Kann Züchtung nachhaltig sein?

Aktualität

Die EU-Technologieplattform “Plants for the Future” will eine auf lebenswissenschaftlichen Grundlagen aufbauende neuartige Wirtschaftsweise erreichen. Eines ihrer vier Hauptziele betrifft sustainable agriculture, forestry and landscape (siehe z.B. http://www.epsoweb.org/Catalog/TP/index.htm)

was ist Nachhaltigkeit?

Brundtland-Definition: Den Bedürfnissen der heutigen Generation zu entsprechen, ohne die Möglichkeiten künftiger Generationen zu gefährden, ihre eigenen Bedürfnisse zu befriedigen.
Aufrechterhaltbarkeit und Entwicklungsfähigkeit von Zuständen sind notwendige Voraussetzungen.

Vorrang haben Ressourcen, nicht Züchtungsmethoden

Um nachhaltig zu sein

- ∇ dürfen Züchtung und ihre Folgeprodukte die genetischen Ausgangsressourcen aus welchen sie schöpft nicht beeinträchtigen
- ∇ müssen genetische Ausgangsressourcen sich selbstregenerierende Populationen mit hohen Anpassungskapazitäten sein
- ∇ dürfen von Züchtung und ihren Folgeprodukten keine nachteiligen Wirkungen auf andere Ressourcen ausgehen

Nichtbeachtung von Nachhaltigkeit

Formen nicht-nachhaltiger Züchtung

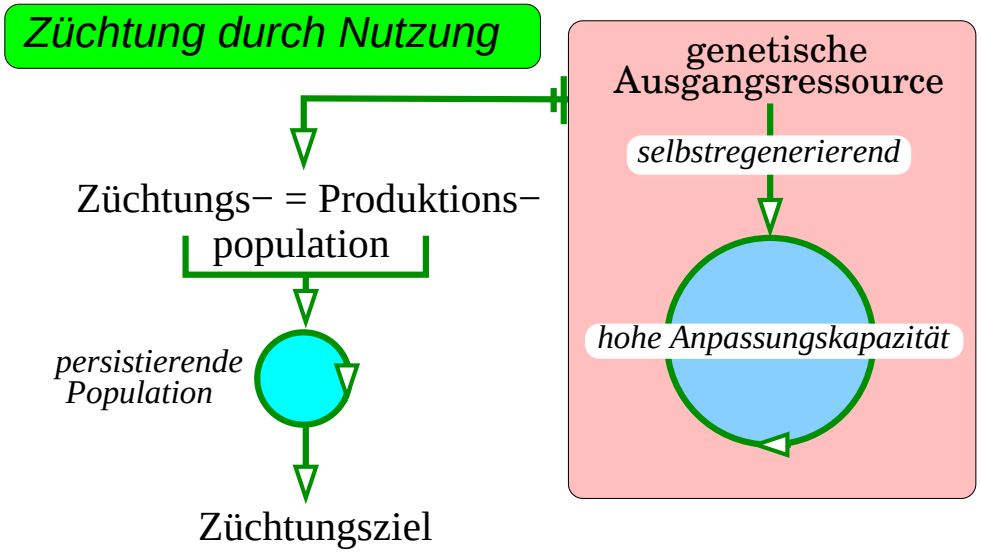
- Züchtungs- oder Produktionspopulationen ersetzen physikalisch ihre Ausgangsressourcen
- Züchtungs- oder Produktionspopulationen modifizieren ihre Ausgangsressourcen genetisch
- Züchtungsstrategien berücksichtigen nicht die Erhaltung ihrer genetischen Ausgangsressourcen
- Züchtungs- oder Produktionspopulationen beeinflussen andere Ressourcen einschließlich der abiotischen Ressourcen nachteilig

