

Weiterführende Informationen zu dem Beitrag:

Eichenberg, E. & V. Kuschka (2025): Populationstrends von Amphibien in Sachsen in den letzten 30 Jahren, basierend auf der Analyse von Amphibienzaunaten.
– Zeitschrift für Feldherpetologie 32: 39–65.

A. Details zum statistischen Modell

Um die räumlich-zeitlichen Muster der beobachteten Individuenzahlen der jeweiligen Amphibienart zu analysieren, wurde ein hierarchisches Modell unter Verwendung des integrierten Laplace-Approximationsansatzes (INLA) implementiert. Das Modell basiert auf einer negativen Binomialverteilung, die Zählprozesse mit Overdispersion abbildet. Die Wahrscheinlichkeitsverteilung des Beobachtungsvektors $Y=(Y_1, Y_2, \dots, Y_n)$ wird wie folgt spezifiziert:

$$Y_i \sim \text{NB}(\mu_i, \theta)$$

wobei μ_i der Erwartungswert von Y_i ist, und θ ein Dispersionsparameter, der die Overdispersion kontrolliert. Der Erwartungswert μ_i steht über eine logarithmische Linkfunktion mit einem additiven linearen Prädiktor η_i in Beziehung:

$$\log(\mu_i) = \eta_i.$$

Der lineare Prädiktor η_i ist wie folgt definiert:

$$\eta_i = \beta_0 + \beta_{1 \rightarrow k} \cdot \text{Methode}_i + \beta_{l \rightarrow n} \cdot \text{Klima}_i + f_{\text{rw1}}(\text{Jahr}_i) + f_{\text{spde}}(\mathbf{s}_i),$$

wobei die einzelnen Modellkomponenten wie folgt spezifiziert sind:

1. **β_0 :** Der Intercept (auch Y-Achsenabschnitt) des Modells, der den durchschnittlichen Effekt beschreibt, wenn alle anderen Variablen auf 0 gesetzt werden.
2. **$\beta_{1 \rightarrow k} \cdot \text{Methode}_i$:** Feste Effekte der methodischen Variablen auf die Zielgröße Y_i mit den Effektkoeffizienten $\beta_{1 \rightarrow k}$.
3. **$\beta_{l \rightarrow n} \cdot \text{Klima}_i$:** Feste Effekte der klimatischen Variablen mit den Effektkoeffizienten $\beta_{l \rightarrow n}$.
4. **$f_{\text{rw1}}(\text{Jahr}_i)$:** Zufälliger Effekt, der eine zeitliche Abhängigkeit modelliert. Der Effekt folgt einem Random-Walk-Modell 1. Ordnung (RW1):

$$f_{\text{rw1}}(\text{Jahr}_i) \sim N(0, \tau^{-1})$$

5. **$f_{\text{spde}}(\mathbf{s}_i)$:** räumlicher Effekt, der durch ein stochastisches partielles Differenzialgleichungs-Modell (SPDE) approximiert wird. Dieses Modell basiert auf einer Matern-Kovarianzstruktur, die durch folgende Kovarianzfunktion beschrieben wird:

$$\text{Cov}(\mathbf{s}_i, \mathbf{s}_j) = \sigma^2 \cdot \frac{1}{\Gamma(\nu) 2^{\nu-1}} \cdot (\kappa \|\mathbf{s}_i - \mathbf{s}_j\|)^\nu K_\nu(\kappa \|\mathbf{s}_i - \mathbf{s}_j\|)$$

wobei:

- σ^2 : Varianzparameter,
- κ : Skalenparameter, der den räumlichen Bereich der Korrelation beschreibt,
- K_v : modifizierte Bessel-Funktion zweiter Art,
- v : Glättungsparameter.

