hours)** discussions reflecting on societal relevance of the presented research and daily life experiences.

Figure 1: Didactical material and work flow of PSC Discovery Workshops



3.1 Achievements in inquiry based learning (IBL) and workshop development

Based on criteria for IBL as outlined by researchers from Stanford (*Barron et al., 2008*) we were able to fulfil the following criteria:

Cooperative Learning: Small teams use a variety of learning activities to improve their understanding of a subject.

The experiments were undertaken by students in small groups and results compared with each other. Learning activities in each workshop were a combination of input from scientists, questions in the Forschungsheft, hands-on experiments and a world café enabling reflection and discussion.

Inquiry-Based Teaching: A student-centered, active learning approach focusing on questioning, critical thinking, and problem solving.

This was central to our workshop design process, and the content of the Forschungsheft. The questions were structured to engender critical thinking and encourage students to pose their own analytical questions. For example in the *PSC Discovery workshop: Klimawandel* one girl argued that if the CO_2 efflux from the soil is smaller under drought (which is what we found), the CO_2 concentration in the atmosphere would be negatively affected (less CO_2 returned to the atmosphere compared to control conditions). This is true and well recognized. She also realized however that the CO_2 uptake was reduced due to drought. Thus, it is always a question of balance between uptake and release. Moreover, the reduction of soil CO_2 efflux due to drought is also short-term and recovery processes are still studied. Sometimes there are CO_2 flushes out of the soil after a drought period.

Problem-Based Learning: Students learn through the process of solving a problem. The approach is also inquiry-based when students are active in creating the problem.

The problem the students were engaged in were experiments relating to real-world problems, using the tools and instruments that researchers use. They were confronted with similar limitations and experimental constraints as the researchers. For example in the *PSC Discovery workshop: 3-D Mikroskopie* students had to prepare samples which were precise enough to be imaged by the confocal

microscope. Another example was in the *PSC Discovery workshop: Symbiosis* where students took seeds and mycorrhiza back to the classroom to design their own experiment based on the skills gained and questions raised in the workshop.

Project-Based Learning: Students explore real-world problems and challenges, developing cross-curriculum skills while working in small collaborative groups. Also known as project learning.

The workshops reflected these criteria in that they involved exploration of real-world problems and challenges and most of the teachers devoted one or two lessons to preparation for the workshop. There were take-home materials to facilitate further classroom activities. The workshops also included discussion time in the form of world cafés, providing opportunities for reflection; also a critical component of learning.

Design-Based Instruction: Students create, assess, and redesign products through stages of revisions. The work often requires collaboration and specific roles for individual students, enabling them to become experts in a particular area.

These criteria were not addressed in the workshops.

Barron, Brigid, and Linda Darling-Hammond (2008): "Teaching for Meaningful Learning: A Review of Research on Inquiry-Based and Cooperative Learning. Book Excerpt." George Lucas Educational Foundation

3.2 Publications

FORSCHUNGSHEFTE AND LERNEINHEITEN

Open access, free for download at: <http://www.plantsciences.uzh.ch/de/outreach/discovery.html>
and ETH Bibliothek: Research collection (from Summer 2018)

- **PSC Discovery Workshops: Klimawandel**, 2018, Nina Buchmann, Sabina Keller, Juanita Schläpfer, Carole Rapo, Patrick Faller, Melanie Paschke, Manuela Dahinden, ISBN 978-3-906327-46-4
- **PSC Discovery Workshops: 3D-Mikroskopie**, 2018, Célia Baroux, Carole Rapo, Juanita Schläpfer, Patrick Faller, Melanie Paschke, Manuela Dahinden ISBN 978-3-906327-17-4
- **PSC Discovery Workshops: Symbiose**, 2018, Lukas Schütz, Juanita Schläpfer, Patrick Faller, Carole Rapo, Melanie Paschke, Manuela Dahinden, ISBN 978-3-906327-44-0
- **PSC Discovery Workshops: Moderne Pflanzenzucht**, 2018, Bruno Studer, Martina Birrer, Carole Rapo, Patrick Faller, Melanie Paschke, Manuela Dahinden, ISBN 978-3-906327-50-0
- **PSC Discovery Workshops: Adaptive Evolution**, 2018, Kentaro Shimizu, Rie Shimizu, Carole Rapo, Patrick Faller, Melanie Paschke, Manuela Dahinden, ISBN 978-3-906327-85-3
- **PSC Discovery Workshops: Metabolismus**, 2018, Samuel C. Zeeman, Gavin Georg, Michaela Stettler, Carole Rapo, Patrick Faller, Melanie Paschke, Manuela Dahinden, ISBN 978-3-906327-86-1
- **PSC Discovery Workshops: Biokommunikation**, 2018, Carole Rapo, Tobias Löser, Nina Stanczyk, Corinne Hertäg, Patrick Faller, Manuela Dahinden (in prep)
-

BOOKS

- **Klimagarten 2085: Handbuch für ein öffentliches Experiment.** Juanita Schläpfer-Miller und Manuela Dahinden (Hrsg.), Park Books, 2017, ISBN 978-3-03860-059-6
- **Climate Garden 2085: Handbook for a public experiment.** Juanita Schläpfer-Miller and Manuela Dahinden (eds.), Park Books, 2017, ISBN 978-3-03860-060-2
- **PSC Discovery Workshops: Inquiry-based learning in innovative plant sciences** (in prep.)

BROCHURES AND INFOSHEETS

- **Big Data in medicine and plant sciences.** Daniela Fernandez Medina, Carole Rapo and Manuela Dahinden (in prep)
- **Was erforschen Pflanzenwissenschaftlerinnen?** Liselotte Selter and Manuela Dahinden (Open Access, PDF, second edition in Prep)

WEBSITES / SOCIAL MEDIA

<http://www.plantsciences.uzh.ch/de/outreach/discovery.html>

<http://www.educ.ethz.ch/lernzentren/mint-lernzentrum/weiterbildungsangebote.html>

Blog: www.klimagarten.ch

Facebook: <https://www.facebook.com/plantsciencecenter/>

PSC NEWSLETTER

The results and experiences of the project were shared with the members of the PSC network (+600 plant scientists & 100+ external subscribers)

- **Spring 2017:** World cafes with school classes, Juanita Schläpfer & Carole Rapo
- **Fall 2016:** First set of Discovery Workshops are popular with school classes, Juanita Schläpfer
- **Spring 2016:** The Climate Garden 2085, Juanita Schläpfer
- **Fall 2015:** New Agora Project, Carole Rapo

Available at: <http://www.plantsciences.uzh.ch/en/publications.html>

4. Delays and deviations

WORKSHOPS: There were only minor delays regarding the time of workshop development, due to the maternity leave of Dr. Carole Rapo (from November 2015 – February 2016). However, instead of 25 proposed workshops we did perform 40 workshops.

PUBLICATIONS: Originally, the material produced for each workshop was only consisting of Forschungsheft and pre-and post-learning tests. During the project, we added a 20-30 pages "Lehreinheit" to each workshop to assist the teachers.

In the proposal we indicated the publication of IBSE guidelines and experimental set ups on an **online learning platform (OLAT)**. As OLAT is password protected, we decided to provide our publications (Forschungshefte & Lerneinheiten) Open Access at the websites of the PSC and EducETH MINT Lernzentrum, as well at ETH Bibliothek: Research collection.

<http://www.plantsciences.uzh.ch/de/outreach/discovery.html>

<http://www.educ.ethz.ch/lernzentren/mint->

[lernzentrum/weiterbildungsangebote/fortbildungsangebote-im-fach-biologie.html](http://www.educ.ethz.ch/lernzentren/mint-lernzentrum/weiterbildungsangebote/fortbildungsangebote-im-fach-biologie.html)

The preparation of the book: **PSC Discovery Workshops: Inquiry-based learning in innovative plant sciences** is postponed until we will have enough quantitative data to evaluate the learning gains achieved by the IBL concept. Meanwhile, the Forschungshefte and Lerneinheiten were published as single units.

5. Schedule and milestones

Table 2: Milestones reached within the program duration

Program management

Date	What (Responsible)	Due day
Continuous	Financial & HR administration, SNSF reporting (SZ, MP)	Jan 18
Continuous	Integration into PSC initiatives, additional fundraising, sustainability (SZ, MD, MP)	ongoing
Continuous	Program monitoring and evaluation (SZ, MP, RS, DL)	Jan 18

Workshop development, validation, performance and evaluation

Mar-Sep 15	Main phase of the workshop development (Scientists, JS, CR, PF)	<i>Until Dec 2016</i>
Jul-Sep 15	Main phase of the workshop validation (JS, CR, MP, PF, LSLC, SL)	<i>Unitl Aug 17</i>
Oct 15	First 4 workshops on offer, guidelines on OLAT (Scientists, CR, JS, PF)	<i>March 2016</i>
Mar 16	All workshops on offer, guidelines on OLAT (Scientists, CR, JS, PF)	Mar 16
Continuous	Registration / final local arrangements (CR, LSLC, SL)	ongoing
Jun 16	First workshop evaluation available (MP, JS, PF, RS)	<i>Dec 15</i>

Program advertisement, documentation & tinkering activities

Mar- May 15	Establish corporate identity – design of program flyer (MD)	May 15
Continuous	Program advertisement, website, social media, press and media (MD, JS, CR, HK)	15/16/17
Continuous	Tinkering activities, Climate Garden 2085 exhibition, follow up activities e.g. blogs, facebook (lead JS)	ongoing
Sep 16	Book: PSC Discovery Workshops: Inquiry-based learning in innovative plant sciences” printed and distributed	<i>Completed spring 18</i>
Jun15/16/17	Migros Bugnplay competition (JS, DL)	15/16/17
15/16/17	Organisation of contributions to Fascination of Plant Day, Scientifica, Treffpunkt Science City (JS)	15/16/17

