

Grundlagen der Züchtung bei Nutztieren

Fachtag Aquakultur und Fischerei am 28.02.2023 in Königswartha



Dr. Uwe Bergfeld

Sächsisches Landesamt für Umwelt, Landwirtschaft und Geologie

Abteilung 07 – Landwirtschaft, Waldheimer Str. 219 | 01683 Nossen

Was ist Tierzuchtung?



Züchten heißt in Generationen denken

Praktische Tierzucht über Jahrtausende



Die Guten ins Töpfchen, die Schlechten ins Kröpfchen

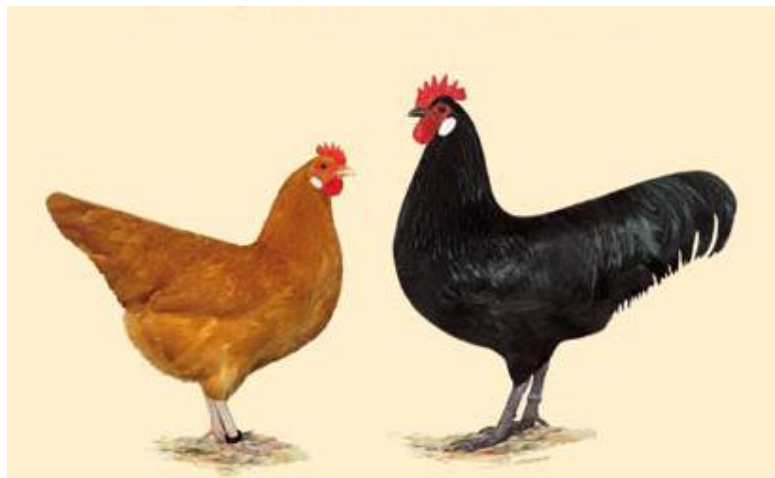
Genetische Unterschiede durch systematische Zuchtarbeit



Laufenten



Seidenhuhn



Sachsenhuhn



Kröpfer-Taube

Genetische Unterschiede durch systematische Zuchtarbeit



Araber



Haflinger



Rheinisch-Deutsches Kaltblut



Shetlandpony

Genetische Unterschiede durch systematische Zuchtarbeit



Merinofleischschaf



Kamerunschaf



Jakobsschafe



Texel

Genetische Unterschiede durch systematische Zuchtarbeit



Göttinger Minischwein



Wildschwein



Landrasse



Pietrain

Genetische Unterschiede durch systematische Zuchtarbeit



Deutsche Holsteins



Dexter

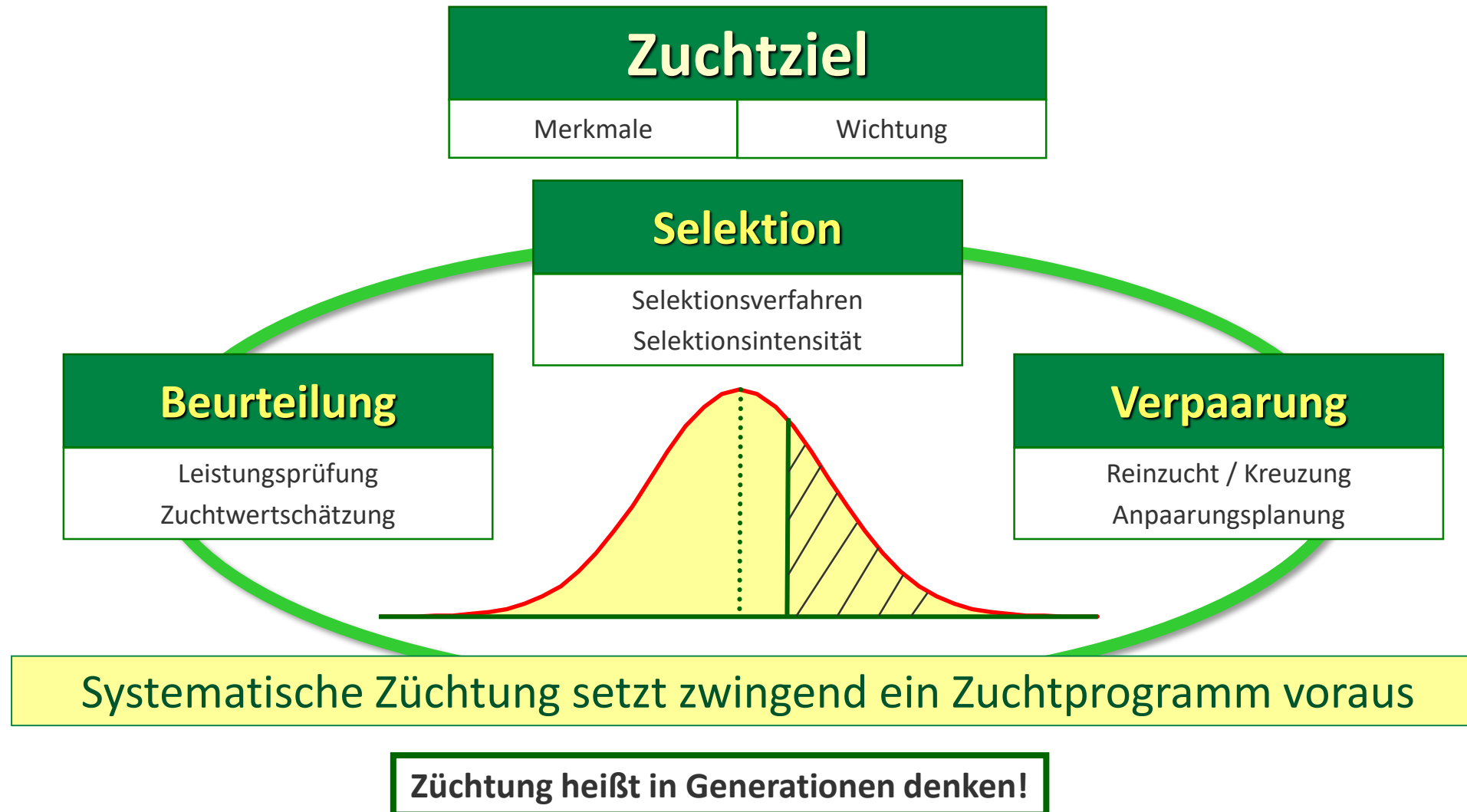


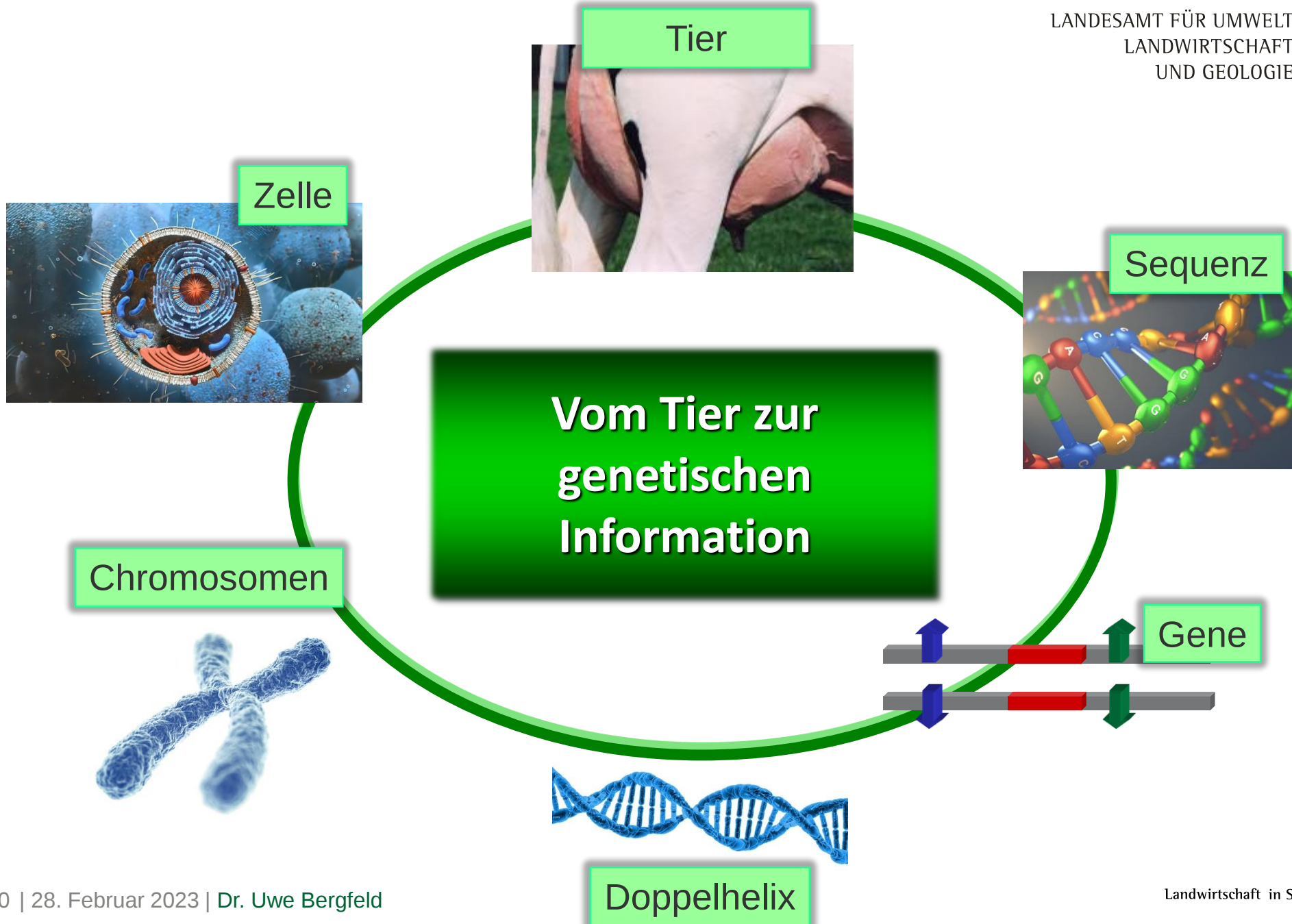
Schottisches Hochlandrind
(Highland Cattle)