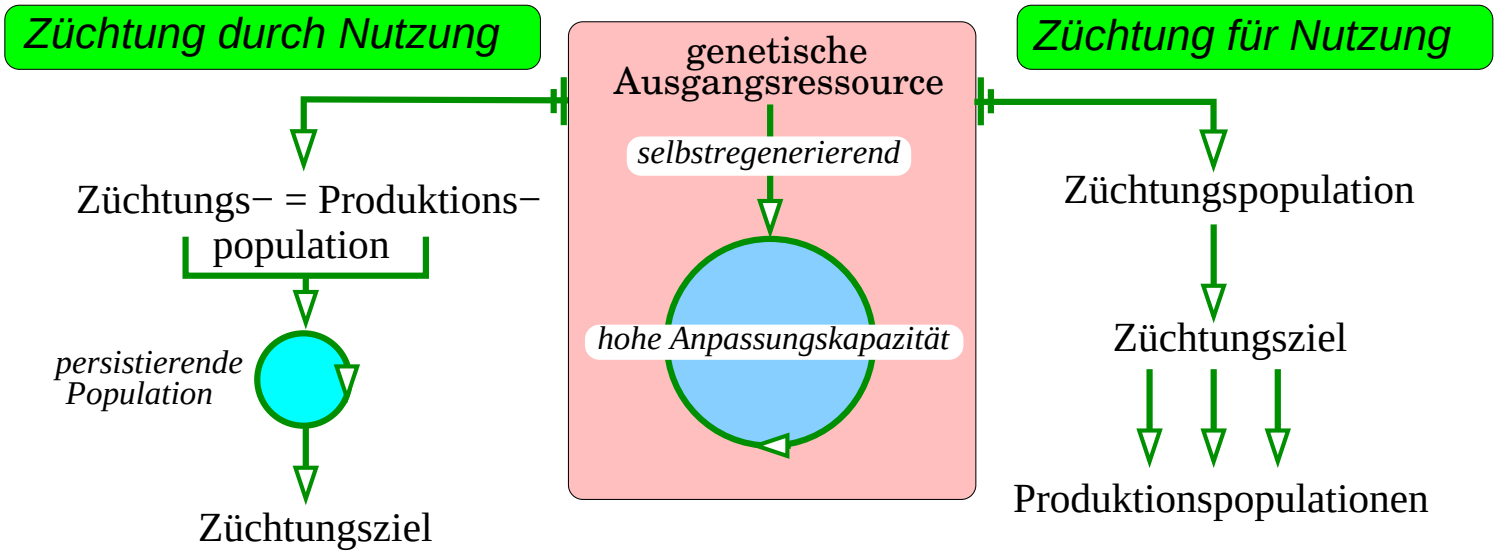
relevante Züchtungsstrategien

Elementare Züchtungsstrategien

(*i*) Züchtung ***durch*** Nutzung – Züchtung und Produktion finden in derselben Population statt, Nutzungsformen und Züchtungsmethoden bedingen sich gegenseitig (Waldbau, Landrassen).

(*ii*) Züchtung ***für*** Nutzung – Züchtungspopulationen sind von Produktionspopulationen getrennt (Inzucht-Heterosis Züchtung).


Züchtung durch Nutzung
genetische Ausgangsressource
selbstregenerierend
hohe Anpassungskapazität
Züchtungs− = Produktions− population
persistierende Population
Züchtungsziel