SZ: Samuel Zeeman, MP: Melanie Paschke, MD: Manuela Dahinden, CR: Carole Rapo, JS: Juanita Schläpfer, PF: Patrick Faller, RS: Ralph Schuhmacher, HK: Hochschulkommunikation, LSLC: Life Science Learning Center, SL: ScienceLab UZH, DL: Dominik Landwehr (Migros Kulturprozent

6. Sustainability of the program after Jan 2018

The content of each PSC Discovery Workshop was developed in a format which provide a clear guideline of how to do the workshops. They can be easily reproduced by for example young scientists, student helpers or trainers from Regional Learning Centers and providers of school class activities. The PSC is now actively searching for funding to propose a “Plant Science Week” once a year, in which all the PSC Discovery Workshops will be on offer. The clear advantage of such an event is to encourage the fidelity of the teachers. They know that this event is offered every year, they can choose between different topics and plan the visit well in advance. The Federal Office for Environment is supporting the development of an additional PSC Discovery Workshop on the topic: Conservation of genetic diversity in agriculture. The PSC also seeks funding to transform three of the PSC Discovery Workshops into one-day teacher workshops. Validated by the Life Science Learning Center, the topics 3D Microscopy, Smart Breeding and Bioenergy are of high interest to secondary school teachers. The *Climate Garden 2085* exhibition is on tour. 2017: in the Botanical Garden in Bern and Swissnex San Francisco, CA. 2018: Rio de Janeiro / Museum of tomorrow.

7. Achievements of members of the project team

The program was jointly managed by Dr. Manuela Dahinden and Dr. Melanie Paschke, managing directors of the **Zurich-Basel Plant Science Center** and Prof. Samuel C. Zeeman from ETH Zurich. Dr. Dahinden led the project team, including Dr. Juanita Schläpfer and Dr. Carole Rapo, who developed the workshops and carried them out embedding the research activities of the PSC scientists. Due to the complexity of the workshop topics, the project team devote nearly half of the project resources into the process of didactical reconstruction and science transformation.

At least one scientist was present during each workshop. The experimental preparation was taken care of by scientists. Dr. Juanita Schläpfer and Dr. Carole Rapo moderated the world cafes, took care of workshop promotion and event organization and contributed to the project reporting.

Dr. Juanita Schläpfer and Dr. Manuela Dahinden were coordinating the *Climate Garden 2085* exhibition in 2016, including fundraising, marketing and event organization. See Appendix 2

The program was supported by the effort of PSC staff members: Romy Kohlmann (PSC finances), Dr. Liselotte Selter (former staff member of the PSC now scientific associate at SPHN) and Karin Ndala-Diallo (from Stellennetz). Collaborations with the **EducETH MINT Learning Center** complement our activities with didactical expertise and experts in school curriculum development. Dr. Ralph Schuhmacher, the director of ETH MINT Learning Center and Patrick Faller, a specialist in biology didactics, developed the teaching materials (Lerneinheiten) and evaluation tests. The **Life Science Learning Center** (led by Prof. Daniel Kiper) offered facilities (=Schülerlabor) and provide marketing assistance.

Table 3: Participating researchers

Name	Activity
Prof. Nina Buchmann	Contribution to the Forschungsheft and Lerneinheit- Klimawandel
Dr. Sabina Keller	Leader Discovery Workshop - Klimawandel
Dr. Sabina Keller	Contribution to the Forschungsheft and Lerneinheit - Klimawandel
Dr. Susanne Burri	Leader Discovery Workshop - Klimawandel
Dr. Burgi Liebst	Teaching Workshops - Klimawandel
Ursula Wegmann	Teaching Workshops - Klimawandel
Barbara Roth	Teaching Workshops - Klimawandel
Dr. Célia Baroux	Contribution to the Forschungsheft and Lerneinheit - 3D Microscopy
Dr. Célia Baroux	Leader Discovery Workshop - 3D Microscopy
Prof. Bruno Studer	Leader Discovery Workshop – Moderne Pflanzenzucht
Prof. Bruno Studer	Contribution to the Forschungsheft and Lerneinheit - Moderne Pflanzenzucht
Martina Birrer (MSc)	Leader Discovery Workshop - Moderne Pflanzenzucht
Daniel Grogg (MSc)	Teaching Workshops - Moderne Pflanzenzucht
Dr. Roland Kölliker	Leader Discovery Workshop - Moderne Pflanzenzucht
Prof. Samuel Zeeman	Contribution to the Forschungsheft and Lerneinheit – Metabolismus
Dr. Gavin George	Leader Discovery Workshop - Metabolismus
Dr. Gavin George	Contribution to the Forschungsheft and Lerneinheit - Metabolismus
Dr. Michaela Stettler-Fischer	Leader Discovery Workshop - Metabolismus
Dr. Michaela Stettler-Fischer	Contribution to the Forschungsheft and Lerneinheit - Metabolismus
Prof. Kentaro Shimizu	Leader Discovery Workshop – Adaptive Evolution
Prof. Kentaro Shimizu	Contribution to the Forschungsheft and Lerneinheit - Adaptive Evolution

Dr. Rie Inatsugi-Shimizu	Leader Discovery Workshop - Adaptive Evolution
Dr. Rie Inatsugi-Shimizu	Contribution to the Forschungsheft and Lerneinheit - Adaptive Evolution
Dr. Lucas Mohn	Leader Discovery Workshop - Adaptive Evolution
Dr. Lucas Mohn	Contribution to the Forschungsheft and Lerneinheit - Adaptive Evolution
Dr. Lukas Schütz	Leader Discovery Workshop - Symbiose
Dr. Lukas Schütz	Contribution to the Forschungsheft and Lerneinheit - Symbiose
Prof. Thomas Boller	Research PI's for Discovery Workshop - Symbiose
Olivia Wassmer	Teaching Workshops Klimawandel & Symbiose
Tobias Löser	Contribution to Forschungsheft - Biokommunikation
Corinne Hertäg	Contribution to Forschungsheft - Biokommunikation
Dr. Nina Stanczyk	Contribution to Forschungsheft - Biokommunikation
Dr. Daniela Fernandez Medina	Contribution to Booklet: Big Data in medicine and plant sciences

Other collaborators from the communication or science education interface can be found in the Output data.

8. Impact analysis and evaluation

In this project we evaluated the didactical perspicacity of the *PSC Discovery Workshops* (8.1) and reflected on the outcomes of the discussions during the world cafes (8.2). Tinkering activities were evaluated by using the learning indicators framework of the Exploratorium (8.3) <http://tinkering.exploratorium.edu/learning-and-facilitation-frameworks>

8.1 Evaluation PSC Discovery Workshops

Each workshop was subject of a two-fold quality process. First, the teachers evaluate the workshop content, performance and relevance by answering to 5 to 10 questions (mostly per email or telephone). Secondly, the EducETH MINT Learning Centre developed specific pre- and post-tests to measure the learning gains.

I: Zusammenfassung von P. Faller zu den Rückmeldungen der Lehrpersonen und SchülerInnen zu den *PSC Discovery Workshops*. Befragt wurden 6 Lehrpersonen und 44 Schülerinnen und Schüler (SuS) aus 4 verschiedenen Klassen.

- 1.) Sehr konsistent werden die motivierten, kompetenten und hilfsbereiten Kursleiter genannt. Ebenso, dass man in Kontakt mit Forschenden kommt und mit diesen auf Augenhöhe sprechen und diskutieren kann. Die Atmosphäre in den Kursen wird durchwegs positiv beurteilt.
- 2.) Das World cafe wird von vielen SuS und Lehrpersonen als gewinnbringend eingestuft. Die Snacks und die Getränke tragen ihres dazu bei.
- 3.) Der Kursort (Hochschule) wird von vielen Teilnehmern geschätzt. Eine etwaige Führung durch die Labors wird von vielen SuS als spannend empfunden. Von den SuS würde es geschätzt werden, wenn z.B. wenige ausgewählte Maschinen erklärt werden können.
- 4.) Die Abläufe bei einzelnen Workshops könnten noch optimiert werden. Genannt werden, weniger Wartezeiten, Pausen besser kommunizieren, die Anzahl Wiederholungen (konzentrationsbedürftig bis mühsam) überdenken
- 5.) Gewisse SuS haben Teile des Workshops nicht verstanden. Eine Zusammenfassung, einfacherer Erklärung, noch mehr Erklärungen wären möglich Ansatzpunkte. Sehr oft wird jedoch

die spannende Einführung ins Thema als sehr positiven Punkt genannt. Diese Einführung durch den Forschenden daher unbedingt so belassen.

6.) Einzelne Experimente klappen leider nicht immer (mehrmals Mykorrhiza, bei mir Schmelzkurvenanalyse). Die Erfolgsrate müsste hier wohl noch gesteigert werden.

7.) Einzelne Experimente werden von Lehrpersonen als „zu einfach“ eingestuft, so dass diese sich fragen, ob sich die Reise lohnt.

8.) Es wird sehr geschätzt, dass man Einblick in die aktuelle Forschung bekommt.

II: Daten zur Lernwirksamkeit der Unterrichtsmaterialien und der Laborbesuche, zusammengefasst von R. Schuhmacher und P. Faller

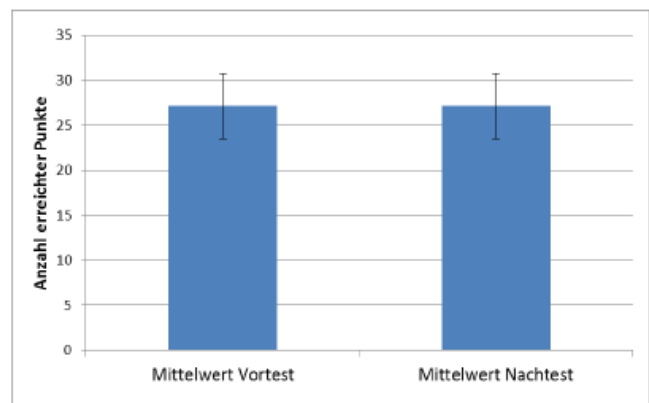
1. Brauchen die Laborbesuche vor- und nachbereitende Lektionen, um lernwirksam zu werden?