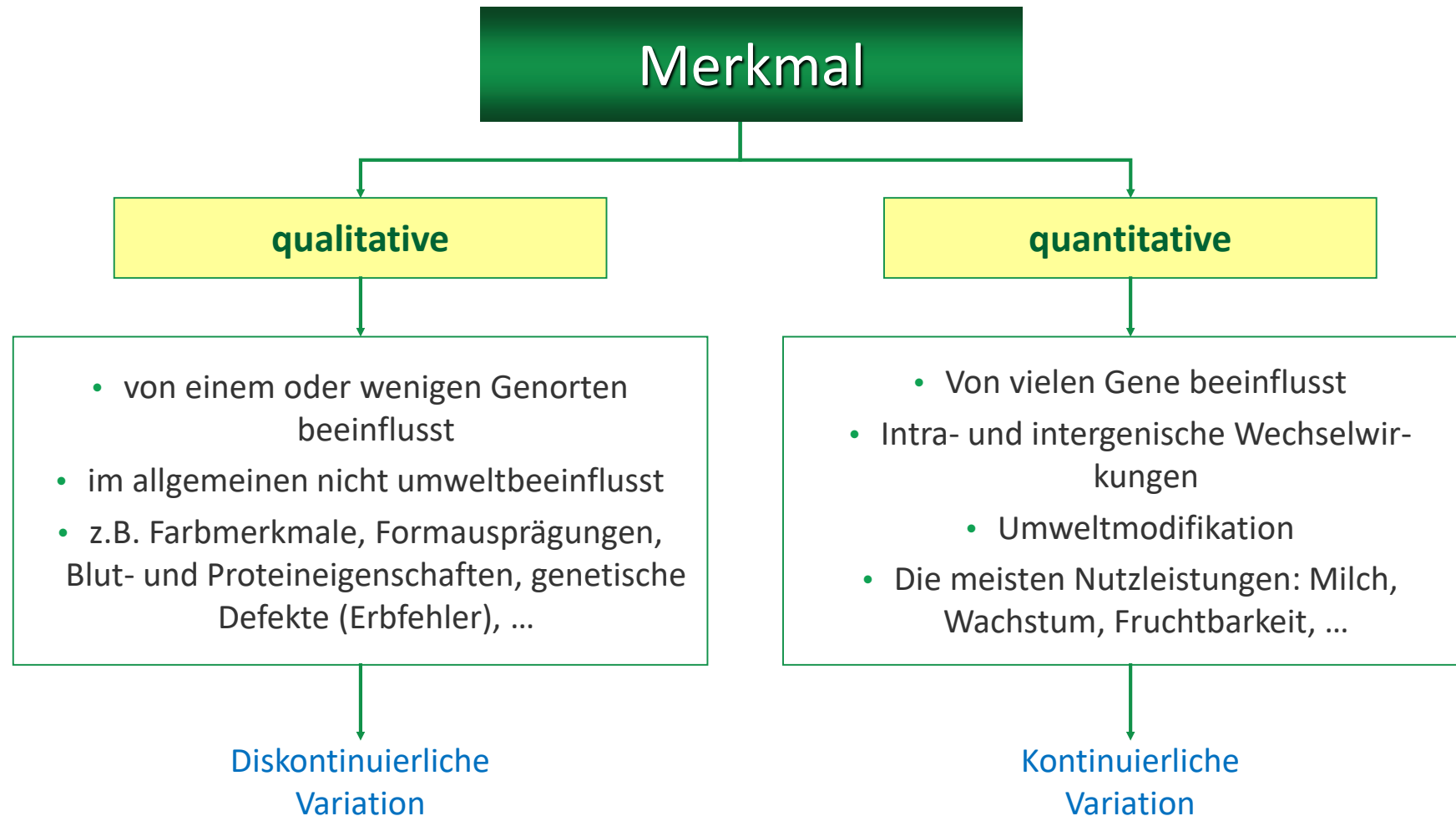
Limousin

Hauptelemente der Tierzucht





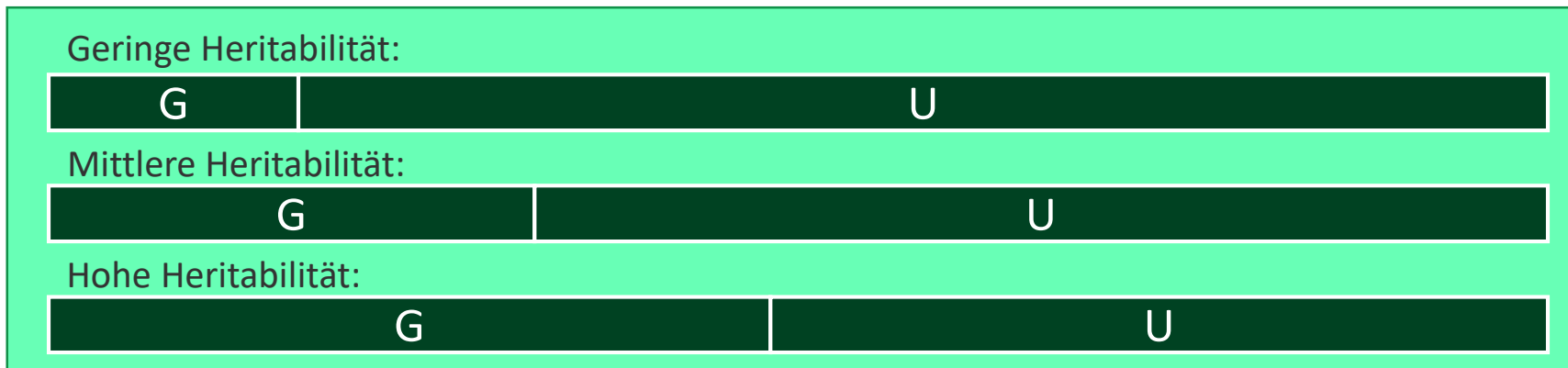
Genetischer Hintergrund von Merkmalen



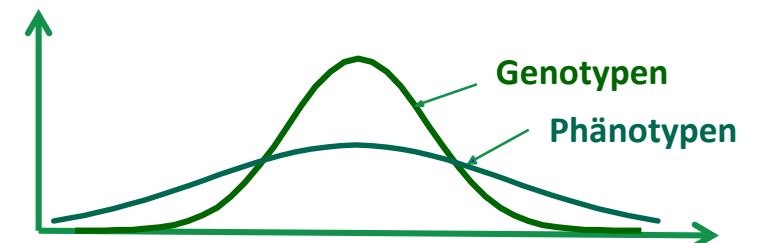
Heritabilität – zentraler Parameter der Tierzucht

$$\text{Phänotypische Varianz} = \text{Genetische Varianz} + \text{umweltbedingte Varianz}$$

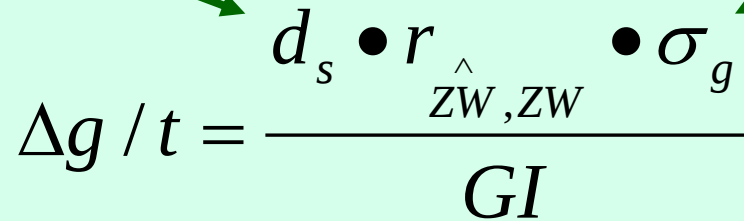
$$\text{Heritabilität} = h^2 = \frac{\sigma_g^2}{\sigma_p^2} = \frac{\text{genetische Varianz}}{\text{phänotypische Varianz}}$$



Geringe Heritabilität (... 0,15)	Fruchtbarkeit, Vitalität Krankheitsresistenz, Verhalten
Mittlere Heritabilität (0,15 ... 0,30)	Die meisten Leistungsmerkmale
hohe Heritabilität (0,30 ...)	Exterieur