Prior-Spezifikationen

Für die Modellkomponenten wurden folgende Priors definiert:

- Für alle festen Komponenten des Modells wurden uninformierte Priors anhand einer Normalverteilung mit $N(0, \tau)$ gewählt, wobei $\tau = 1/\sigma^2$ und $\tau = 0.001$.
- Für die Random-Walk-Komponente (f_{rw1}) wurde ein uninformiertes priorisiertes Modell auf Basis einer Gamma Verteilung mit einem Präzisionsparameter $\tau = 0.001$ verwendet.
- Für das SPDE-Modell wurde ein Matern-Modell verwendet, wobei die räumliche Reichweite (range) und die Varianz (σ^2) jeweils durch informative Priors (sog. Penalized complexity Priors, PC Priors, Fuglstad et al. 2019) spezifiziert wurden. Die Parameter wurden anhand aus der Literatur verfügbarer Aktionsradien der jeweiligen Amphibienarten definiert (vgl. Tab. A1). Je weniger die in der Literatur angegebenen Aktionsradien schwanken, desto geringere Schwankungsbreiten (α) wurden gewählt (d.h. desto informierter wurde der Prior). Die Schwankungsbreiten α wurde anhand der Spannweite der Bewegungsradien zwischen 0,2 und 0,4 skaliert. Ein α von 0,5 entspricht einem uninformierten Prior (Fuglstad et al. 2019).

Tabelle A1: Erwartungswerte (Priors) und deren erwartete Schwankung (α). Diese Werte beruhen auf der, in der Literatur berichteten (Blab 1986, Glandt 2006, Günther 1996, Jehle & Sinsch 2007, Thiesmeier et al. 2009), mittleren Reichweite der Amphibien sowie deren Spannweite. Je geringer der Wert von α , desto informierter wird der Prior.

Artname		Aktionsradius [m]			Parameter räumliches Modell		
Deutsch	Latein	Min	Max	MW	Spannbr.	Prior	α
Erdkröte	<i>Bufo bufo</i>	2200	4000	3100	1800	3100	0,28
Grasfrosch	<i>Rana temporaria</i>	800	2000	1400	1200	1400	0,24
Wechselkröte	<i>Bufo viridis</i>	620	1800	1210	1180	1210	0,24
Kammolch	<i>Triturus cristatus</i>	240	1300	770	1060	770	0,23
Laubfrosch	<i>Hyla arborea</i>	600	3400	2000	2800	2000	0,34
Knoblauchkröte	<i>Pelobates fuscus</i>	600	1200	900	600	900	0,21
Springfrosch	<i>Rana dalmatina</i>	100	1100	600	1000	600	0,23
Teichmolch	<i>Lissotriton vulgaris</i>	400	1300	850	900	850	0,22
Moorfrosch	<i>Rana arvalis</i>	50	1200	625	1150	625	0,24
Bergmolch	<i>Ichthyosaura alpestris</i>	400	4000	2200	3600	2200	0,4
Kreuzkröte	<i>Epidalea calamita</i>	4000	5000	4500	1000	4500	0,23
Rotbauchunke	<i>Bombina orientalis</i>	500	1000	750	500	750	0,2

Modellberechnung

Die Modellanpassung erfolgte mit R-INLA, wobei die Berechnung der Posteriorverteilungen der Parameter mittels der integrierten Laplace-Approximation durchgeführt wurde. Die Modellgüte wurde durch die Berechnung des Deviance Information Criterion (DIC) sowie durch posterior-basierte Prädiktionsintervalle evaluiert. Das optimale Modell wurde durch eine rückwärtsgerichtete Modellselektion gesucht. Ein reproduzierbarer Code mit Beispieldatensatz findet sich auf einem frei zugänglichen GitHub Repository (<https://github.com/EichenbergBEF/AmphibienSachsen>).

Für weitere technische Details zur Spezifizierung und Nutzung solcher Modelle in R-INLA vgl. auch Krainski et al. (2019, <https://becarioprecario.bitbucket.io/spde-gitbook/index.html>).

Bestimmung der Vorhersagegüte

Die Güte des optimalen Modells wurde anhand von zwei Metriken evaluiert: der Hellinger-Distanz und der Kullback-Leibler-Divergenz. Beide Maße wurden auf der Grundlage von 1.000 posterior-prädiktiven Stichproben berechnet.

Die Hellinger-Distanz wurde genutzt, um die Übereinstimmung zwischen den posterior-prädiktiven Verteilungen und den beobachteten Daten zu bewerten. Sie misst die Ähnlichkeit zwischen Verteilungen, wobei geringere Werte auf eine bessere Anpassung des Modells hinweisen.

Die Kullback-Leibler-Divergenz dient zur Quantifizierung der Abweichung zwischen der posterior-prädiktiven Verteilung und der tatsächlichen Datenverteilung. Sie gibt an, wie viel Information durch das Modell im Vergleich zu den beobachteten Daten verloren geht, wobei niedrigere Werte ebenfalls eine bessere Modellgüte anzeigen.