Mit Vor- und Nachtests, die inhaltlich auf die verschiedenen Themen abgestimmt sind, wurde untersucht, wie sich das biologische Wissen der Schülerinnen und Schüler durch den Unterricht und die Laborbesuche verändert. Es wurde vermutet, dass der Lerngewinn grösser ist, wenn der Laborbesuch durch eine vor- und eine nachbereitende Lektion ergänzt wird, als wenn nur im Labor experimentiert wird. Bisher liegen die Daten von sechs Klassen vor:

Das Thema „Adaptive Evolution“ wurde von einer Klasse bearbeitet, die das Labor ohne vor- und nachbereitende Lektionen besucht hat. In Übereinstimmung mit unserer Vermutung gab es in diesem Fall keine messbaren Lernfortschritte.

Adaptive Evolution (nur Workshop) (Bandi)

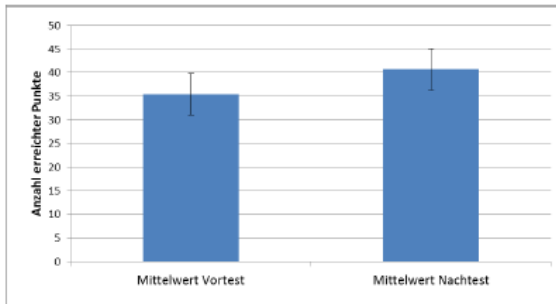
Cohens $d=0$



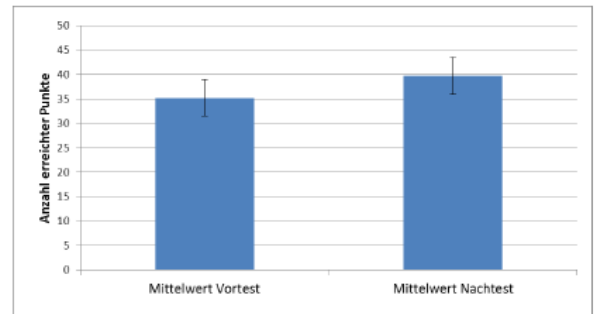
Dieses Ergebnis passt zu dem Resultat einer weiteren Klasse (Zimmermann), die sich ohne vor- und nachbereitende Lektionen mit dem Thema „Klimawandel“ befasst hat. Auch hier gab es nur sehr geringe Lerngewinne (Cohens $d = 0.27$). Um herauszufinden, ob diese nicht vorhandenen bzw. geringen Lerngewinne bei diesen beiden Themen tatsächlich dadurch zustande kommen, dass die vor- und nachbereitenden Lektionen weggelassen wurden, müssten im Anschluss Untersuchungen durchgeführt werden, in denen beide Themen mit vor- und nachbereitenden Lektionen unterrichtet werden.

Das Thema „Mykorrhiza“ wurde – mit vor- und nachbereitenden Lektionen – von zwei Klassen bearbeitet, die in Übereinstimmung mit unseren Vermutungen beide grosse Lernfortschritte mit Effektstärken deutlich über einer Standardabweichung erzielten.

Mykorrhizza (Schürmann) Cohens $d=1.221$ ($d>0.8 = \text{gross}$)



Mykorrhizza (Thiele) Cohens $d=1.197$ ($d>0.8 = \text{gross}$)

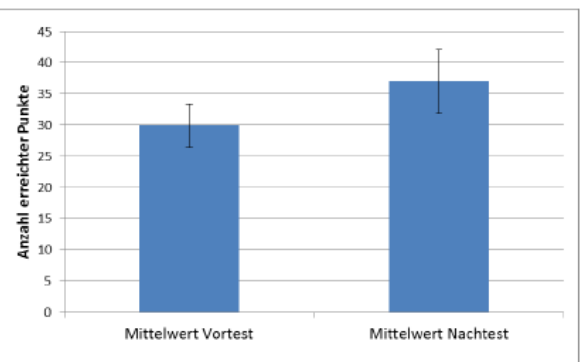
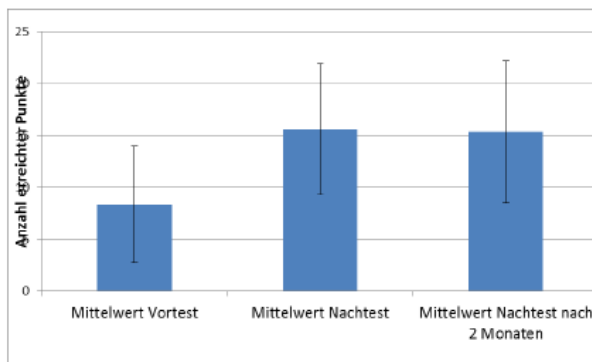


Auch hier müsste im Anschluss untersucht werden, wie sich die Lerngewinne verändern, wenn die vor- und nachbereitenden Lektionen weggelassen werden.

Das gleiche Bild ergibt sich für das Thema „Pflanzenzüchtung“, bei dem ebenfalls zwei Klassen – mit vor- und nachbereitenden Lektionen – sehr starke Zugewinne erzielten.

Smart-Breeding (Faller) Cohens $d=1.3$

Smart-Breeding (Eberhard) Cohens $d=1.65$



Hier ist es ebenfalls von Interesse, in einer anschliessenden Studie zu untersuchen, wie sich die Zugewinne verändern, wenn die vor- und nachbereitenden Lektionen weggelassen werden.

Zusammenfassend kann also festgehalten werden, dass die bisher vorliegenden Daten mit der Vermutung verträglich sind, dass ein Laborbesuch durch vor- und nachbereitenden Lektionen ergänzt werden sollte, um lernwirksam zu werden.

2. Gibt es einen Zusammenhang zwischen den Ergebnissen der Vor- und Nachtests?

Lassen sich die Ergebnisse der Nachtests durch die Ergebnisse der Vortests vorhersagen? Erzielen zum Beispiel die Schülerinnen und Schüler mit hohen Vortestwerten auch hohe Nachtestwerte? In diesem Punkt sind die Daten bislang nicht einheitlich. Während es beim Thema „Pflanzenzüchtung“ in der Klasse von Eberhard und beim Thema „Mykorrhizza“ in der Klasse von Thiele starke bzw. sogar sehr Korrelationen zwischen den Vor- und Nachtestergebnissen gibt, liegen bei den beiden anderen Klassen (Faller, Schürmann) keine entsprechenden Korrelationen vor. Im Anschluss sollte daher untersucht werden, ob dies bei grösseren Schülerzahlen so bleibt und wie die Tests verändert werden müssen, um stabile Korrelationen zu erzielen.

3. Profitieren Mädchen und Jungen in gleicher Weise vom Unterricht?

Beim Thema „Mykorrhiza“ gibt es eine Klasse, in der Mädchen und Jungen in vergleichbarem Umfang vom Unterricht profitiert haben. Zudem gibt es bei den Themen „Mykorrhiza“ und „Pflanzenzüchtung“ drei Klassen, in denen die Mädchen deutlich höhere Lerngewinne erzielt haben als die Jungen. Dieses Ergebnis spricht dafür, dass die Unterrichtsmaterialien und die Laborbesuche in einer Weise gestaltet wurden, die Mädchen sogar noch etwas stärker anspricht als die Jungen. In anschließenden Studien sollte untersucht werden, wie sich dieser Effekt zugunsten der Jungen verändern liesse.

8.2 Evaluation of World Cafés

Our primary goal in instigating world cafes was facilitating dialogue between researchers and youth. In this we were very successful and had feedback from both researchers and students about how much they appreciated this discussion time. The secondary goal was to have a barometer of concerns and opinions of young people about plant science. The sample group was northern Switzerland, both Gymnasium und Secondary students.

The younger students (13-14 years) were unsurprisingly less informed and opinionated than the 15-18 year olds. In the first workshop a girl said: “Honestly Frau Schläpfer I have never really thought about plant sciences, these questions are too complicated for us.” (Girl age 14 *PSC Discovery workshop: 3-D Microscopy* 12.2015).

After this the questions were adjusted from e.g. “Welche Pflanzenwissenschaftliche Forschung und Innovation haben in den letzten Jahren einen Einfluss auf die Gesellschaft gehabt? Was waren positive Einflüsse? Was waren negative Einflüsse?” and simplified to standard questions for each café. For example Smart Breeding:

@ Was versteht ihr unter „Smart Breeding“? Was findet ihr überraschend? Was sind die Herausforderungen?

@ Klimawandel: was sind die wichtigsten Aspekte? Warum kümmert uns der Klimawandel? Kann diese Technologie Hoffnung geben, auf die Herausforderung der globalen Erwärmung zu reagieren?

@ Technologie: Was sind die Schwierigkeiten / Möglichkeiten dieser neuen Technologie? Denkt ihr, dass diese Technologie helfen wird, Probleme einer wachsenden Nachfrage nach Lebens- und Futtermittel aufgrund einer wachsenden Bevölkerung zu lösen?

@ Lebenssicherheit: Zusätzlich zu neuen und verbesserten Technologien in der Pflanzenzüchtung, was können wir tun um die Lebensmittelsicherheit zu gewährleisten bzw. zu verbessern?

During the Smart Breeding world café students had lots of ideas in response to the question about food security, including issues of urban farming, regional products, community supported agriculture pay attention to food waste – after the “best before date” then what? Eat consciously.