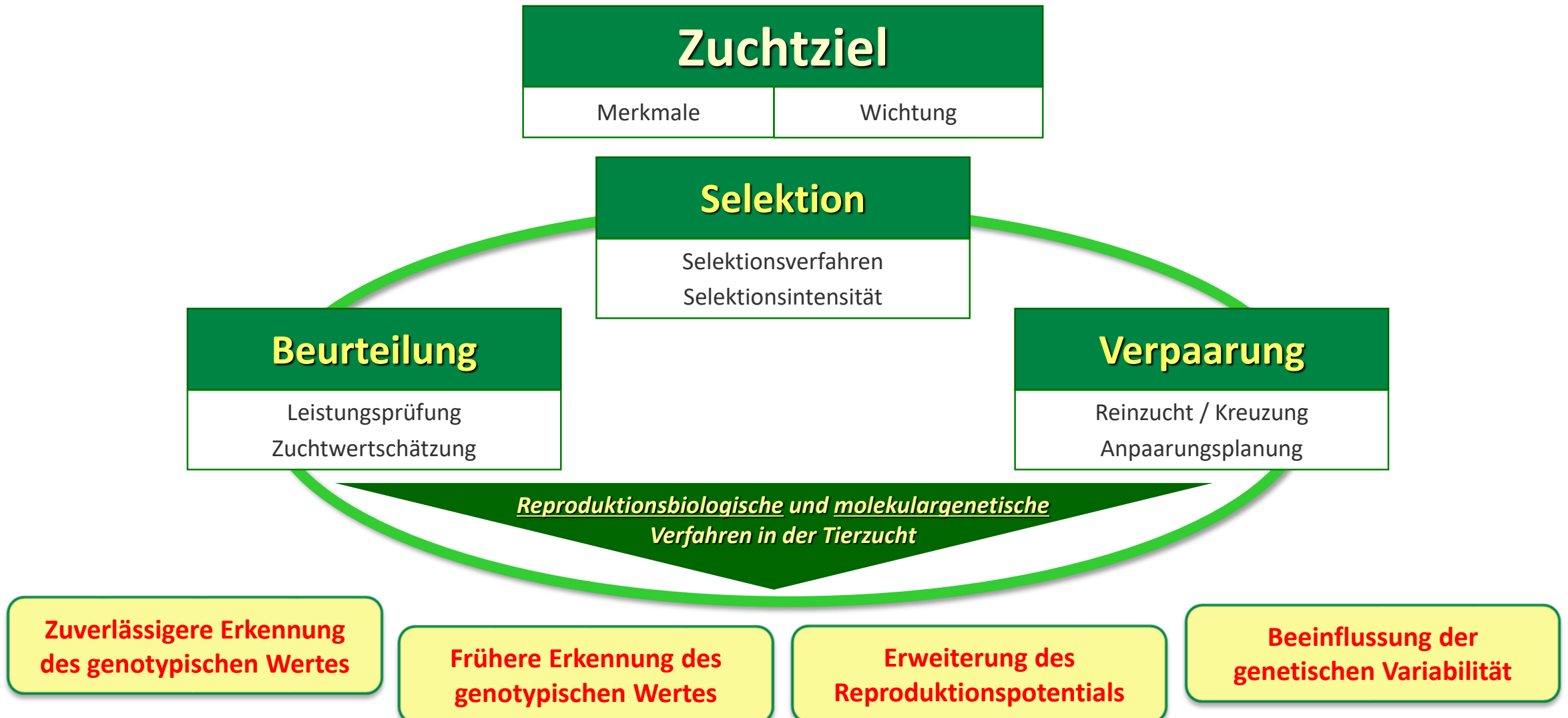
Zentrale Formel der Tierzucht

 d_s, r, σ

RR = Remontierungsrate (%), GI = Generationsintervall (Jahre)

- ❖ Genetische Variabilität
- ❖ Identität kennen und wiedererkennen
- ❖ Abstammung
- ❖ Exakte Leistungserfassung
- ❖ Bedingungen der Leistungserbringung

Hauptelemente der Tierzucht



Optimierung der Tierzucht

durch zuchtorganisatorische, mathematische, reproduktionsbiologische und molekulargenetische Verfahren

Zuverlässigere Erkennung des genetischen Wertes

- Genauigkeit der LP
- Genauigkeit der ZWS
- Abstammungsnachweis, Identitätskontrolle
- Nutzung genomischer Informationen

Frühere Erkennung des genetischen Wertes

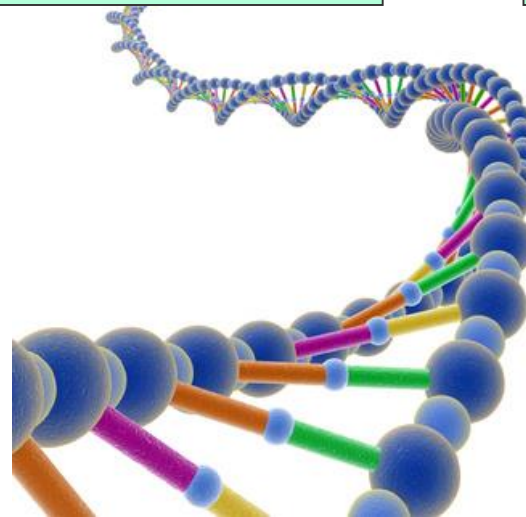
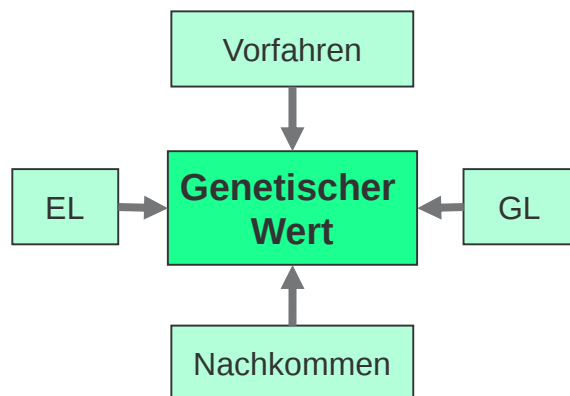
- Moderne Methoden der Zuchtwertschätzung
- Erbfehlerdiagnose
- Markergestützte Selektion
- Genomanalyse

Erweiterung des Reproduktionspotentials

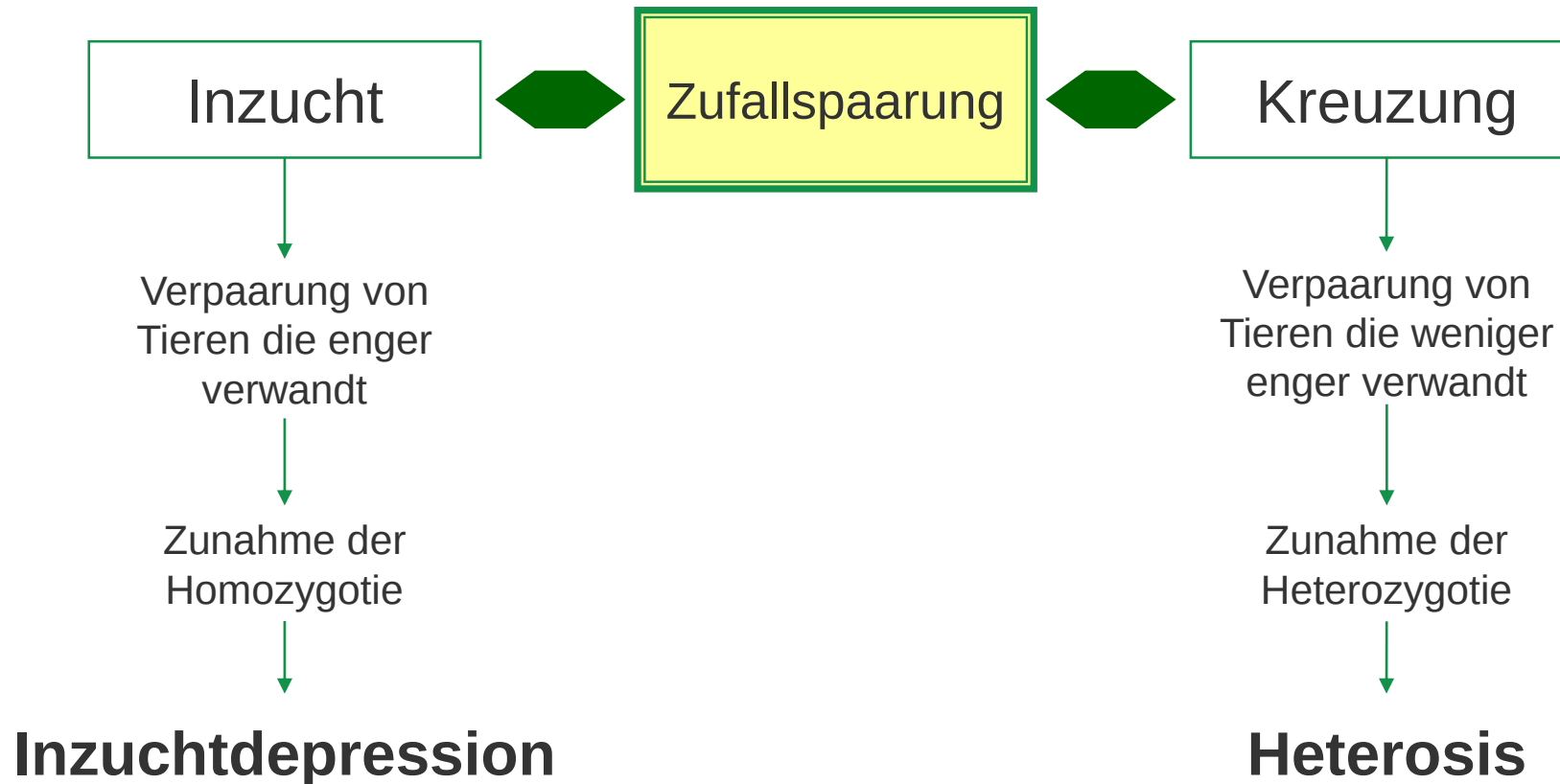
- Künstliche Besamung
- Spermakonservierung
- Embryotransfer, OPU/IVP
- Spermasexing
- Klonierung