Durch die Kombination dieser beiden Maße wurde eine umfassende Bewertung der Modelleistung erreicht, da sie unterschiedliche Aspekte der Übereinstimmung zwischen Modell und Daten abdecken.

B. Klimadaten:

Die Klimavariablen wurden für den Zeitraum von 1987 bis 2021 mit einer zeitlichen Auflösung von Tageswerten und einer räumlichen Auflösung von 1 km über das Regionale Klimainformationssystem der Technischen Universität Dresden abgefragt (ReKiS, vgl. Tabelle A2). Die Anfrage erfolgte am 23. Dezember 2021, mit einer Datenlieferung am 6. Januar 2022.

Tabelle A2: Angefragte Klimavariablen

Variable	Einheit	Quelle
Mittlere Temperatur Frühling	°C	ReKiS
Stabilität Temperatur Frühling	(Standardabweichung Temperatur/Mittelwert Temperatur) ⁻¹	ReKiS
Klimatische Wasserbilanz (Niederschlag – Evaporation)	[mm]	ReKiS
Mittlere Temperatur Frühling Vorjahr	°C	ReKiS
Mittlere Temperatur Sommer Vorjahr	°C	ReKiS
Mittlere Temperatur Herbst Vorjahr	°C	ReKiS
Mittlere Temperatur Winter Vorjahr	°C	ReKiS
Klimatische Wasserbilanz Frühjahr Vorjahr	[mm]	ReKiS
Klimatische Wasserbilanz Sommer Vorjahr	[mm]	ReKiS
Klimatische Wasserbilanz Herbst Vorjahr	[mm]	ReKiS
Klimatische Wasserbilanz Winter Vorjahr	[mm]	ReKiS

Für diese Variablen wurden für jedes Untersuchungsjahr und jede Jahreszeit jeweils die mittleren Minimal-, Maximal- und Mittelwerte sowie deren Stabilität (d.h. das inverse der Varianz) berechnet. Dies resultierte in 68 Variablen (vgl. Spalten bzw. Reihennamen in Abb. A1). Die Korrelation dieser Variablen untereinander wurde untersucht, um mögliche gegenseitige Abhängigkeiten zu identifizieren, die im statistischen Modell zu einer Verzerrung führen könnten. Erwartungsgemäß waren die Variablen untereinander stark korreliert (vgl. Abb. A1).