The students felt that people are not informed enough, traditional farming will be at a disadvantage, is it accepted from the public? By Scientists? Has technology gone too far? Positive =new characteristics, negative =less traditional plant breeding and fewer varieties available.

Sometimes the conversations focussed on the questions and mapped out the theme in a mind map (See Fig 2) but other groups were inspired to go on a tangent, of say, food waste, (*PSC Discovery workshop: Klimawandel*) or bio-fuels and energy use (group of boys who at first were shy but then became animated as the discussion progressed.)

To the question of innovation in plant sciences one group of older students suggested to adapt plants - also using gene tech - to weather conditions and to look for new sources of food.

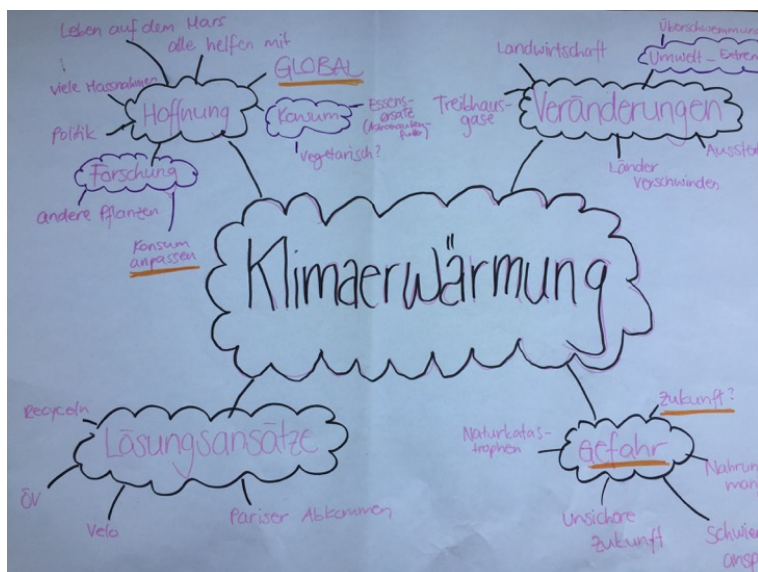


Figure 2: Mindmap of climate change and the position of plant research and society roles, world cafe 28.6.2016

In more than one of the *PSC Discovery workshop: Symbiose* the world cafe discussion turned to climate change and the CO₂ reduction efforts people could make. For example, driving a car and flying less, reducing waste, not buying as many new clothes. The teenagers said they know what has to be done, it is just a question of motivating people to do it. They placed hope for the future in Tesla to improve batteries for electric cars. Also that China would use electric cars. Two of the groups mentioned “super meat”, by this they referred to meat grown in a lab. This was mentioned ironically, not with any hope as a realistic solution. We discussed the breeding of more “efficient” plants, and one student knew about apple breeding at Agroscope Wädenswil.

Several students said that they were interested or even “fascinated” by gene technology, but only as long as “humans, the environment, animals were not damaged or that there were resistant weeds or pests” (*PSC Discovery workshop: Symbiose* 31.3.17).

An older group of students in the *PSC Discovery workshop: Metabolism* were particularly full of ideas and opinions during the world café. They discussed “What are the questions science should try to answer? What should society (you) do?” Firstly, they defined science as the “quest of finding”, “observation and evaluation” then posed that science should address:

- Questions of heritage (religion, history, theories)
- Questions of survival (environmental efficiency, medical advances)
- Questions regarding origins of life
- How to facilitate life (technical advances, social, medical advances)

Solutions to climate change were to breed “more robust plants” and “plants which take up more CO₂ and have higher yields”.

In summary, we found that in the world cafes students showed that they were concerned about the big picture of climate change, migration, food security, energy use. They did not, previous to the workshop, think about the role of plant science in this per se, (The exception to this was an awareness of the GMO debate) but they were certainly more aware afterwards. As might be expected the discussion flowed much more easily with the older classes, 15-18 year olds, than with the 13-15 year olds. But all had an awareness of the major issues, and, while concerned, showed evidence of faith in science to solve some of the problems we face.

8.3 Tinkering Evaluation

We evaluated the tinkering activities “Solar-powered wind sculpture” using the *Learning Dimensions Framework* from the Tinkering Studio at the Exploratorium, San Francisco.

The wind sculpture workshop was held in conjunction with the Migros bugnplay prizegiving event and took place at the Ethnographic Museum where the *Climate Garden 2085* was installed. The 2.5 h workshop involved hacking a solar garden light and altering it so that the light flickered like a firefly when the wind blew. This required some delicate soldering and electronics wiring and tested the skills of the participants, some of whom had difficulty getting their circuit to work. Yet as Petrich et. al. observe:

“The process of becoming stuck and then “unstuck” is the heart of tinkering. It is in this process that authorship, purpose, and deep understanding of the materials and phenomena are developed.” (2013 p 55)

The participants of the workshop showed evidence of all four of the main tenets of the *Learning Dimensions Framework*; engagement, initiative and intentionality, social scaffolding and development of understanding. The participants remained engaged and highly focused for the duration of the activity. According to the workshop facilitator “they were all very motivated to achieve a working object.” Due to the ages ranging from 10-14 there were differing technical abilities, but the older ones assisted the younger ones – ‘social scaffolding’.

The timeframe of the workshop was too short to enable proper troubleshooting of all objects. Ideally they would have had all day, and more time could have been spent on adjusting and refining their sculptures. Several youngsters said they wanted to work on their ideas at home or would take the project to school to develop it with their handicrafts teacher. It was particularly rewarding for us as facilitators to watch the participants work through frustrations, and to see others helping them. There were several kids who had concentration issues and others with motor-skill challenges. Because of the social scaffolding offered by small group size, and peer support from those with developed skills, all were able to develop their sense of self and confidence from mastering technical problems. According to Petrich et. al. this is what differentiates tinkering from other types of learning as *“what helps people persist in their investigations is both the intriguing nature of the materials themselves and the personal investment learners have in their own ideas and understanding” (Petrich et. al 2013 p 56).*

Petrich, M., Wilkinson, K., & Bevan, B. (2013). It looks like fun, but are they learning? In M. Honey & D. Kanter, (Eds.), Design, make, play: Growing the next generation of STEM innovators (pp. 50-70). New York: Routledge.

8.4 Impact analysis

With the selected didactical concept (inquiry-based learning) the following targets of the project: Awareness, Scientific Literacy and Attitude were achieved (see 8.1/8.2/8.3). However, to provide valuable numbers, more pre- and after test would need to be performed. The short project duration and limited resources do also not allow to perform any measures on the target “Long-term Impact”.

Outcome 1 (Awareness): Increased awareness in target group that plant scientists tackle challenges of the 21st century in multidisciplinary, innovative research. All participating young people will improve their awareness for plants, innovation per se and innovation in plant sciences.

Outcome 2 (Scientific Literacy): The target group gains competencies in scientific literacy through the inquiry-based workshops and discussions with scientists in residence. 2.1 All participating young people gain an understanding of innovative scientific methods in plant science. 2.2 All participating young people experience the process of scientific discovery as part of innovation, e.g. formulate questions and hypotheses, try to establish evidence by observing and collecting data in experiments and interpreting results. 2.3 All participating young people are able to name a connection between plants in their lives and innovations in plant science research, which engage with the challenges of the 21st century. 2.4 All participating young scientists will experience some insight in NOS competencies (e.g. Nature of Science as tentative, evidence-based, creative, based in theory and socially interpreted). 2.5 The workshops provide participants with sufficient knowledge to engage in well-informed (age-appropriate) dialogue with scientists and each other.

Outcome 3 (Attitude): Researchers and young people share the same concerns e.g. about benefits and risks of new plant-science related technologies. The results from plant science research can provide orientation for the young generation. 3.1 All participating young people can formulate their attitude (positive but also concerns) towards a certain plant science question, approach, tool or method used in the context of challenges of the 21st century. 3.2 Participating young people understand how research might help to understand risks of innovative technologies in plant sciences.

Outcome 4 (Long-term Impact):

4.1 Increasing fascination of young people between age 12 – 18 for plant sciences and the tools and methods used. 4.2 Participating young people are open minded, and (age appropriate) sufficiently informed to contribute to some of the societal dialogue about innovation in plant sciences. 4.3 Participating young people have increased awareness for plant sciences and plant relevant issues for example by reading and paying attention to media articles. 4.4 Participating young people will engage in other curricular or extracurricular activities. 4.5 More modern scientific techniques have been introduced into school curriculum. 4.6 The IBSE capacity has been advanced with more learning materials and formats. 4.7 More scientists will be encouraged to get involved in science education reform. 4.8 The communication qualities of participating scientists have been improved by knowing the preconceptions and perspectives of young people.

8.5 Lessons learnt

Programs like the *PSC Discovery Workshops* need to be well known among teachers, as they need to integrate that into their busy school curricula. Unfortunately, most of the participating teachers did not find the time to conduct the pre-and after-test (see Fig 1).