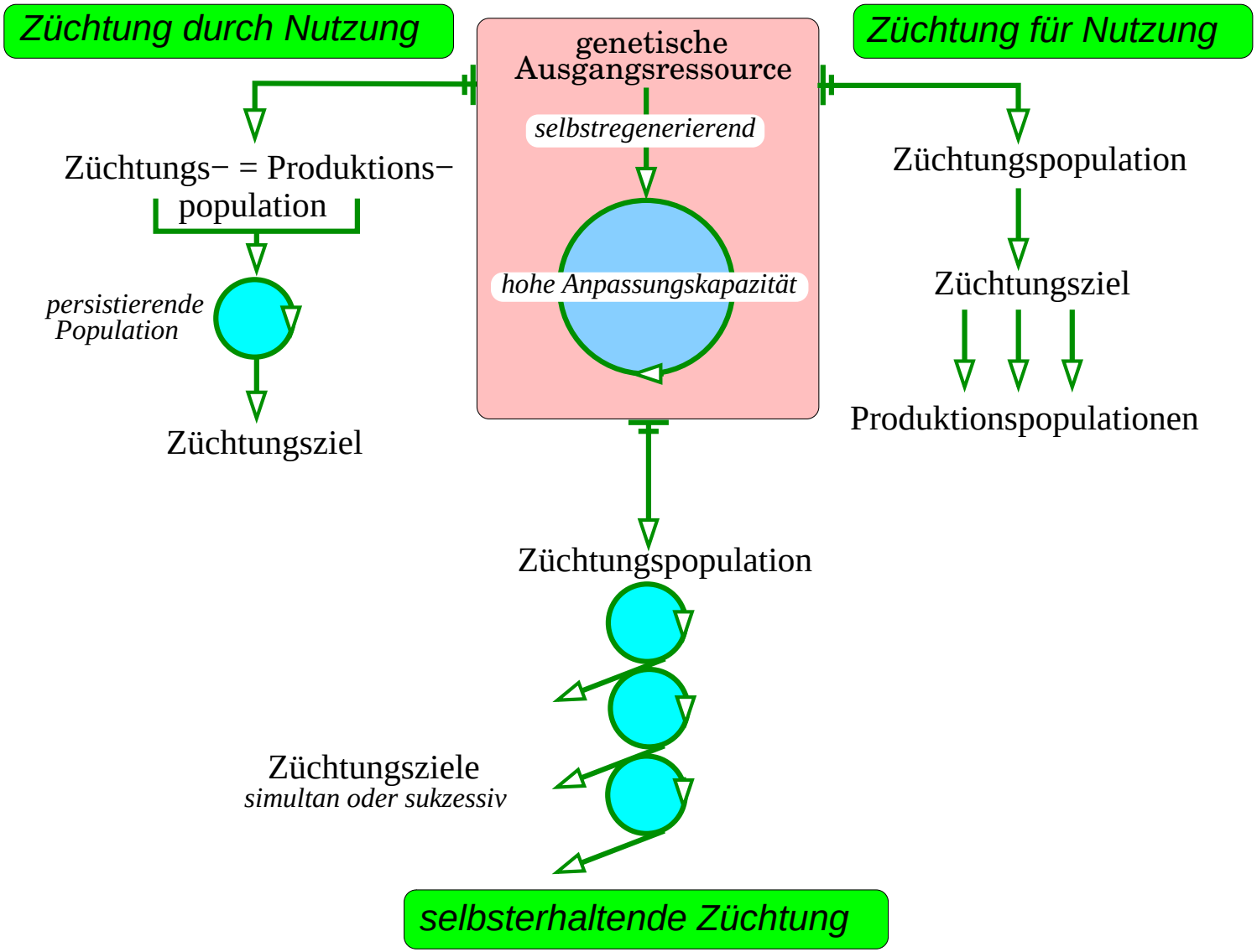

Züchtung durch Nutzung
genetische Ausgangsressource
Züchtung für Nutzung
selbstregenerierend
Züchtungs− = Produktions− population
Züchtungspopulation
persistierende Population
hohe Anpassungskapazität
Züchtungsziel
Züchtungsziel
Produktionspopulationen

Züchtung mit Ressourcen verbinden

Züchtung in persistierenden Populationen

- ∇ ist notwendig bei Züchtung durch Nutzung und ist möglich bei Züchtung für Nutzung (z.B. Vermehrung in Plantagen)
- ∇ erfordert Anpassungskapazität für unvorhersagbare Änderungen
- ∇ kann genetische Variation für sich ändernde Züchtungsziele erhalten
- ∇ erlaubt die Entwicklung von Züchtungspopulationen zu genetischen Ressourcen

⇒ ***selbsterhaltende Züchtung***


Züchtung durch Nutzung
genetische Ausgangsressource
selbstregenerierend
hohe Anpassungskapazität
Züchtung für Nutzung
Züchtungs− = Produktions− population
persistierende Population
Züchtungsziel
Züchtungspopulation
Züchtungsziel
Produktionspopulationen
Züchtungspopulation
Züchtungsziele
simultan oder sukzessiv
selbsterhaltende Züchtung

Hinweise aus etabliertem Wissen

gegenwärtige Züchtungsaktivitäten und -theorien

- sind nahezu vollständig auf Strategie (*ii*) ausgerichtet, zumeist mit Schwerpunkt auf kurzzeitigen Perspektiven
- verfügen kaum über Züchtungsmethoden zur Umsetzung von Strategie (*i*) oder über Methoden der selbsterhaltenden Züchtung
- bieten Möglichkeiten zur Umsetzung von Strategie (*i*) und von selbsterhaltender Züchtung in Herkunftsgebieten, die als Populationsareale definiert sind oder in Landrassen
- ermöglichen die Erhaltung von Variation im genetischen Hintergrund von Züchtungspopulationen z.B. durch "multiple population breeding" oder Maximierung effektiver Populationsgrößen in Verbindung mit Inzucht reduzierenden Züchtungsplänen

zu berücksichtigende Zielsetzungen

Elementare Züchtungsziele

- Vermehrung ökonomisch und ökologisch erwünschter Eigenschaften
- Anpassung (durch Resistenz oder Toleranz) an spezielle biotische und abiotische Stressoren
- Erhöhung der Anpassungskapazität (Stabilisierung degradierter Populationen)
- Erhaltung genetischer Ressourcen

die nachhaltige Umsetzung der Ziele

Erhaltung der Anpassungsfähigkeit

- ∇ findet auf zwei Merkmalsebenen statt:
  (a) Zielmerkmal
  (b) Hintergrundmerkmale