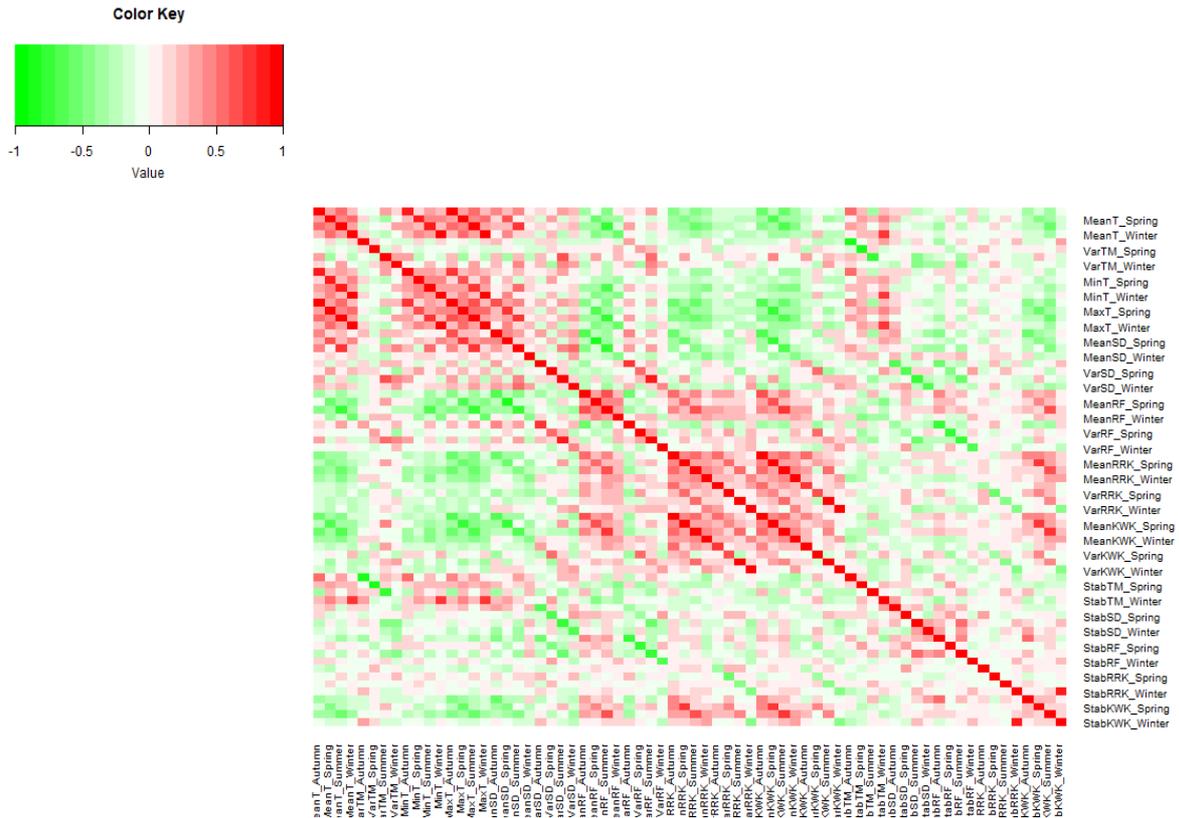


Abb. A1: Korrelogramm der berechneten Klimavariablen. Grüne Symbole weisen auf negative, rote Symbole auf positive Korrelationen hin. In ein statistisches Modell sollten als Variablen nur schwach bis nicht korrelierte Variablen aufgenommen werden.

C. Artspezifische Modellergebnisse

1. Erdkröte (*Bufo Bufo*)

Für die finalen Modellkomponenten s. Tab. 4 und Abb. 3 im Hauptmanuskript.