9. Detailed description of activities

Table 5 Activities coordinated and carried out by the program

Date	Description Activity	Scientists / Science Communicator	Location(s)	Nr. Participants
2015				
1.04.2015	Kick-off Meeting – Introduction to the program and IBL concept	Dr. Manuela Dahinden, Dr. Juanita Schläpfer, Dr. Carole Rapo, Dr. Melanie Paschke, Prof. Nina Buchmann, Prof. Bruno Studer, Prof. Samuel	ETH Zürich, MLE13	15

		Zeeman, Dr. Rie Shimizu-Inatsugi, Prof. Kentaro Shimizu, Anja Huber (UZH HK), Dr. Sabina Keller, Dr. Lennart Schalk (EducMINT)		
15.06.15	Bugnpay prizegiving and Jury participation <i>Please note: financially not supported by the SNSF</i>	Dr. Manuela Dahinden / Dr. Juanita Schläpfer	Migros, Limmatplatz	(150 reach at prizegiving)
15.06.15	Tinkering Workshop Bugnpay	Dr Juanita Schläpfer, Evelin Pfeifer	UZH Botanisches Institute and Garden	18
31.8-2.9.15	Scientifica Exhibition tent: <i>Vom Licht zur Nahrung</i>	Prof. Dr. Samuel Zeeman Prof. Dr. Wilhelm Gruissem PD Hervé Vanderschuren Dr. Zerihun Tadele Dr. Michaela Stettler Wuyan Wang Devang Mehta Martina Zanella Coordinated by Dr. Juanita Schläpfer	UZH Terrace	1000+
25.11.15	Treffpunkt Science City Plant Starch Experiment	Dr. Juanita Schläpfer	ETH Hönggerberg	120
13.12.2015	Discovery Workshop 3D Mikroskopie	Dr. Celia Baroux, Dr. Juanita Schläpfer	UZH Botanisches Institute	13
2016				
Apr-Sep 2016	<i>Climate Garden 2085</i> Exhibition <i>Please note: financially only partly supported by the SNSF</i>	Coordinated by Dr. Juanita Schläpfer & Dr. Manuela Dahinden	Alte Botanische Garten Zürich	10.000
14.05.2016	Discovery Workshop Klimawandel	Dr. Burgi Liebst	Klimagarten	21
18.05.16	Discovery Workshop Klimawandel	Dr. Sabina Keller, Dr. Juanita Schläpfer	Klimagarten	10
19.05.16	Discovery Workshop Klimawandel	Dr. Sabina Keller, Dr. Juanita Schläpfer	Klimagarten	10
23.05.16	Discovery Workshop Klimawandel	Dr. Burgi Liebst	Klimagarten	25
23.05.16	Discovery Workshop Symbiose	Dr Lukas Schütz	Uni Basel	22
25.05.16	Discovery Workshop Symbiose	Dr Lukas Schütz	Uni Basel	20
26.05.16	Discovery Workshop Klimawandel	Dr Burgi Liebst	Klimagarten	25
31.05.16	Discovery Workshop Klimawandel	Ursula Wegmann	Klimagarten	22
31.05.16	Discovery Workshop Klimawandel	Dr. Juanita Schläpfer	Klimagarten	20
1.06.16	Discovery Workshop Klimawandel	Ursula Wegmann	Klimagarten	28
10.06.16	Bugnpay prizegiving and Jury participation <i>Please note: financially not supported by the SNSF</i>	Dr. Manuela Dahinden / Dr. Juanita Schläpfer	Migros, Limmatplatz	(150 reach at prizegiving)
10.06.16	Discovery Workshop Klimawandel	Barbara Roth	Klimagarten	15
11.06.16	Tinkering Workshop Solar Wind Chime	Liselotte Selter, Olivia Wassmer	Klimagarten Ausstellung,	10

15.06.16	Discovery Workshop Klimawandel	Olivia Wassmer	Klimagarten Ausstellung,	15
16.06.16 9-11:00	Discovery Workshop Klimawandel	Barbara Roth	Klimagarten Ausstellung,	16
16.06.16 11-13:00	Discovery Workshop Klimawandel	Barbara Roth	Klimagarten Ausstellung,	16
24.06.16	Discovery Workshop Klimawandel	Dr. Juanita Schläpfer	Klimagarten	22
28.6.16	Discovery Workshop Klimawandel	Dr Sabina Keller, Dr Juanita Schläpfer	Klimagarten	18
29.06.16	Discovery Workshop Klimawandel	Ursula Wegmann	Klimagarten	32
30.06.16	Discovery Workshop Klimawandel	Barbara Roth	Klimagarten	25
5.7.16	Discovery Workshop Symbiose	Dr Juanita Schläpfer, Olivia Wassmer	UZH Life Science Learning Center	20
06.07.16	Discovery Workshop Klimawandel	Dr Burgi Liebst	Klimagarten	25
7.7.16	Discovery Workshop Klimawandel	Dr Susanne Burri, Dr Juanita Schläpfer	Klimagarten	15
07.06.2016	Discovery Workshop Moderne Pflanzenzucht	Prof. Bruno Studer, Martina Birrer (MSc), Dr. Carole Rapo	ETH Zürich	17
30.08.16	Discovery Workshop Klimawandel	Dr Juanita Schläpfer, Olivia Wassmer	Klimagarten	10
2.09.16	Discovery Workshop Klimawandel	Ursula Wegmann	Klimagarten	15
5.9.16	Discovery Workshop Klimawandel	Olivia Wassmer, Msc	Klimagarten	20
13.09.16	Discovery Workshop Klimawandel	Barbara Roth	Klimagarten	19
14.09.16	Discovery Workshop Klimawandel	Barbara Roth	Klimagarten	19
14.09.16	Discovery Workshop Klimawandel	Olivia Wassmer, Msc	Klimagarten	23
15.09.16	Discovery Workshop Klimawandel	Olivia Wassmer, Msc	Klimagarten	20
16.09.16	Discovery Workshop Klimawandel	Olivia Wassmer, Msc	Klimagarten	19
15.11.16	Discovery Workshop Klimawandel	Dr Susanne Burri, Dr. Carole Rapo, Dr Juanita Schläpfer	UZH LSLC	18
2017				
24.01.2017	Discovery Workshop Moderne Pflanzenzucht	Prof. Bruno Studer, Martina Birrer (MSc), Daniel Grogg (MSc), Dr. Roland Kölliker, Dr. Carole Rapo	ETH Zürich	10
16.03.2017	Discovery Workshop Adaptive Evolution	Dr. Kentaro Shimizu, Dr. Rie Shimizu-Inatsugi, Lucas Mohn, Dr. Carole Rapo	UZH Irchel, LSLC	13
30.03.2017	Discovery Workshop Metabolismus	Prof. Samuel Zeeman, Dr. Michaela Fischer-Stettler, Dr. Gavin George, Dr. Carole Rapo	ETH Zürich	20

Apr-Aug 2017	<i>Climate Garden 2085 Exhibition Please note: financially supported by University Bern and Botanischer Garten Bern</i>	Oeschger-Zentrum für Klimaforschung (OCCR) http://www.boga.unibe.ch/agenda/vergangenes/open_air_vortragsreihe	<i>Botanischem Garten der Universität Bern</i>	?
18.05.2017	Discovery Workshop Metabolismus	Prof. Samuel Zeeman, Dr. Michaela Fischer-Stettler, Dr. Gavin George, Dr. Carole Rapo	ETH Zürich	18
7.02.2017	Discovery Workshop Symbiose	Juanita Schlaepfer, Olivia Wassmer	UZH Life Science Learning Center	10
31.03.2017	Discovery Workshop Symbiose	Juanita Schlaepfer, Olivia Wassmer	UZH Life Science Learning Center	12
31.03.2017	Discovery Workshop Symbiose	Juanita Schlaepfer, Olivia Wassmer	UZH Life Science Learning Center	15
10.06.17	Bugnpay prizegiving and Jury participation <i>Please note: financially not supported by the SNSF</i>	Dr Juanita Schläpfer	Migros, Limmatplatz	(150 reach at prizegiving)
14-15-16 Aug 17	ProJugendute Ferienplausch Pflanzenwissenschaftlerin werden / 3 days workshop for 8-12 years old girls <i>Please note: financially supported by ETH Zürich</i>	Dr. Carole Rapo, Olivia Wassmer, Msc	Zürich	11
31.08.2017	Discovery Workshop Moderne Pflanzenzucht	Prof. Bruno Studer, Martina Birrer (MSc), Dr. Roland Kölliker, Dr. Carole Rapo	ETH Zürich	10
2. / 3.9.17	Scientifica Workshop für Jugendliche Kraftwerk Pflanze: Biomasse gibt Vollgas	Dr. Michaela Fischer-Stettler, Dr. Carole Rapo, Léo Burgy, Anton Hochmuth	ETH Zürich	27
19.11.17	Treffpunkt Science City – Experiments	Dr. Juanita Schläpfer and Dr. Carole Rapo	ETH Zürich	500
Oct 2017	<i>Climate Garden 2085 Exhibition Please note: financially supported by ETH Zürich and Swissnex SF</i>	Dr. Juanita Schläpfer	San Fransciso (Swissnex areal)	2000
Upcoming				
24 May 2018	Discovery Workshop Biokommunikation	Dr. Carole Rapo	ETH Zürich	
Oct 18-Mar 2019	<i>Climate Garden 2085 Exhibition</i>	Dr. Daniela Fernandez Medina	Rio de Janeiro Museum of tomorrow	
Total	Discovery Workshops (40x)			733
Total	Other Activities			14000+

10. Promotional measures

A logo used on websites, letterheads and all printed materials established cooperate identity and visibility. The PSC Discovery Workshops were regularly announced per email and post-delivery, including PSC mailing list: 235+ teachers, EducMINT mailing list: 200+ ETH Lehrdiplom Biologie

students, LSLC mailing list: 350 teachers. The teachers who previously attended a PSC workshop were contacted bilaterally.