Beeinflussung der genetischen Variabilität

- Gentransfer
- Genome Editing



Verpaarungssysteme



ca. 2-20% per 10% Zunahme von Heterozygotie / Homozygotie

Verpaarungssysteme in der Tierzucht

Reinzucht

Verpaarung von Tieren, die zur gleichen Population gehören

Nutzung der genetischen Variation innerhalb ausgewählter Populationen durch Selektion und gerichtete Paarung

Kreuzung

Verpaarung von Tieren verschiedener Populationen

Systematische Nutzung der genetischen Unterschiede zwischen verschiedenen Zuchtpopulationen

Nutzung von Heterosiseffekten

Kombination positiver Eigenschaften verschiedener Rassen

„Umgehung“ von Merkmalsantagonismen

Kreuzung mündet wieder in Reinzucht

Zuchttier- = Nutztierbestand

- Veredlungskreuzung
- Kombinationskreuzung
- Verdrängungskreuzung

Kreuzung fordert Reinzucht als bleibende Voraussetzung

Zuchttier- <> Nutztierbestand

Kontinuierlich:

- Wechselkreuzung
- Rotationskreuzung

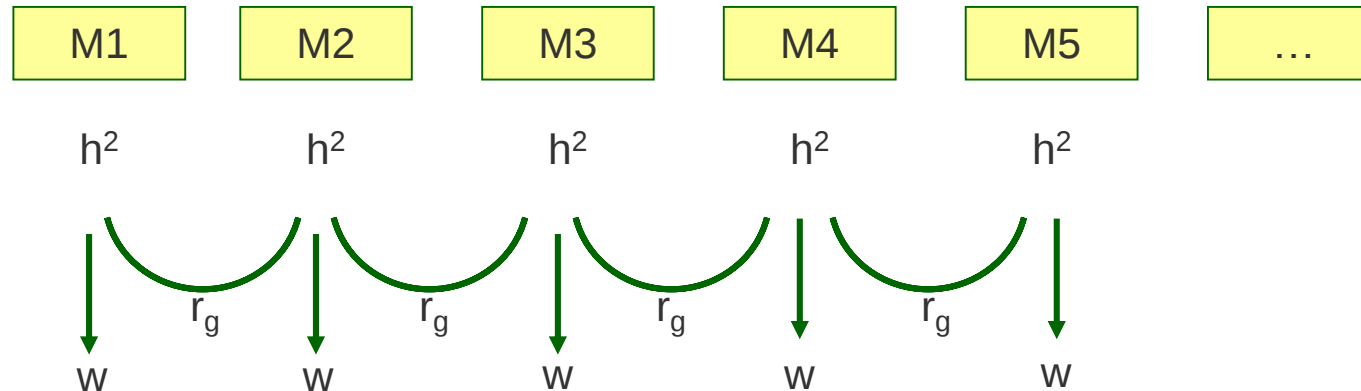
Diskontinuierlich:

- Einfachkreuzung
- Mehrfachkreuzung



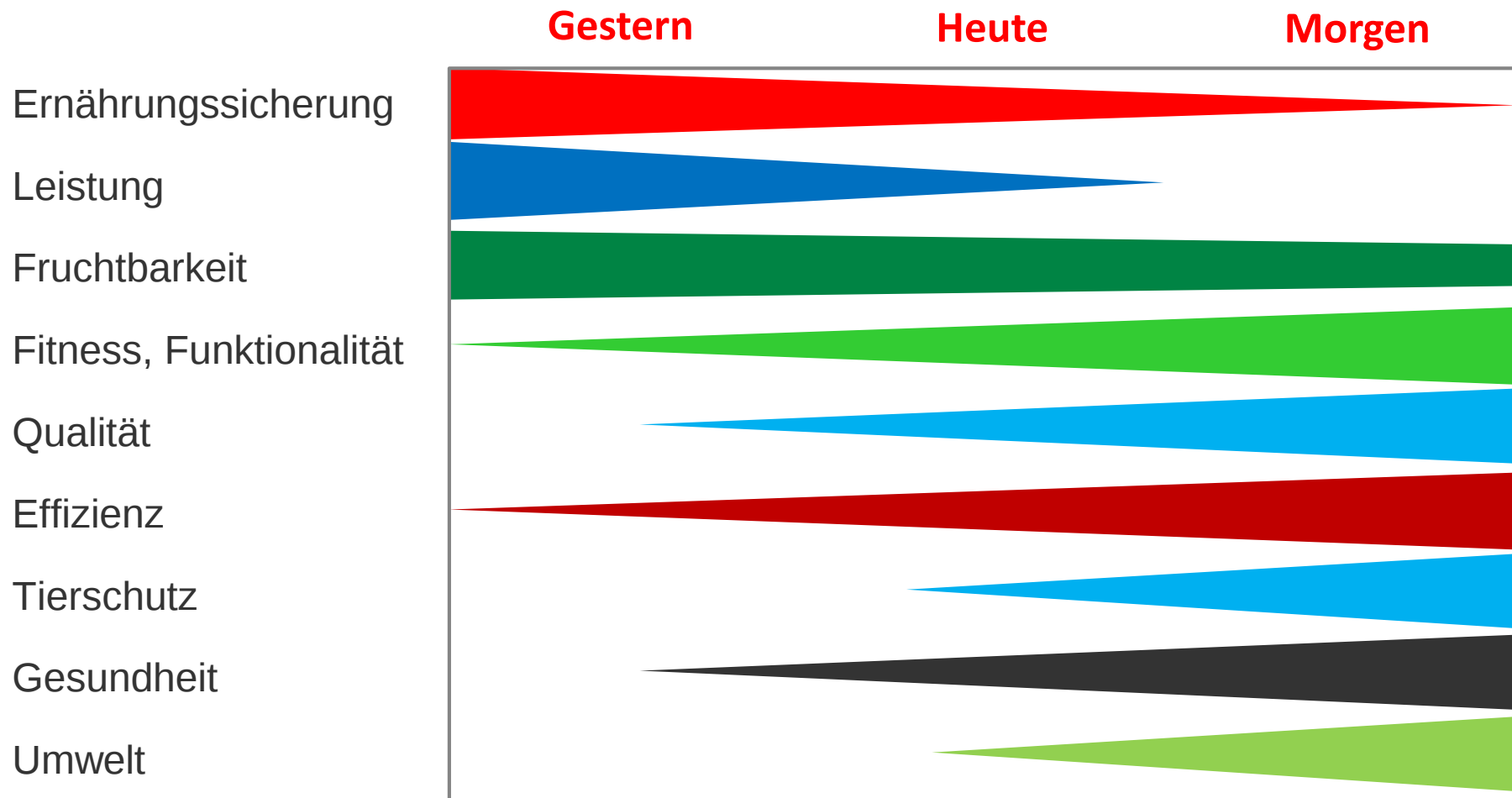
Definition von Zuchtzielen ...