1.1. modellierte Werte für jeden Standort

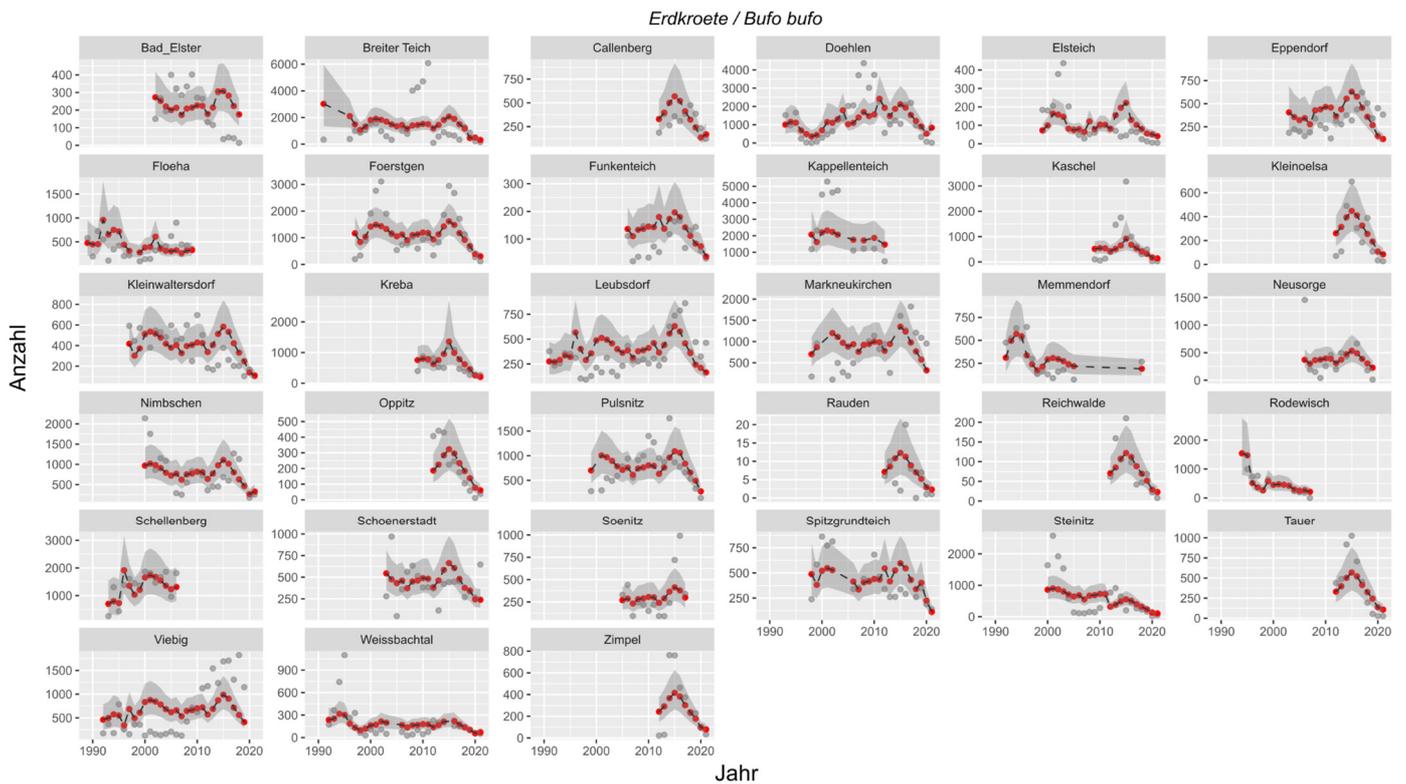


Abb. A2: Modellierte Werte für die Populationen von *Bufo bufo* an den jeweiligen Zaunstandorten. Rote Punkte: durch das Modell vorhergesagte Werte; graue Punkte: beobachtete Werte; graue Bereiche: 95% Konfidenzbänder der Vorhersagewerte.

2. Grasfrosch (*Rana temporaria*)

2.1. räumliche Komponente

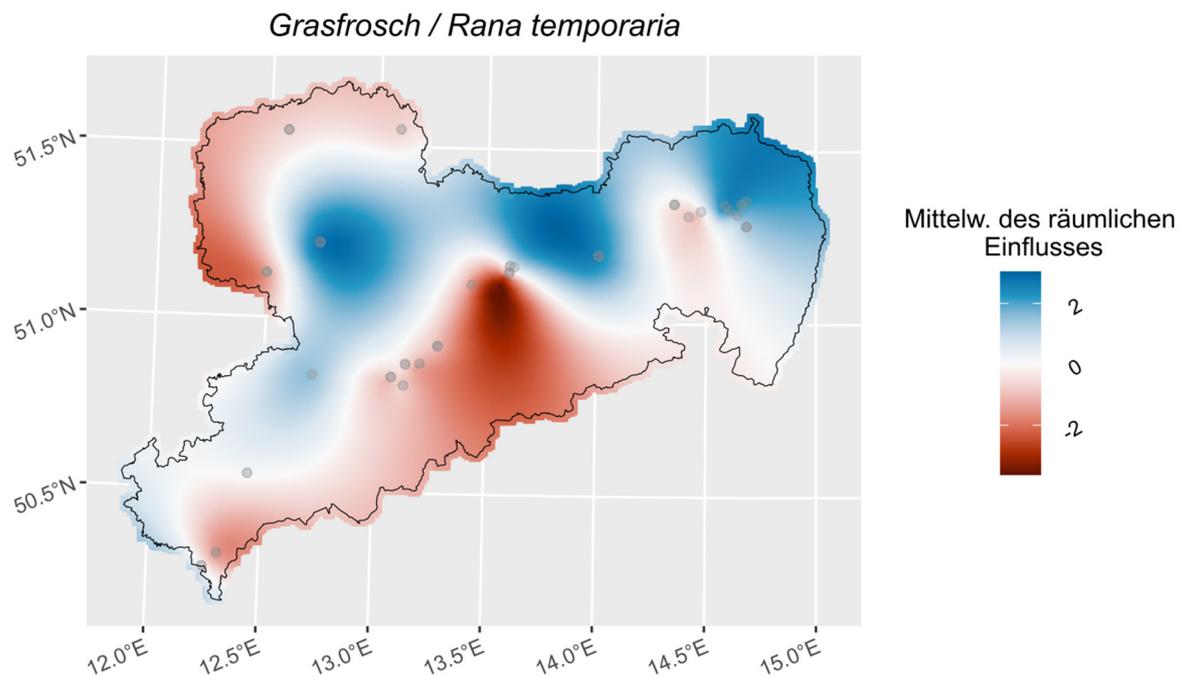


Abb. A3: räumliche Komponente des Modells. Modelliert wurde die räumliche Abhängigkeit der unterschiedlichen Zaunstandorte für *Rana temporaria* im Freistaat Sachsen. Blaue Bereiche zeigen Gebiete mit höheren Individuenfangzahlen im Vergleich zum Mittelwert über alle Individuenzahlen dieser Art, rote mit kleineren Individuenanzahlen an.