Table: Overview on promotion of PSC Discovery Workshops

Date	What	Numbers
Newsletter		
Sep-15	PSC Newsletter Autumn 2015	600+
Mar-16	PSC Newsletter Spring 2016	600+
Oct-16	PSC Newsletter Autumn 2016	600+
Mar-17	PSC Newsletter Spring 2017	600+
Websites		
From Apr 15	PSC Plant Science at School www.plantsciences.uzh.ch/de/outreach/atschool/discovery.html	So far 300 hits
From Sep 17	EducETH MINT Lernzentrum: www.educ.ethz.ch/lernzentren/mint-lernzentrum/weiterbildungsangebote.html	
Soon	Life Science Learning Center www.lifescience-learningcenter.uzh.ch/de.html	
May 2016	Fascination of Plant Day: www.spsw.ch or www.plantday.org	
Social Media		
Ab Jan 2016	Klimagarten Facebook page mit regelmässig posts	88 likes
Ab Feb 2016	Blog Klimagarten 2085 www.klimagarten.ch	15 posts
Ab Mai 17	PSC Facebook page mit regelmässigen posts	68 likes
Email and post		
Jun-15	Umfrage an Praktikumslehrpersonen und Biologielehrer bezüglich Interesse an Discovery Workshops und Rückmeldung zu Themen	40 Lehrer
Sep-15	Werbung für Bugnplay competition and announcement of PSC Discovery Workshops	Briefversand an 300 Lehrer
Jan-16	E-Alert an Praktikumslehrpersonen und Biologielehrer	40 Lehrer
Feb-16	Brief mit Discovery Workshop und Klimagarten Angebot	500 Schulhäuser Kanton ZH,
Apr-16	Klimagarten Broschüre mit PSC Discovery Workshop: Klimawandel	Postversand an 500 Schulhäuser der Kanton ZH
Aug-16	E-Alert an Praktikumslehrpersonen und Biologielehrer	40 Lehrer
Dec-16	E-Alert an Praktikumslehrpersonen und Biologielehrer	300 Lehrer
Dec-16	Email via PSC mailing	235 Teacher
Jan HS 2015, FS 2016, HS 2016, FS	Email via LSLC mailing list (sent by Daniel Kiper, Leiter Life Science Learning Center Zurich)	alle Sekundar Lehrer Kanton ZH

2017)		
Presentations		
Apr-15	Kick-off Meeting with scientists, science communicators and educators	30 participants
Sep-15	Posterpresentation at SciComm 15	300 participants
Sep-17	Oral presentation at SciComm 17	50 participants
Feb-17	Weiterbildung für Praktikumslehrpersonen der ETH in Emmetten	20 participants
Mai-17	Biologielehrpersonen an MINT-Weiterbildung	10 participants

In addition, the *PSC Discovery Workshops* were promoted as part of the *Climate Garden 2085 exhibition*. The intensive marketing campaign such as the distribution of ca. 20.000 brochures, the inclusion in the city of Zürich "Fit und Ferien" program 3 times which each time had a circulation of 28.000 and linking and advertising on social media has ensured a high secondary impact.

11. Appendix I: Announcements of PSC Discovery Workshops

PSC Discovery Workshop 1

Klimawandel oder „Hilfe, ich bin eine gestresste Pflanze!“

Was ist Klimawandel konkret? Was bewirkt er? Wie gehen Pflanzen, die sich nicht einfach von der Stelle bewegen können, mit Klimawandel um? Können sie sich anpassen, und wenn ja, wie? In diesem Workshop messen wir, wie Pflanzen „atmen“. Welche Gase verbrauchen sie, wie viel Sauerstoff produzieren sie während Fotosynthese und Zellatmung? Durch die Experimente und Beobachtungen erleben Schülerinnen und Schüler hautnah was Klimawandel bedeutet und erfahren zudem, was Treibhausgase mit Klimawandel zu tun haben und wie wir als Mensch zu Treibhausgasen beitragen.

Kursinhalt

In diesem halbtägigen Kurs werden Schülerinnen und Schüler die Auswirkungen von Klimaveränderungen an einer Pflanze untersuchen. Sie untersuchen den Gasaustausch von Nutzpflanzen mithilfe eines Kohlendioxidmessgerätes und eines Blatt-Porometers. Sie messen die Kohlendioxidkonzentration und die stomatäre Leitfähigkeit von Pflanzen, die unterschiedlichen Bedingungen ausgesetzt waren. Sie lernen, wie man Veränderungen im Kohlenstoffkreislauf in Ökosystemen messen kann. Die Schülerinnen und Schüler haben die Möglichkeit, mit Forschenden über die Auswirkungen des Klimawandels auf die landwirtschaftliche Produktion zu diskutieren.

Zielsetzung

- Schülerinnen und Schüler untersuchen, wie Pflanzen auf unterschiedliche Umweltbedingungen (Wassermangel und Wasserüberschuss) reagieren und wie sich dies auf die Kohlenstoffaufnahme auswirkt.
- Sie verstehen, welche die treibenden Kräfte des Austauschs von CO₂ zwischen Nutzpflanzen und der Atmosphäre in einem sich wandelnden Klima sind.

Vorkenntnisse (können mit den zur Verfügung gestellten Unterrichtsmaterialien erarbeitet werden)

Klimawandel

Blattanatomie

Fotosynthese

PSC Discovery Workshop 2

Neue Einblicke - Mit dem Mikroskop zu Zellbildern in 3D

Mikroskopische Untersuchungen von Pflanzengeweben sind zentral für die Erkenntnisgewinnung und die Diagnose in der Forschung, welche sich mit den Themen Pflanzenentwicklung und Pflanzenphysiologie befasst.

In den letzten Jahren, ist die Auflösung von Bildaufnahmen in der Konfokalmikroskopie immer besser geworden. Heute können Gene und kleinste Zellmoleküle sichtbar gemacht werden. Neue Software-Technologien ermöglichen dreidimensionale (3D) Rekonstruktionen von Bildaufnahmen. Dies ermöglicht Forschenden in bisher verborgene Welten einzutauchen. Durch die räumlichen

Darstellungen verstehen wir z. B. besser, wie komplexe DNA-Protein-Strukturen aufgebaut sind. Wir benutzen 3D-Rekonstruktionen aber auch, um zu untersuchen, wie sich Pflanzenzellen teilen und entwickeln.

Kursinhalt

In diesem halbtägigen Kurs erhalten die Schülerinnen und Schülern eine kurze Einführung in die Konfokalmikroskopie. Von Keimlingen bestimmter Zuchtlinien von *Arabidopsis thaliana* (Acker-Schmalwand) können die Schülerinnen und Schüler einzelne Präparate herstellen. Die Präparate werden unter dem Konfokalmikroskop betrachtet und die Schülerinnen und Schüler erhalten die Gelegenheit, eines der beiden Konfokalmikroskope kurz zu bedienen. In den Zuchtlinien sind verschiedene Zellkompartimente (z.B. Membran, Zellkern, Mitochondrien, Chloroplasten, Golgi/ER) mit unterschiedlich farbig fluoreszierenden Proteinen markiert. Dadurch werden die Zellen sowie bestimmte Zellkompartimente besser sichtbar gemacht. Mit Hilfe einer Bildanalyse-Software wird den Schülerinnen und Schülern demonstriert, wie die Konfokal-Bilder in eine dreidimensionale (3D) Darstellung umgewandelt werden. Mit Hilfe eines Laptops erhalten die Schülerinnen und Schüler anschliessend die Gelegenheit, in Zweier- oder Dreiergruppen einer eigenen Fragestellung nachzugehen. Über die Auswertung von gespeicherten Bildern versuchen sie, diese Frage zu beantworten. Zum Abschluss werden die gefundenen Resultate den anderen Gruppen vorgestellt. Eine Diskussion um die Relevanz der gefundenen Resultate und die von der Kursleitung eingebrachten weiteren Beispiele beenden den Kurs.

Zielsetzung

- Die Schülerinnen und Schüler können die Arbeitsweise eines Konfokalmikroskops in einfachen Worten erklären und besitzen eine erste Erfahrung in der Bedienung des Gerätes.
- Die Schülerinnen und Schüler können mehrere Fragestellungen nennen, zu deren Beantwortung das Konfokalmikroskop sinnvoll eingesetzt werden kann.
- Die Schülerinnen und Schüler geben ein Beispiel eines Problems von hoher wissenschaftlicher Relevanz, zu deren Lösung das Konfokalmikroskop entscheidend beigetragen hat.

Vorkenntnisse (können mit den zur Verfügung gestellten Unterrichtsmaterialien erarbeitet werden)

- Prinzip der Mikroskopie
- Was ist Fluoreszenz?
- Klassische *vs.* Konfokalmikroskopie
- Bestandteile und Funktionen einer Pflanzenzelle

PSC Discovery Workshop 3

SMART Breeding – Einblick in den Werkzeugkasten moderner Pflanzenzüchtung

Um die Bedürfnisse einer schnell wachsenden Weltbevölkerung zu decken (prognostizierte 9.6 Milliarden Menschen im Jahr 2050) muss eine Produktionssteigerung auf den bisher bewirtschafteten Flächen erfolgen. Die landwirtschaftliche Produktion soll aber gleichzeitig den Ansprüchen der Nachhaltigkeit genügen. Dazu gehören der Einsatz von weniger Dünge- und Pestizidmitteln. Pflanzenzüchter entwickeln neue Methoden und Technologien um 1) den Züchtungsprozess von neuen Pflanzensorten zu beschleunigen, 2) die Selektion von vorteilhaften Pflanzeigenschaften (z. B. Resistenz gegen Krankheitserreger) zu intensivieren.

Kursinhalt

In diesem halbtägigen Kurs werden die Schülerinnen und Schülern mit Englischem Raigras (*Lolium perenne* L.) und dessen wichtigste Krankheit, dem Kronenrost (*Puccinia coronata* f. sp. *Loli*) arbeiten. Die An- und Abwesenheit von wirksamen Resistenzgenen in verschiedenen Genotypen von Englischem Raigras wird mittels Polymerase-Kettenreaktion (PCR), hochauflösende Schmelzkurvenanalyse und Gel Elektrophorese dargestellt. Durch die Auswertung von Resultatbildern, die zur Verfügung gestellt werden, versuchen die Schülerinnen und Schüler mit Hilfe eines Laptops, einer eigenen Fragestellung nachzugehen. Zum Abschluss wird die gesellschaftliche Relevanz der gefundenen Resultate diskutiert. Da die hochauflösende Schmelzkurvenanalyse besondere Instrumente und Software erfordert, wird das oben geschilderte Experiment im Labor von Professor Bruno Studer an der ETH Zürich durchgeführt.