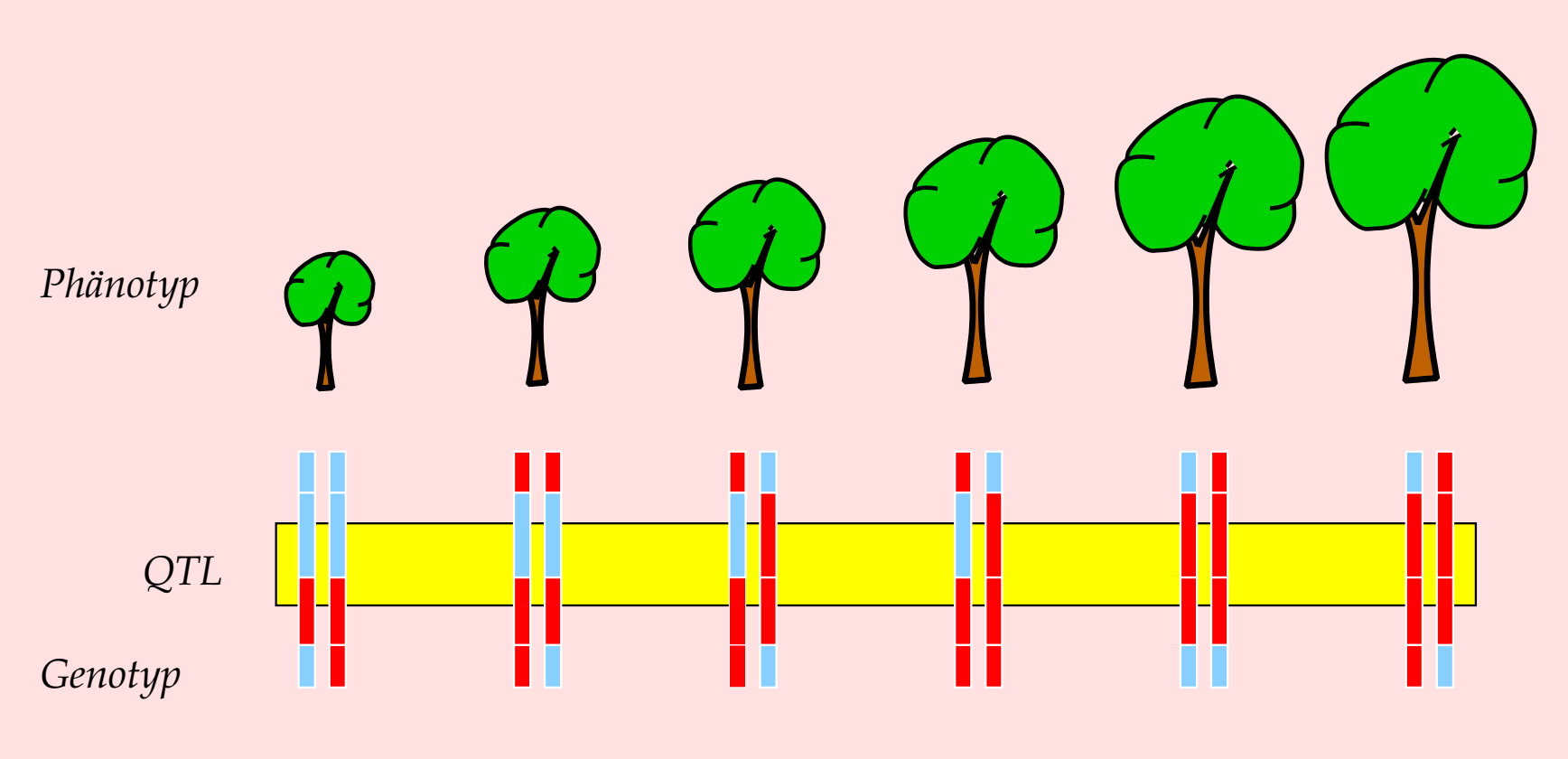
- ∇ ist erreichbar auf Ebene (a) durch Vermeidung von Reinzucht, auf Ebene (b) durch Minimierung der Assoziationen zwischen Zielmerkmal und genetischem Hintergrund