2.2. modellierte Werte für jeden Standort

Grasfrosch / *Rana temporaria*

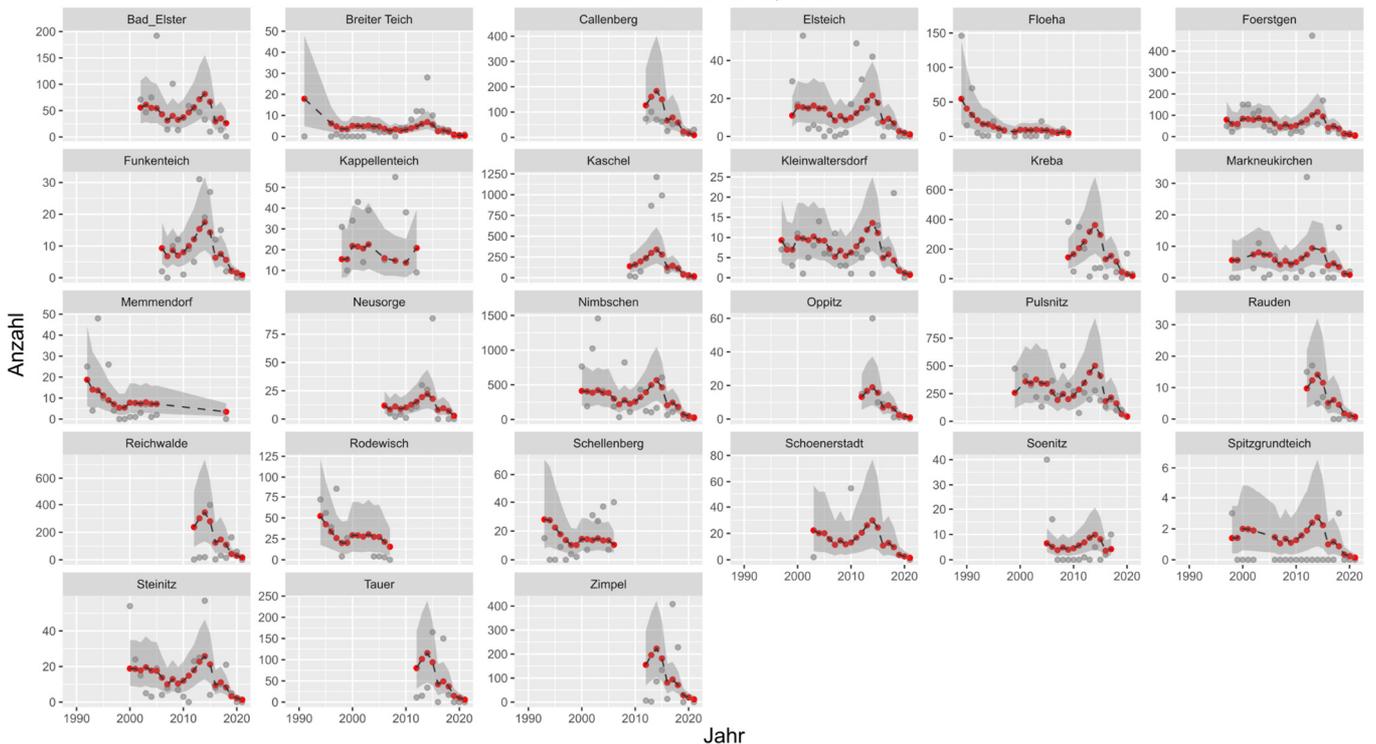


Abb. A4: Modellerte Werte für die Populationen von *Rana temporaria* an den jeweiligen Zaunstandorten. Rote Punkte: durch das Modell vorhergesagte Werte; graue Punkte: beobachtete Werte; graue Bereiche: 95% Konfidenzbänder der Vorhersagewerte.