Zielsetzung

- Die Schülerinnen und Schüler erhalten einen authentischen Einblick in die aktuelle Züchtungsforschung.
- Sie lernen Methoden der Genetik als Grundlage für die Züchtung kennen (Variationen in der DNA-Sequenz, sichtbar gemacht durch HRM und Gel Elektrophoresis).
- Das Verständnis von Mutationen als Grundlage der Genetik wird gefördert bzw. vertieft.
- Die Schülerinnen und Schüler können moderne Methode für die genomische Selektion erklären und erkennen deren Potenzial für die Pflanzenzüchtung. Sie können begründen inwiefern diese Methode die traditionellen und sehr zeitintensiven Phänotyp-basierten Auswahlmethoden beschleunigen.

Vorkenntnisse (können mit den zur Verfügung gestellten Unterrichtsmaterialien erarbeitet werden)

- Begriffsdefinitionen: Gene, Chromosomen, Allele, Replikation, Transkription, Translation, Punktmutation

PSC Discovery Workshop 4

Pflanzenmetabolismus – Ist pflanzliche Biomasse ein nachhaltiger Treibstoff der Zukunft?

Um den derzeitigen Energiebedarf und die Transportsysteme aufrechtzuerhalten, müssen wir heute Alternativen zur Nutzung fossiler Brennstoffe finden, die keine schädlichen Auswirkungen, wie zum Beispiel die Verschmutzung der Umwelt und den Klimawandel, haben. Die Bioenergie, gewonnen aus Biomasse, kann eine Alternative sein. Die heutige Biotechnologieforschung mit pflanzlichen Rohstoffen konzentriert sich auf die Entwicklung von Biotreibstoffen aus ertragreichen Nutzpflanzen wie Mais und Weizen, was sehr umstritten ist, da damit Nahrungspflanzen nicht mehr zur Verfügung stehen. Die Modellart *Arabidopsis thaliana* akkumuliert Stärke durch Photosynthese während des Tages und macht diese in der Nacht wieder verfügbar. Das grundlegende Wissen über die Prozesse, wie Stärke in dieser Art hergestellt und genutzt wird, kann dann auf andere Pflanzenarten als Kulturpflanzen übertragen werden. Durch Züchtung können diese dann verbessert und auch vielfältiger (diversifiziert) werden.

Kursinhalt

In diesem halbtägigen Kurs arbeiten die Schülerinnen und Schülern mit verschiedenen Zuchtlinien der Modellart *A. thaliana* (Acker-Schmalwand) und lernen, wie man Pflanzen nutzen kann, um mehr Biomasse zu produzieren. Die Schülerinnen und Schüler bestimmen die An- und Abwesenheit von Stärke in Wild-Typ und stärkefreier Mutante von *A. thaliana*. Des Weiteren wird die Photosyntheserate sowie die Atemfrequenz (Respirationsfrequenz) von Wild-Typ und stärkefreier

Mutante mit einem Gasaustauschsystem gemessen. Der Workshop endet mit einer Diskussion zur Relevanz der gefundenen Resultate. Da das Gasaustauschsystem ein besonderes Instrument ist, wird das oben geschilderte Experiment im Labor von Professor Samuel Zeeman an der ETH Zürich durchgeführt.

Zielsetzung

- Die Schülerinnen und Schüler erhalten einen authentischen Einblick in die aktuelle Forschung im Gebiet der Biotechnologie mit praktischen Übungen an *A. thaliana* (Wild-Typ und stärkefreie Mutante).
- Die Schülerinnen und Schüler können mindestens ein Enzym nennen, welches für den Stärkestoffwechsel in Pflanzen von Bedeutung ist.
- Sie lernen Instrumente zur Erfassung des Pflanzenmetabolismus kennen.
- Sie können die Relevanz der Erforschung des Stärkestoffwechsels für die Landwirtschaft und Bioenergiegewinnung erklären.

Vorkenntnisse (können mit den zur Verfügung gestellten Unterrichtsmaterialien erarbeitet werden)

- Photosynthese
- Struktur und Zusammensetzung von Stärke

PSC Discovery Workshop 5

Biokommunikation

Pflanzen, Tiere, Pilze, Protozoen und Mikroorganismen können miteinander kommunizieren. Forschende in den Pflanzenwissenschaften beschäftigen sich mit folgenden Fragen: 1) Wie werden Informationen innerhalb (intraspezifisch) und zwischen (interspezifisch) den Arten übertragen; 2) welche Signale werden dazu benutzt; 3) und wie vermitteln diese Signale ökologische Interaktionen. Die Kommunikation wird durch Sensoren (oder Sinnesorgane) ermöglicht, die auf bestimmte Umgebungsreize ansprechen. Bei Pflanzen und Tieren sind dies vor allem Chemo-, Photo-, Thermo- und Mechano-Rezeptoren. Die Sensoren bilden die Brücken eines Organismus zu seiner Umgebung oder einer anderen Art.

Kursinhalt

In diesem halbtägigen Praktikum werden die Schülerinnen und Schüler lernen, wie verschiedene Arten miteinander kommunizieren. Die Schülerinnen und Schüler werden zunächst eine chemische Analyse mit Hilfe der Gaschromatographie und Massenspektrometrie (GC/MS) durchführen. Sie lernen die Interaktion zwischen drei Arten Pflanze-Mikroorganismus-Insekt. Des Weiteren werden die SchülerInnen mit 3 verschiedenen Insekten (Ameisen, Wespen, Blattläuse) den chemischen Tarnumhang mit einem Verhaltensexperiment erforschen und diesen auch chemisch mit einer (GC/MS) analysieren. Wie kann ein Mikroorganismus einer Gurke helfen, ihre Abwehr von Herbivoren zu erhöhen? Anschliessend werden die Schülerinnen und Schülern selbst testen, wie attraktiv ihre Haut für Stechmücken ist. Der Kurs endet mit einer Diskussion zur Relevanz der gefundenen Resultate. Zudem wird thematisiert, wie die zahlreichen Daten, welche man bei solchen Experimenten generiert, sinnvoll analysiert und interpretiert werden können. Da das (GC/MS) ein besonderes Instrument ist, wird der Workshop im Labor von Prof. Consuelo Moraes an der ETH Zürich durchgeführt.

Vorwissen

- Sensoren

- Diverse Wechselbeziehungen (Intraspezifische/Interspezifische)
- Interaktion: Räuber-Beute, Konkurrenz, Symbiose, Parasitismus

PSC Discovery Workshop 6

Adaptive Evolution – wie die Genomforschung uns hilft, die Anpassungen von Arten an den Klimawandel zu verstehen.

In diesem Workshop zeigen wir Schülerinnen und Schüler, wie mit Hilfe der modernen Genomforschung evolutionäre Prozesse bei Pflanzen untersucht werden. Ein Ziel dabei ist es, die Auswirkung von globalen Klimaveränderungen auf die Evolution von Pflanzen zu verstehen und sich zusammen mit Forschenden zu überlegen, wie wir mit Hilfe von identifizierten Genmustern Voraussagen machen können, wie sich die jeweilige Art im Klimawandel anpasst.

Bei Pflanzen können neue Arten durch Kreuzung und die darauffolgende Genomverdoppelung (die sogenannte polyploide Artbildung) schnell entstehen. Ein aktuelles Beispiel der polyploiden Artenbildung im Genus *Cardamine* ist die Entstehung einer neuen Art (*C. insueta*) in den letzten 150 Jahren im Kanton Uri in der Schweiz. Zusammen mit Forschenden, diskutieren wir, welche Rolle die Polyploidisierung für die Züchtung von Kulturpflanzen spielt.

Kursinhalt

In diesem halbtägigen Kurs arbeiten die Schülerinnen und Schüler mit der Pflanzengattung Schaumkräuter *Cardamine*. Ziel ist es zu verstehen, wie die Adaptationen sich auf Genome auswirken und wie die Unterschiede im Genotyp und im Phänotyp zu erkennen sind. Die Pflanzengattung *Cardamine* umfasst mehr als 200 Arten, wobei mehr als ein Drittel davon polyploid sind. Im Workshop wird anhand der beiden diploiden *Cardamine* Arten (Behaarten Schaumkraut (*C. hirsuta*) und Bitteres Schaumkraut (*C. amara*) und des polyploiden Wald-Schaumkraut (*C. flexuosa*) die phänotypische Plastizität untersucht. Klone derselben Pflanze werden unter verschiedenen Umweltbedingungen aufgezogen. Die Schülerinnen und Schüler bestimmen die Stomatadichte dieser drei Arten und schätzen die phänotypische Plastizität der Arten ab. Eine Führung durch das Functional Genomics Center Zürich gibt einen Einblick in die moderne Genomforschung. Zum Abschluss wird über die polyploide Artbildung in der Pflanzenzucht und deren gesellschaftliche Relevanz diskutiert.

Zielsetzung

- Die Experimente ermöglichen ein Verständnis von polyploider Artbildung und phänotypischer Plastizität.
- Die Schülerinnen und Schüler erhalten einen Einblick in die aktuelle Forschung im Gebiet der Ökologie und Evolution mit praktischen Übungen an diploiden und polyploiden Schaumkraut (*Cardamine*) Arten.
- Ein vertieftes Verständnis von natürlicher Variation, Adaptation und Artbildung.
- Die Fähigkeit neue Konzepte von Genomgrösse, Genomverdoppelung (Polyploidie) zu erklären und deren Potenzial für die polyploide Artbildung zu erkennen.