- Auf welche Merkmale will ich selektieren?
- Inwieweit sind diese Merkmale genetisch bedingt?
- Wie sind die genetischen Beziehungen zwischen den Merkmalen?
- Welche Bedeutung kommt den einzelnen Merkmalen zu?



$$\boxed{\text{Zuchtziel}} = \boxed{\text{Funktion (G1, G2, G3, G4, G5, ...)}}$$

Zuchtziele gestern, heute und morgen



Entwicklungsetappen der Tierzucht

Bis Mitte 19. Jh

- Tierzucht weitestgehend intuitiv
- Vielzahl regionaler Rassen und Schläge
- Nutzung: Dung, Militär, Zugkraft, Ernährung

Bis Mitte 20. Jh

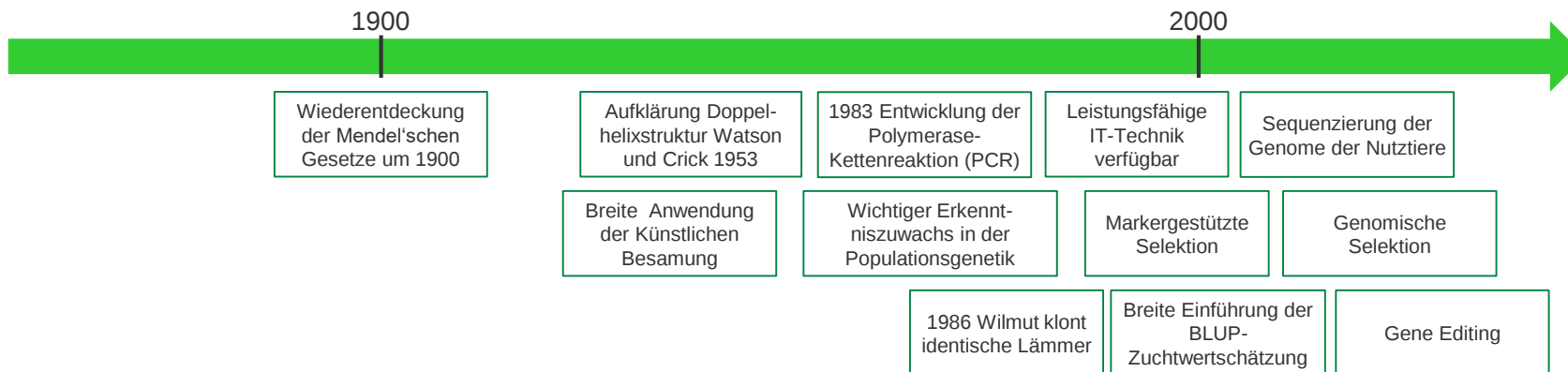
- Beginn der systematischen Tierzucht
- Erste Herdebücher, Zuchtprogramme und Zuchtorganisationen
- Systematische Leistungsprüfung
- Zuchtziele zur Ernährungssicherung

Bis 90er 20. Jh

- Etablierung von Besamungszuchtprogrammen
- Systematische Nutzung Kreuzungszucht
- Populationsgenetik prägt Zuchtmethodik
- Zunehmende Nutzung von Reproduktionstechniken

Bis heute

- Zunehmende Nutzung der Molekulargenetik
- Genomische Selektion bringt Umbau der Zuchtprogramme
- Nutzung Bioinformatik, Big Data



Höhlenmalereien von Lascaux
(zwischen 17.000 und 15.000 v. Chr.)

Quelle: http://de.wikipedia.org/wiki/H%C3%B6hle_von_Lascaux

2001

Die Sequenzierung des Genoms des Menschen



“Mondlandung”



Daniel Huson 2011

Sequenzierungserfolge

- 2000 Genom der Fruchtfliege *Drosophila melongaster* sequenziert
- 2001 Detailliertere Karte des Humangenoms → **kostete mehrere Milliarden US-Dollar**
- 2002 Genom der Maus sequenziert
- 2005 Entziffertes Erbgut: Hunde-Genom
- 2009 Rindercode geknackt - Forscher entschlüsseln Erbgut von Kühen vollständig → **kostete noch 50 Millionen US-Dollar**
- 2009 Genom von Schweinen entziffert
- 2009 Pferdegenom entschlüsselt
- 2012 Schafgenom sequenziert
- 2013 Ein Forscherteam von der Chinese Academy of Fishery Sciences entschlüsselte das Genom des Karpfens *Cyprinus carpio*.



```
gcccgcaccgatcgccctcccaacagttgcgcagcctgaatggcgaatggcgcttgctggtttccg  
gtgccggaagctggctggagtcgatcttctgaggccgatactgcgtcgccctcaactggcaga  
gatgcgccatctacaccaacgtaacctatccattacggtcaatccgctgtttgccacggagaatc  
actcgctcacatttaattgatgaaagctggctacaggaaggccagacgcgaattatttgatggcgt  
tcatctgtggtcaacggcgctgggtcggttacggccaggacagtcgtttgccgtctgaattgacctg  
gcgcggagaaaaacgcctcgcggtgatggtgctgcgttggaagtgcggcagttatctggaatcag  
atgagcggcattttcgtgacgtctcgttgctgcataaacgactacacaaatcagcgatttccatgttg  
tgatgattcagccgctgactgaggctgaagttcagatgtgcggcaggttgctgactacactacg  
ttatggcagggtgaaacgcaggtcgccagcggcaccgcgcctttcggcggtgaaattatcgatgagcg  
gatcgctcacactacgtctgaacgtcgaacccgaaactgtggagcggcgaatcccgaaatctcta  
gaactgcacaccgcgcagcgcgctgattgaagcagaagcctgcgatgctggtttccgcgaggtgc  
tctgctgctgtaacggcaagccgttgctgattcaggcggttaacgtcacgagcatcatcctctgca  
gatgagcagacgatggtcaggatactctgctgatgaagcagaacaacttaacgcggtgcgctgtt  
catccgctgtggtacacgctgtgcaccgctacggcctgtatgtggtgatgaagccaattgaaac
```

→ **Sequenzierung ist heute Routine**

Genomische Selektion

- Revolution in der Tierzucht?

Das Zuchtsystem befindet sich
im Umbruch

„Ohne Genomischen
Zuchtwert keine Stier-
selektion mehr möglich!“

Genomische Selektion:
Schöne neue Welt?

Ein Quantensprung in der
Tierzucht ...

Revolution durch die Genomische Selektion

Genomische Selektion beim Schwein - von der Utopie zur Realität

Abteilung 9 – Tierische Erzeugung

Am Park 3, 04886 Köllitsch

Internet: <http://www.smul.sachsen.de/lfulg>

Bearbeiter: Dr. Roland Klemm, Dr. Ralf Fischer; Dr. Uwe Bergfeld

E-Mail: roland.klemm@smul.sachsen.de

Tel.: 034222 46 2100

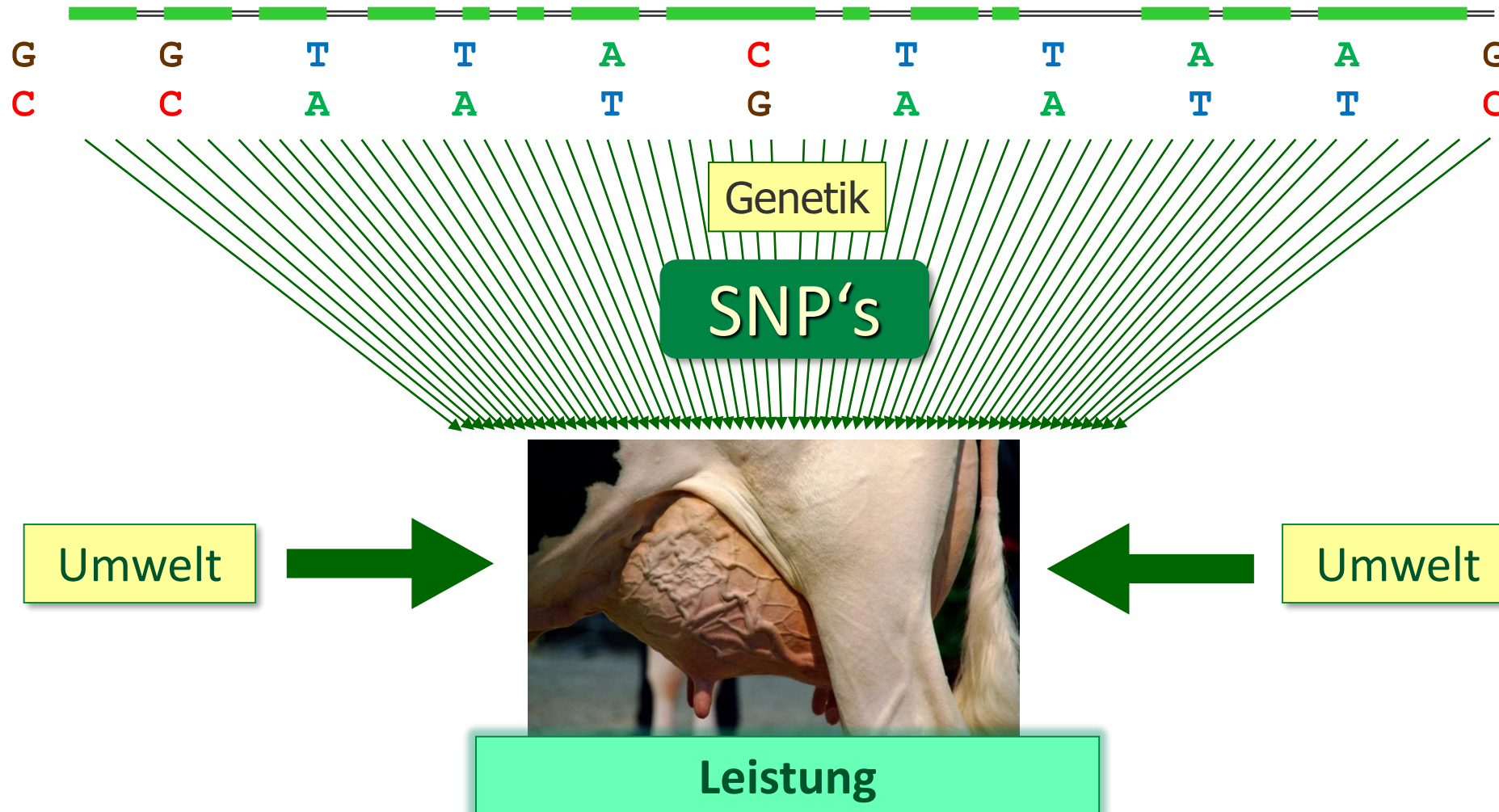
Redaktionsschluss: 20.08.2010

Genomische Selektion in der Tierzucht ist praxisreif!