Erhaltung von Anpassungsfähigkeit

- wähle aus den Ausgangsressourcen jene mit den geringsten Assoziationen zwischen den Zieleigenschaften (Zielmerkmalszuständen) und dem genetischen Hintergrund
- entkopple in persistierenden Züchtungspopulationen die Zielmerkmalsloci von ihrem genetischen Hintergrund durch mehrere der Selektion vorgeschaltete Zyklen erhöhter Fremdbefruchtung
- führe große Zahlen von Kreuzungen vornehmlich, aber nicht nur, unter den Trägern der Zieleigenschaften durch >>>

>>> Erhaltung von Anpassungsfähigkeit

- nutze Marker ohne funktionelle Beziehung zum Zielmerkmal oder mit hoher Pleiotropie (wie konstitutive Enzyme) für die Beprobung des genetischen Hintergrundes
- beziehe nicht nur Träger der Zieleigenschaften in das Selektionsregime ein
- nutze die Möglichkeiten der Marker-gestützten Frühselektion bei Begrenzungen durch die Generationszeit und die Testperiode (im Idealfall durch Fingerabdruck von Allelen, gegebenenfalls aus QTLs)
- verwende große Klonzahlen bei Klonzüchtung



Marker-gestützte Frühselektion: Die phänotypische Variation ist weitgehend genetisch bestimmt; im QTL-Bereich gibt es zwei Allele, welche homozygot für die extremen und heterozygot für die intermediären Phänotypen kodieren. Die phänotypischen Variationsbereiche der QTL-Genotypen sind ausreichend getrennt, um eine effiziente Selektion der Zieleigenschaften zu gewährleisten.

Möglichkeiten der Gentechnik

Bedingung

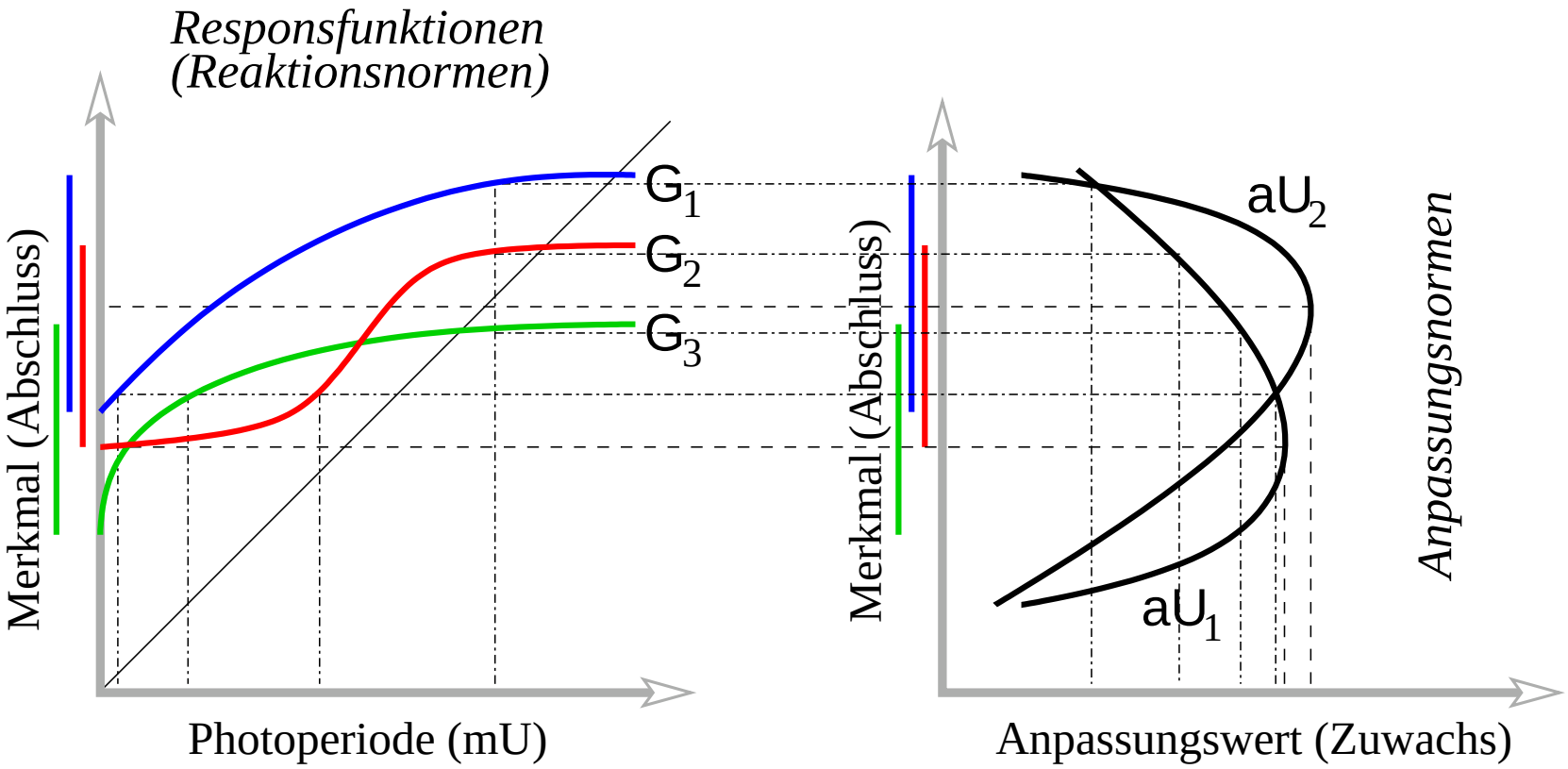
- ∇ die transferierten Gene gefährden nicht die evolutionär-adaptive Koordination des Empfängergenoms
- erfordert allgemein ausreichende Positions-, Sequenz- und Funktionshomologie zu im Empfängergenom existierenden Genen (Allelie)
  - ist unwahrscheinlich bei zufälliger Integration
  - könnte durch effiziente Methoden der homologen Rekombination möglich werden (vielleicht sogar für interspezifischen Gentransfer)