3. Wechselkröte (*Bufo viridis*)

3.1. methodische und klimatische Komponente

Tabelle A3: Methodische bzw. klimatische Variablen des optimalen Modells für *Bufo viridis* nach Selektion des optimalen Modells. Angegeben sind Mittelwert (mean), Standardabweichung (sd) sowie die Grenzen der 95% Konfidenzintervalle (2,5% Quant, 97,5% Quant). Variablen, deren Konfidenzintervall die 0 nicht beinhaltet, wurden als statistisch bedeutsam bewertet.

Parameter	Mittelwert	sd	2.5% Quant	97.5% Quant	Bedeutsam
Intercept	-0,32	14,71	-29,52	28,92	
Material: Maibach	-2,29	12,05	-25,92	21,34	
Material: Metall	-3,88	12,08	-27,56	19,80	
Material: Netzgitter	-0,19	12,05	-23,81	23,44	
Material: Unbekannt	2,43	12,06	-21,21	26,08	
Material: Plattform	2,15	12,05	-21,48	25,78	
Material: Folie	1,46	12,05	-22,17	25,08	
KWB_Winter_Vorj	0,40	0,18	0,06	0,75	Ja

3.2. räumliche Komponente

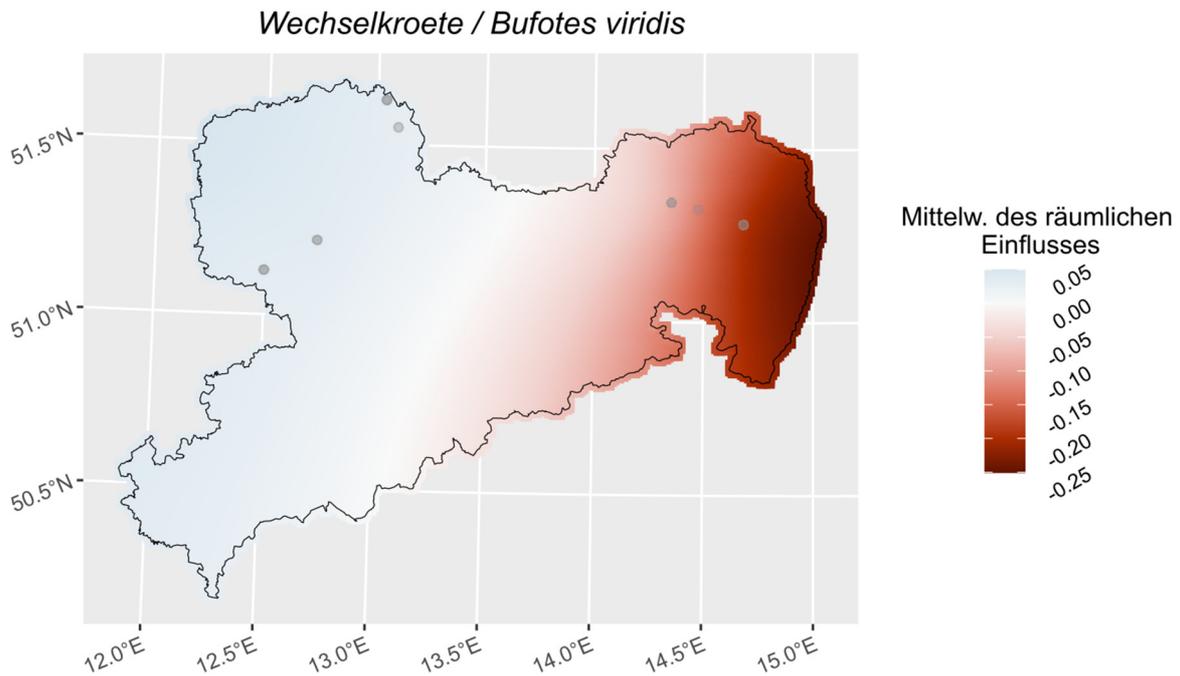


Abb. A5: räumliche Komponente des Modells. Modelliert wurde die räumliche Abhängigkeit der unterschiedlichen Zaunstandorte für *Bufo viridis* im Freistaat Sachsen. Blaue Bereiche zeigen Gebiete mit höheren Individuenfangzahlen im Vergleich zum Mittelwert über alle Individuenzahlen dieser Art, rote mit kleineren Individuenanzahlen an.