Erstmals offizielle genomisch verbesserte Zuchtwerte für Milchrindbullen
veröffentlicht!

Fakten – Hintergründe - Rechtslage

Prinzip der Genomischen Selektion

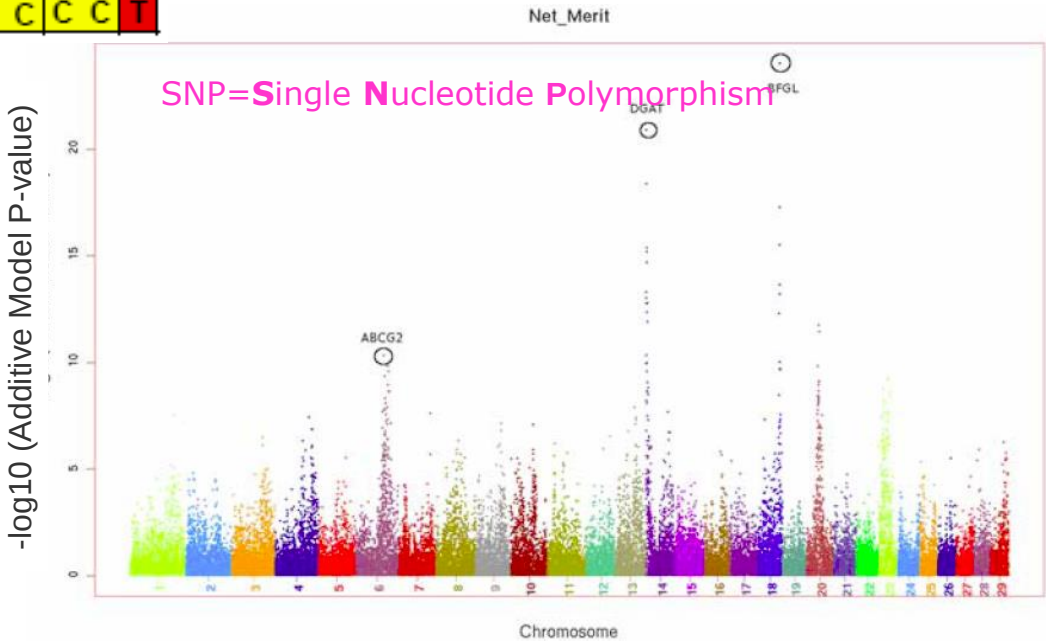


Prinzip der Genomischen Selektion

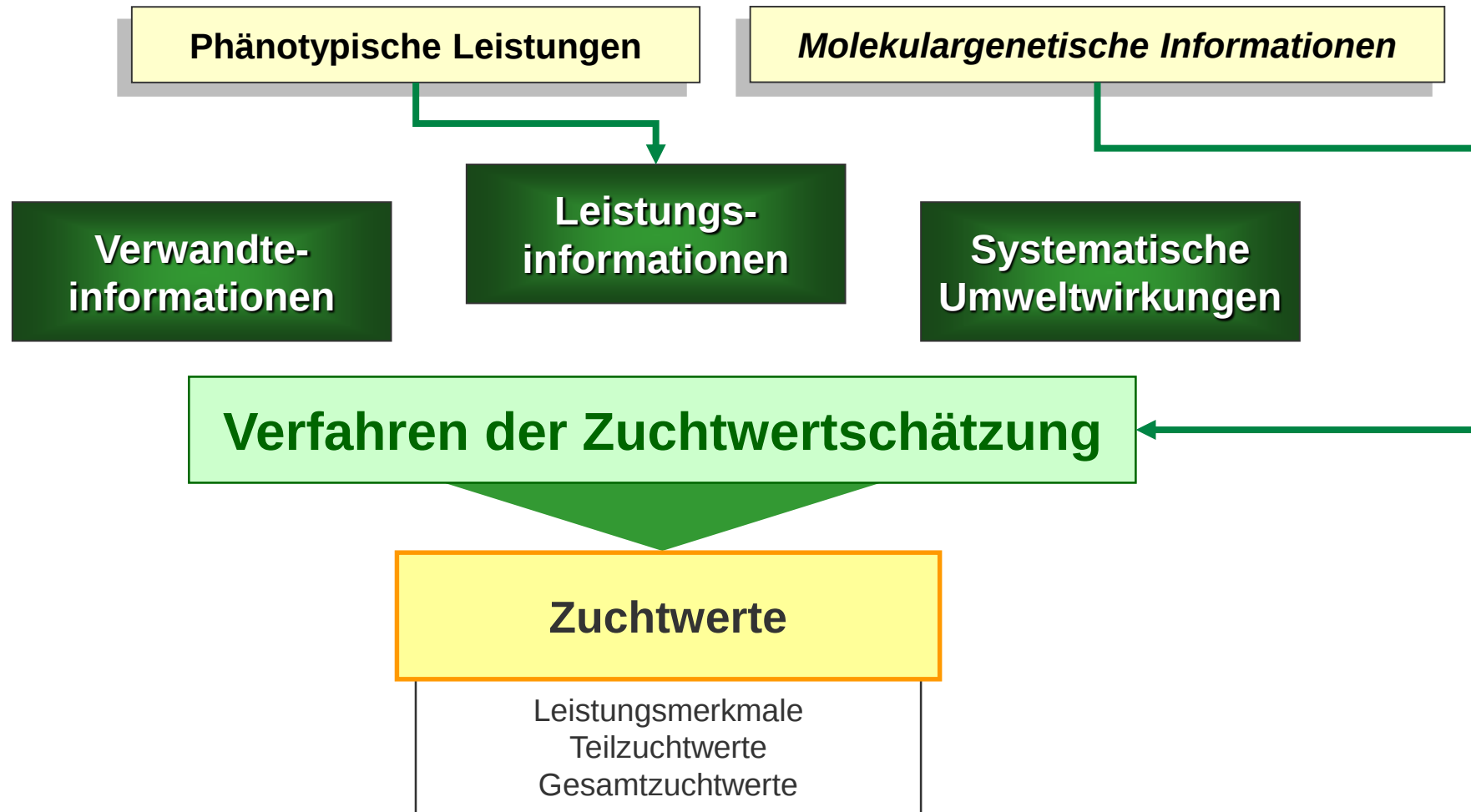
SNP Position		Tiere									
SNP	171 296 468	C	C	C	C	C	C	C	C	A	A
	171 296 469	G	G	G	G	G	A	A	A	G	G
	171 296 480	G	G	G	G	G	G	G	G	G	A
	171 296 502	G	G	G	G	G	G	G	G	G	T
	171 296 514	T	T	T	T	T	A	A	A	A	A
	171 296 530	A	A	A	A	A	G	G	G	G	G
	171 296 567	C	C	C	C	C	T	T	T	T	C
	171 296 615	G	G	G	G	G	G	G	G	G	A
	171 296 640	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C
	171 296 681	C	C	C	C	C	C	C	C	C	T

✓ Typisierung der Individuen nach SNP-Genotypen

✓ Bestimmung des genetischen Wertes der SNP-Genotypen



Grundprinzip der Zuchtwertschätzung



Vorteile der Genomischen Selektion

- **Höhere Sicherheit** der Zuchtwertschätzung
- **Frühzeitige Erkennung** des genetischen Wertes → Geringeres Generationsintervall
- Keine aufwändigen **Nachzuchtprüfprogramme** mehr nötig
- Bessere Erkennung **genetischer Defekte** + sichere **Abstammungskontrolle**
- Optimierte SNP-basierte **Anpaarung**
- **Effizienzsteigerung** der Zuchtprogramme