Responsfunktionen, Umweltbedingungen

Mit abnehmender Kontrollierbarkeit der Umwelt gewinnen in der Züchtung Responsfunktionen von Zielmerkmalen gegenüber speziellen Zieleigenschaften an Gewicht

- Responsfunktionen werden durch (die Merkmalsausprägungen) modifizierende nicht aber durch (Lebensfunktionen beeinträchtigende) adaptive Umweltbedingungen bestimmt
  - z.B. wird der Zeitpunkt des Wachstumsabschlusses von der Photoperiode modifiziert, und Frühfröste entscheiden über die Angepaßtheit dieses Zeitpunkts
- Assoziationen zwischen modifizierenden und adaptiven Umweltbedingungen der Zielmerkmale bestimmen den Züchtungserfolg grundlegend

>>>



G = Genotyp
mU = modifizierende Umwelt
aU = adaptive Umwelt (Fruehfrost)

Anpassungswert =
relative Beeintraechtigung
der Lebensfunktionen

>>> Responsfunktionen, Umweltbedingungen

Responsfunktionen werden für genetische Einheiten unter verschiedenen Umweltbedingungen ermittelt. Die Einheiten unterscheiden sich durch das Ausmaß an genetischer Variabilität des Zielmerkmals und seines Hintergrundes sowie durch die Assoziation zwischen beiden:

- Populationen oder Herkünfte – große Variation des Zielmerkmals und des genetischen Hintergrundes
- Familien – eingeschränkte Variation des Zielmerkmals und des genetischen Hintergrundes
- Klone – ohne Variation des Zielmerkmals und des genetischen Hintergrundes
- Marker-Genotypen (QTL) – kontrolliert eingeschränkte Variation des (funktionell und strukturell assoziierten) Zielmerkmals und beliebige Variation des genetischen Hintergrundes (Marker-gestützte Versuchsanlage)

Zusammenfassung

Die Nachhaltigkeit der Züchtung steigt mit der Sicherheit der genetischen Ausgangsressourcen und dem Ausmaß, in welchem Züchtungspopulationen ihre eigene genetische Ressource bilden (Selbsterhaltung).

Die wichtigsten Voraussetzungen sind

- ∇ Sicherheit der genetischen Ausgangsressourcen
- ∇ persistierende Züchtungspopulationen
- ∇ Minimierung der stochastischen Assoziationen zwischen Zielmerkmal und genetischem Hintergrund
- ∇ Charakterisierung von Responsfunktionen für Zielmerkmale
- ∇ Charakterisierung von Assoziationen zwischen modifizierenden und adaptiven Umweltbedingungen für Zielmerkmale
- ∇ Ausschluß von Beeinträchtigungen der evolutionär-adaptiven Koordination des Genoms durch Gentransfer