Vorkenntnisse (können mit den zur Verfügung gestellten Unterrichtsmaterialien erarbeitet werden)

- Doppelstrangstruktur von DNA
- Gene, Chromosomen, Genommutationen
- Phänotypische Plastizität
-

PSC Discovery Workshop 7

Symbiose – Wie symbiotische Mykorrhizapilze als Biodünger in der Landwirtschaft zum Einsatz kommen.

Der weltweite Bedarf an Nahrungsmitteln steigt an. Die Anbauflächen sind begrenzt ebenso die Phosphatreserven für Düngemittel. Um die Erträge der Landwirtschaft effizient und kostengünstig zu erhöhen, rückt die Erforschung von Pflanzensymbiosen mit Mykorrhizapilzen ins Zentrum des Interesses.

Kursinhalt

In diesem halbtägigen Kurs bekommen die Schülerinnen und Schüler die Gelegenheit Mykorrhizapilze zu isolieren, anzufärben und unter dem Mikroskop zu betrachten. Die Schülerinnen und Schüler präparieren in Gruppen die Wurzeln von mykorrhizierten Pflanzen. Nach einer Entfärbung der Pflanzenwurzeln erfolgt die spezifische Färbung der Mykorrhizapilze. In den Präparaten unter dem Mikroskop lassen sich die für viele Endomykorrhiza typischen ovalen (Vesikel) und bäumchenartigen (Arbuskel) Strukturen der Hyphen gut erkennen. Im theoretischen Teil wird aufgezeigt, wie Mykorrhizapilze in der Landwirtschaft als Biodüngemittel verwendet werden können. Versuche haben gezeigt, dass sich dadurch bis zu 50% des Düngers *v.a* in tropischen Anbausystemen einsparen lassen.

Zielsetzung

- Die Schülerinnen und Schüler präparieren Pflanzenwurzeln so, dass sie unter dem Mikroskop die typischen Merkmale von Mykorrhizapilzen erkennen können.
- Sie können argumentieren, warum Mykorrhizapilze als Düngemittel verwendet werden können.
- Sie können aktuelle Forschungsbeispiele nennen, welche im Zusammenhang mit der Symbiose von Pflanzen und Mykorrhizapilzen stehen.

Vorkenntnisse (können mit den zur Verfügung gestellten Unterrichtsmaterialien erarbeitet werden)
Keine zwingenden Vorkenntnisse nötig. Der Inhalt des Workshops ist jedoch einfacher zu verstehen, wenn die folgenden Begriffe bzw. Fertigkeiten bekannt sind: Symbiose, Mykorrhiza, Aufnahme von Wasser und Mineralstoffen durch die Wurzel, Prinzip der Oberflächenvergrößerung, praktische Erfahrung mit der Herstellung einfacher Präparate und der Mikroskopie.

12. Appendix II – Details about *Climate Garden 2085*

SUMMARY

The *Climate Garden 2085* is an art-science exhibition developed by Juanita Schläpfer in collaboration with the Zurich-Basel Plant Science Center.

The *Climate Garden 2085* shows climate scenarios in an experiential form. The idea is to make this local and personal by using scenarios downscaled for northern Switzerland and growing plants that people know and eat. We also chose a mixture of plants which would be climate winners, such as soybeans and sweetcorn, and some which would be losers, such as wheat and potatoes.

Two climate scenarios were created in greenhouses in the Old Botanical Garden in Zurich and maintained from April to September 2016 at temperatures of +2°C and +4°C above the current average monthly summer temperatures. Half the plants in each greenhouse were given 30% less water. The +2°C scenario simulates conditions that will prevail if are curbed in line with the Paris Agreement of 2015. The +4°C scenario simulates the state of affairs if global warming continues at its present rate – as defined by the scenario, downscaling for northeast Switzerland in 2085 (Meteoschweiz/ETH CH-2011). A new calculation for Switzerland is currently being prepared and will be available in 2018.

Plants that currently flourish in northern Switzerland such as ryegrass, sunflowers, wheat, maize and sugar beet were grown both in the greenhouses and outside, to enable comparison between what we currently grow and eat and what may happen in the future. Visitors were able to participate by taking measurements of drought and heat-stressed plants. Complementing the greenhouses, a program of workshops for families and school groups, art performances, and talks by scientists was provided.

WORKSHOPS

The following adaptations of the Discovery Workshops were carried out:

Smart breeding for the future

High-school students experimented with tools used in modern plant breeding. By comparing the genes of different grasses, they could identify a molecular marker which enables grasses to resist damaging fungi. The workshop concluded with a discussion with researchers about the relevance of modern methods and technologies in plant breeding which aim to develop crops that are adapted to climate change.

Help! I'm a stressed-out plant!

The aim was to give an introduction to gas exchange in plants to understand why drought and flooding leads to reduced photosynthesis and therefore reduced food production. Pupils used sensors to measure CO₂ uptake, wet stress, drought, and control in three sets of plants.

This workshop was a shorter version of the "Forecasting the effects of climate change on agricultural crops" and was designed for primary school children.

Forecasting the effects of climate change on agricultural crops

High-school students investigated how stress – e.g., as a result of flooding or drought – affects the uptake of CO₂ in plants. They used sensors to measure CO₂ uptake, wet stress, drought, and control in three sets of plants. A second experiment examined stomata by taking a print with clear nail polish and looking at the imprint under a microscope. A third experiment involved measuring stomatal conductance with a leaf-porometer.

Mykorrhiza – A fungi to fight world hunger?!

High-school students isolated mycorrhizal fungi, stained them, and viewed them through a microscope. Complementing this practical work, students learned at a more theoretical level how

mycorrhizal fungi can serve as agricultural fertilizers. Experiments have shown that their use can save up to fifty percent of the fertilizers that would otherwise be necessary. Other research undertaken in this direction with pigeon pea and finger millet (*Eleusine coracana*) was also presented and discussed.

Resources available at www.klimagarten.ch

Monitoring data

A log file of visitor numbers was kept for each individual event, and a weekly tally of visitors to the gardens was kept from April to mid-September 2016. There were a total of 122 events over twenty-five weeks.

Number of participants for each event:

Lunch talks 282

Science talks 122

Storytelling for children 86

Film showings 97

School groups 450

Art and botanical tours 380

Private tours 376

General visitors (not registered for an event) 9045

Online questionnaire

Using Survey Monkey, we created a nineteen-item questionnaire that took approximately ten minutes to complete. We offered a free copy of our handbook for every completed survey. We received thirty-five completed surveys, and fourteen respondents declared their profession. These included teachers, climate change professionals, social workers, and one artist. This provided useful critical feedback. The questions included a general rating of the project, personal likes and dislikes in the project, what could be improved in the project, what can be done by the individual to mitigate climate change, and the role of science in society. There was also space for comments to the organizers.

In evaluating the surveys, we focused on feedback that will help the next iteration of the *Climate Garden 2085* and opinions about climate change, science, and society which interest us as an institution.

From the thirty-five responses, the overall satisfaction rate was high: forty-seven percent said the garden was very good or good, and fifty percent fairly good, only one person rated it as not at all good; however, the same person said they liked the basic idea. Some quotes: “The Tree (art) trail was fascinating, especially the climate winners and losers – Juanita Schläpfer-Miller’s passion came across well. She conveyed it with great charm – the idea of having two greenhouses for comparison – ‘blue’ images with the ‘photo method’ – getting to know the Old Botanical Garden.”

Personal attitudes to climate change

To the question “What can you do against climate change?”, thirteen answers recommended reducing flights and car use, thirteen reducing meat consumption and buying local seasonal produce,

and five reducing consumption in general. Four respondents said they did not learn anything new from the event they attended.

We asked which scientific research themes respondents were concerned with. Examples we gave were:

- Breeding plants that are more resistant, e.g., that consume less water and survive extreme weather events. And, plants that can fight against new diseases and pests.
- Adapt farming methods in agriculture to reduce carbon emissions and minimize greenhouse gas emissions.
- To develop climate models that allow predictions of the consequences of climate change. For example: What effects does a temperature increase of 4°C have on agriculture and forestry, on plant diversity, or on our water reserves.
- Climate-friendly urban development by avoiding the emission of greenhouse gases (climate protection) and measures to adapt to the consequences of climate change (climate adjustment): for example, more green areas and diverse plant species in the city.

A surprising eighty-eight percent said it was less important to do research on climate models than on climate-friendly city development (eighty-one percent “very important”). This may mean that respondents thought that climate models have been sufficiently researched and research applied to city planning is now more urgent.

Fifty-eight percent thought it was important to conduct research on drought-resistant plants as compared with twenty percent who thought research on soil cultivation methods was necessary. It may be that this question was not clear, as a full forty percent checked “I don’t know.” Asked what are your concerns about climate change, more than eighty-seven percent of respondents are worried by climate change and the keywords here are “climate wars,” “water shortages,” “migration,” “lack of understanding in politics and society.”

Summary

- The theme of plants – as food and landscape – and the local impacts of climate change attracted a broad and interested public, from primary school students to managers.
- Visitors found the experiment and presentation novel and experiential.
- We had good critical feedback from communication professionals.
- Many events allowed time and space for dialogue.
- Survey respondents made clear statements about actions they could take to limit their carbon footprint.
- The surveys and feedback at events showed a high visitor-satisfaction rate.
- Overall we achieved our projected visitor numbers.

Recommendations for next time

- More explanation of what visitors should see – perhaps with an audio tour when the exhibition is not staffed.
- A poster or info-graphic showing the climate models (these were only provided for part of the tour), and a clear written explanation of chosen parameters.
- Five or six take-home messages on a poster by the exit, or on cards for people to take with them.

- Use surveys as well as feedback cards as part of the on-site evaluation, rather than just as overall evaluation after the event.
- Either run the exhibition for a shorter time (four months) or provide more explanation of results in the phase when the plants were dying.