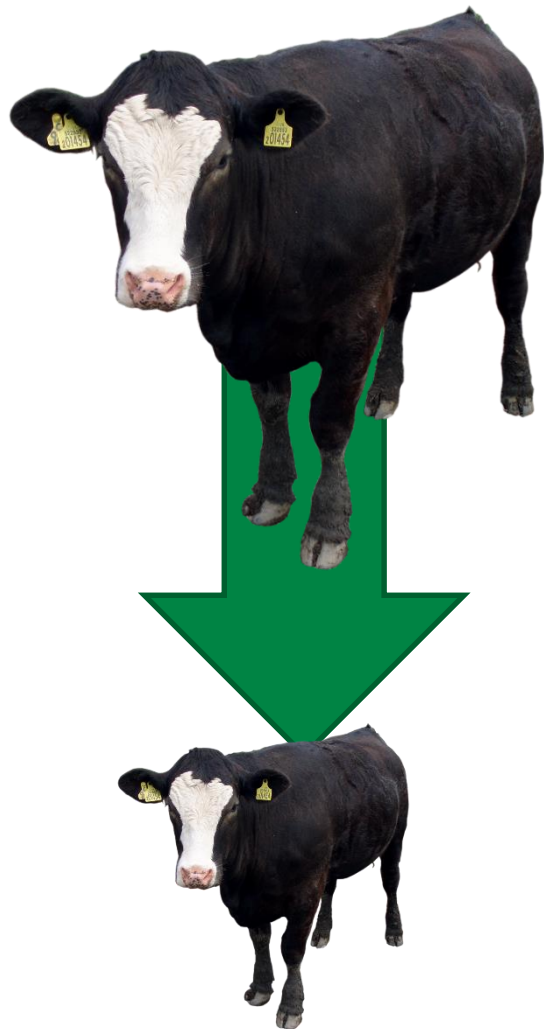
Wert der Züchtungsarbeit bei Fischen

- Der Karpfen ist bei weitem die am **längsten domestizierte Fischart** der Aquakultur.
- In jüngerer Zeit wurden **Atlantischer Lachs**, der **Kanalwels** und **Tilapia** genetisch verbessert.
- Mit dem Erfolg der Zuchtprogramme und der Verwendung dieser verbesserten Rassen in vielen Zuchtsystemen entsteht das Problem der **Interaktion** zwischen genetisch verbesserten Aquakulturbeständen und ihren Wildbeständen. Diese wilden Verwandten sind Grundlage der (traditionellen) Fischerei.
- Aquakulturzüchtung kann andererseits helfen, das **Aussterben** der wilden Verwandten zu minimieren, wie es bei vielen Nutztieren und -pflanzen der Fall ist

Biologische Besonderheiten beim Fisch im Vergleich zu landwirtschaftlichen Nutztieren

- Vermehrungsrate
- Äußere Befruchtung
- Hoher Homozygotiegrad → Inzuchtrisiken
- Auftreten von Polyploidie
- Gynogenese, Androgenese, mögliche Geschlechtskontrolle
- Variabilität bei der Chromosomenzahl innerhalb eines Individuums (Mosaik) und innerhalb von Populationen
- Schwierigere Identifikation der Einzeltiere
- Schwierigere Zuordnung zur Abstammung

Vermehrungsraten bei landwirtschaftlichen Nutztieren



1

:

1



1

:

1.000.000

Züchtungsmethoden in der Aquakultur

- Selektionszüchtung (Positive Massenauslese)
- Hybridisierung und Kreuzungszüchtung
 - Intraspezifisch (innerhalb der gleichen Art)
 - Interspezifisch (zwischen Arten, z. B. = Bachsaibling x Bachforelle = Tigerforelle)
- Chromosomensatzmanipulation (Polyploidisierung)
- Geschlechtskontrolle (je nach Fischart):
 - all-male (z. B. Tilapia)
 - all-female (z. B. Forellen)
- Gentransfer (AquAdvantage®-Lachs)

Wichtig: Beachtung von bei Fischen sehr bedeutenden Genotyp-Umwelt-Interaktionen

Chromosomensatzmanipulation

- Bei Fischen und Schalentieren ist es möglich, **ganze Chromosomensätze** durch Unterbrechung des Zellteilungsprozesses in der frisch befruchteten Eizelle zu manipulieren.
- Diese Techniken sind bei höheren Organismen im Allgemeinen nicht möglich.
- Es gibt vier Arten der Manipulation, die häufig angewandt werden:
 - Gynogenese,
 - Androgenese,
 - Triploidie
 - Tetraploidie.
- Der Karpfen (*Cyprinus carpio*) ist eine evolutionär tetraploide Art (doppelter Chromosomensatz aller anderen bekannten Cypriniden)
 - Karpfenkaryotyp enthält $2n = 100$ Chromosomen
- Die Tetraploidisierung fand vor etwa 5,6 bis 11,3 Millionen Jahren statt
- Grund für besondere Raschwüchsigkeit und Maximalgröße?

Genmanipulation

AquAdvantage® - Lachs von der FDA zugelassen

- Ende der 1990er Jahre **gentechnisch veränderte (gv) Lachse** von der Firma AquaBounty Technologies entwickelt
- **Zwei Gene** in das Genom von Lachsen übertragen:
 - ein Gen für ein Wachstumshormon einer anderen Lachsart (Königslachs, *Oncorhynchus tshawytscha*)
 - ein Regulationsgen eines Fisches (*Zoarces americanus*), der an kalte Meeresregionen angepasst ist
- Wachsen **ganzjährig** und erreichen bereits innerhalb von 18 bis 20 Monaten ihr Schlachtgewicht von etwa sechs Kilogramm
- Im November 2015 hat die FDA den AquAdvantage Lachs zugelassen
 - das erste gentechnisch veränderte Tier, welches für den menschlichen Verzehr zugelassen ist
 - Breiter Widerstand + Klagen

→ **Technische Möglichkeiten des Gentransfers müssen auch vom Verbraucher akzeptiert werden.**



Züchtungsarbeit beim Karpfen

- Die **Domestikation des Wildkarpfens** begann unabhängig voneinander in Asien, später in Europa.
- Urform der heutigen europäischen Teichkarpfen dürften **Wildkarpfen aus der Donau** gewesen sein.
- Durch die **Anlage von Teichen** mit ihrem gegenüber natürlichen Gewässern günstigeren Temperaturregime wurde es möglich, Karpfen in Regionen aufzuziehen und zu vermehren, in denen normalerweise keine natürliche Reproduktion mehr erfolgt.
- Es hat nie **Zuchtbücher oder Zuchtvorschriften** gegeben, vergleichbar mit der Nutztierzucht. Eine planmäßige überörtliche Zuchtarbeit ist nie über die Anfänge hinaus gekommen. Maximal Zucht einzelner Teichwirte.
- In den Jahren um 1920 hat die DLG (Deutschen Landwirtschaftsgesellschaft) versucht, Ordnung in die **Rassenproblematik** zu bringen → war nicht haltbar
- Später entstand der Begriff **Karpfenstamm** = Zuchtform, die durch natürliche und künstliche Selektion an die Bedingungen in einem Zuchtbetrieb besonders gut angepasst ist.
- **Wirklicher Zuchtfortschritt** der zu wirtschaftlicheren und konkurrenzfähigeren Merkmalen wird z.Z. in Deutschland kaum generiert.

Die Vererbung qualitativer und quantitativer Merkmale beim Karpfen

- Karpfen können sich im **Phänotyp** recht deutlich voneinander unterscheiden
- Das betrifft sowohl die **Beschuppung**, die **Körperform**, aber auch die **Färbung**



Tata scaly carp



Amur wild



Duna wild carp

Beschuppung

- I Die Art der Beschuppung des Karpfens wird von **zwei autosomalen, nicht miteinander gekoppelten Genen** (S und N) mit jeweils zwei Allelen bestimmt (MENDELSCHEN Vererbungsregeln)
- I Bei Karpfen werden folgende **Phäno- bzw. Genotypen** unterschieden:
 - I Schuppenkarpfen (Genotypen SSnn oder Ssnn)
 - I Spiegelkarpfen (Genotyp ssnn)
 - I Zeilkarpfen (Genotypen SsNn oder SSNn)
 - I Nacktkarpfen (Genotyp ssNn)
- I Von diesen Beschuppungsformen können nur Spiegel- und homozygote Schuppenkarpfen (Genotyp SSnn) **reinerbig** vermehrt werden.
- I Zeil-, Nackt- und heterozygote Schuppenkarpfen lassen sich nur **spalterbig** vermehren → die Nachkommen spalten auf
- I Homo- bzw. heterozygote Schupper können nur durch **Vermehrung** differenziert werden
- I Zeilkarpfen wie auch Nacktkarpfen sollen nicht vermehrt werden → **Genotyp NN ist Letalfaktor** - diese Fische sind nicht lebensfähig

Vermehrung zweier heterozygoter Schuppenkarpfen Ssnn x Ssnn

	Sn	sn
Sn	SSnn	Ssnn
sn	Ssnn	ssnn

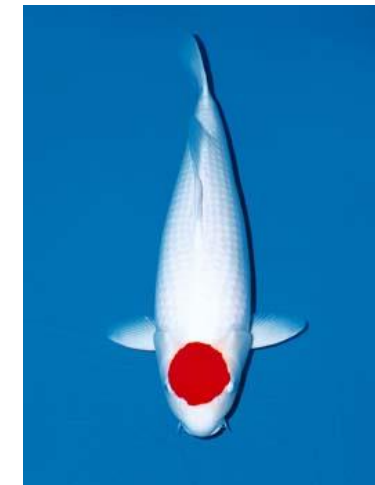
Im **Ergebnis** entstehen:

- 25 % homozygote Schupper (Genotyp SSnn),
- 50 % heterozygote Schupper (Ssnn) und
- 25 % Spiegelkarpfen (ssnn)

Färbung



- Farben werden beim Karpfen **überwiegend nicht monogen** vererbt, was die gezielte Zucht speziell gefärbter Fische schwer macht
(Ausnahmen: Bläulinge, Goldvarianten u.ä.)
- Darum werden Spitzen-Kois zu schwindelerregenden Preisen vermarktet
(Laichkarpfen von US \$ 0,5 Mill. sind keine Seltenheit)



Tancho Kohaku:
Die Krönung
japanischer
Koizucht

Intraspezifischen Diversität bei Karpfen

- Es bestanden **erhebliche Informationslücken** von genetische Vielfalt von Zuchtkarpfen
- **Verschiedene Projekte** zur genetischen Vielfalt von Zuchtkarpfen
- **Ausreichende genetische Diversität** zwischen den Zuchtfischbeständen - mehr regions- bzw. herkunftsbedingt, weniger infolge züchterischer Bearbeitung
- Überwiegend Familienbetriebe und daher finanziell nicht in der Lage, **moderne Methoden der Selektion** wie z. B. Familienselektion mit Zuchtdokumentation durchzuführen
- **Geringe genetische Inzuchtkoeffizienten**
- **Potential zur Steigerung der Leistungsfähigkeit** wird nicht ausreichend genutzt

Herkunftsvergleich Karpfen

Abschlussbericht 2016



Gert Füllner ¹⁾, Matthias Pfeifer ¹⁾, Sebastian Lippold ¹⁾, Thomas Heller ¹⁾, Andrea Standke ¹⁾, Klaus Kohlmann ²⁾, Dieter Steinhagen ³⁾, Grit Bräuer ⁴⁾, Kerstin Böttcher ⁴⁾, Andreas Müller-Belecke ⁵⁾

- 1) Sächsisches Landesamt für Umwelt, Landwirtschaft und Geologie
- 2) Leibniz-Institut für Gewässerökologie und Binnenfischerei e.V. Berlin-Friedrichshagen
- 3) Stiftung Tierärztliche Hochschule Hannover
- 4) Sächsische Tierseuchenkasse, Fischgesundheitsdienst
- 5) Institut für Binnenfischerei e. V. Potsdam-Sacrow

Nationales Fachprogramm zur Erhaltung und nachhaltigen Nutzung aquatischer genetischer Ressourcen

Ziele

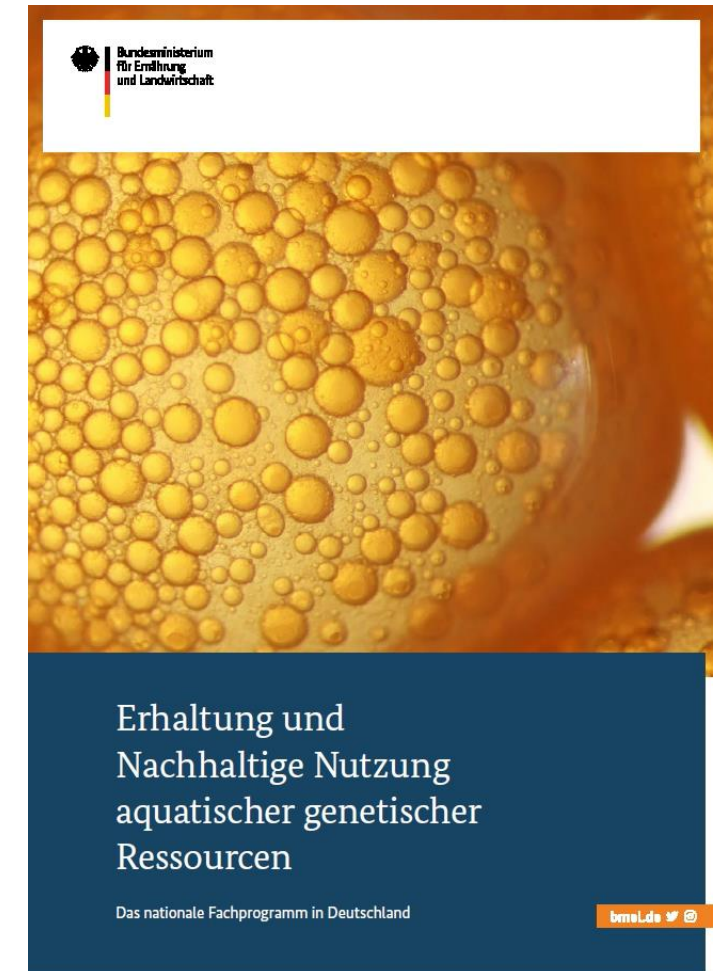
- Die **Vielfalt der aquatischen genetischen Ressourcen** langfristig erhalten → Evaluation, Charakterisierung, Dokumentation
- Erhaltung und Wiederherstellung **aquatischer Ökosysteme**
- **Erhaltung, nachhaltigen Nutzung** und **Wiederansiedlung** aquatischen genetischen Ressourcen

Kernaussage

- Von der ordnungsgemäßen Binnenfischerei gehen heute **kaum Gefährdungen** für Artenvielfalt und Fischbestände aus.

Fischereibehörde

- **Monitoring** des Zustands der Fischartengemeinschaften, Fischartenkataster
- **Besatzfische** als ein wichtiger Bestandteil der fischereilichen Hege
- Programm zur Wiedereinbürgerung des **Atlantischen Lachses**



Credo - Zuchtarbeit bei Karpfen

In Anlehnung an Füllner et al. (2016): Abschlussbericht Herkunftsvergleich Karpfen)

- | **Ausschließlich Massenselektion** - wirklicher Zuchtfortschritt der zu wirtschaftlicheren und konkurrenzfähigeren Merkmalen wird z.Z. in Deutschland kaum generiert
- | Die ständige Karpfenzüchtung bleibt primär **Aufgabe der Vermehrungsbetriebe**
- | Der für die Vermehrung gehaltene und eingesetzte Laichfischbestand sollte **nicht zu klein** sein
- | Die Zuchtauswahl sollte **primär nach morphometrischen Kriterien** erfolgen
- | **Spiegelkarpfen reinerbig** vermehren → auf schwach beschuppten Karpfen mit einer dorsalen Schuppenreihe und einzelnen Streuschuppen an den Flossenansätzen kören.
- | Laichfischbestände, die in ihrer Lebenszeit bereits mit dem **KHV Kontakt** hatten, sind nach Möglichkeit zu erhalten.
- | Für großen Vermehrungsbetrieben (Bruthäusern) wird empfohlen
 - | Erzeugung von **Gebrauchskarpfenbrut** - Rogener und Milchner jeweils aus separat gehaltenen Zuchtlinien zu nutzen – Minimierung von Inzuchteffekten
 - | Etablierung einer detaillierten **Leistungsprüfung, Zuchtdokumentation und Zuchtwertschätzung** für die Auswahl der Laichfische.
 - | Die Anwendung von **genomischen Methoden** zur Zuchtauswahl prüfen
- | Auf **reinerbige Vermehrung** von Spiegel- und Schuppenkarpfen ist zu achten.
- | Vermehrungsbetrieb oder Kooperationen von Zuchtbetrieben sollten **individuelle Zuchtziele / Zuchtprogramme** verfolgen → Wachstumsleistungen, Vitalität, Futterverwertung, Krankheitsresistenz, ...

Grundlagen der Züchtung bei Nutztieren

Fachtag Aquakultur und Fischerei am 28.02.2023 in Königswartha



**Herzlichen Dank
für Ihre Aufmerksamkeit**

Dr. Uwe Bergfeld

Sächsisches Landesamt für Umwelt, Landwirtschaft und Geologie

Abteilung 07 – Landwirtschaft, Waldheimer Str. 219 | 01683 Nossen

#Impressionen Königswartha

LANDESAMT FÜR UMWELT,
LANDWIRTSCHAFT
UND GEOLOGIE



#Impressionen Königswartha

LANDESAMT FÜR UMWELT,
LANDWIRTSCHAFT
UND GEOLOGIE

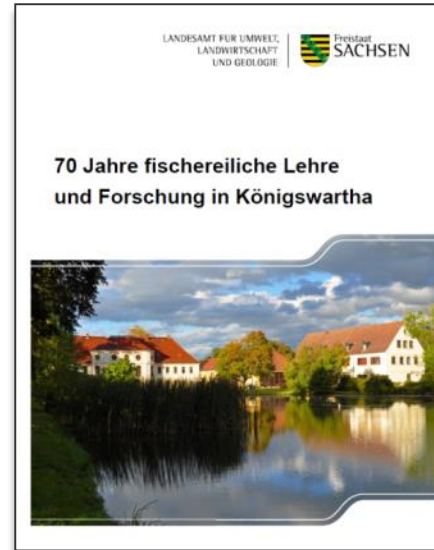


#Impressionen Königswartha

LANDESAMT FÜR UMWELT,
LANDWIRTSCHAFT
UND GEOLOGIE



Meisterschüler Sander Fuhrmann am 26.11.2021 im „Riverboat“



Abschluss Fischwirtschaftsmeisterlehrgang in der Dreikönigskirche