3.3. modellierte Werte für jeden Standort

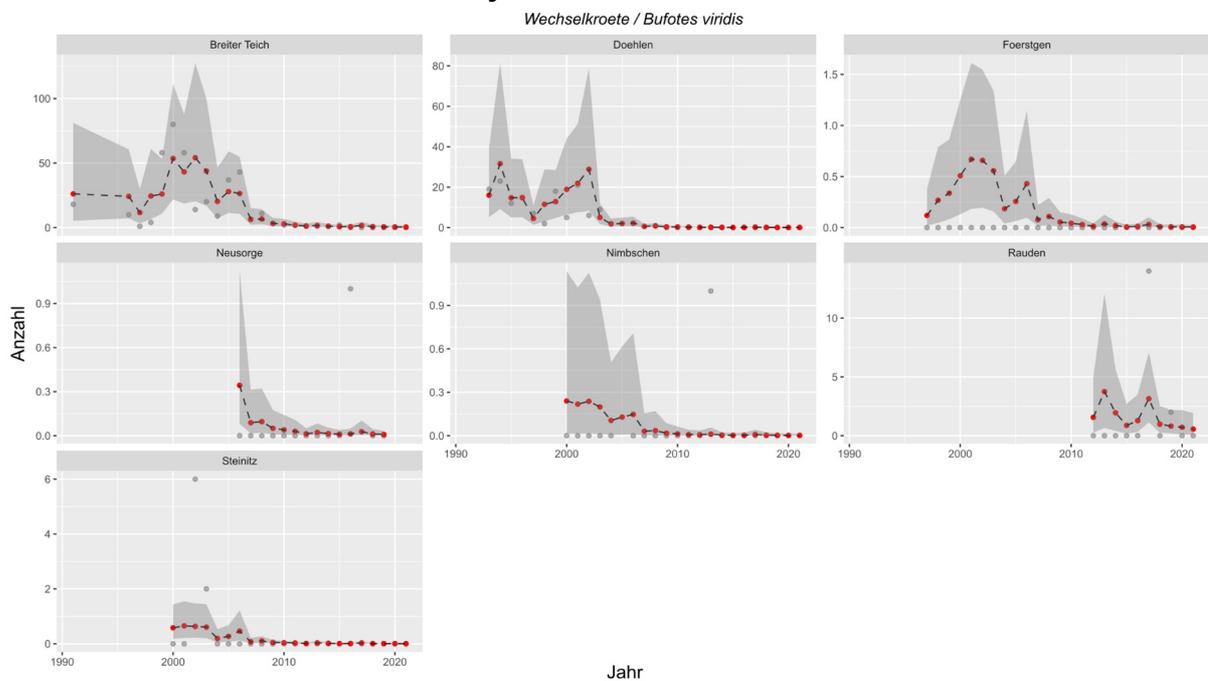


Abb. A6: Modellierte Werte für die Populationen von *Bufo viridis* an den jeweiligen Zaunstandorten. Rote Punkte: durch das Modell vorhergesagte Werte; graue Punkte: beobachtete Werte; graue Bereiche: 95% Konfidenzbänder der Vorhersagewerte.

4. Kammolch (*Triturus cristatus*)

4.1. methodische und klimatische Komponente

Tabelle A4: Methodische bzw. klimatische Variablen des optimalen Modells für *Triturus cristatus* nach Selektion des optimalen Modells. Angegeben sind Mittelwert (mean), Standardabweichung (sd) sowie die Grenzen der 95% Konfidenzintervalle (2,5% Quant, 97,5% Quant). Variablen, deren Konfidenzintervall die 0 nicht beinhaltet, wurden als statistisch bedeutsam bewertet.

Parameter	Mittelwert	sd	2.5% Quant	97.5% Quant	Bedeutsam
Intercept	1,625	12,565	-23,013	26,293	
Länge	0,899	0,192	0,523	1,279	Ja
Material: Maibach	3,298	11,988	-20,209	26,806	
Material: Metall	1,574	11,995	-21,947	25,096	
Material: Netzgitter	-0,444	11,99	-23,956	23,068	
Material: Unbekannt	3,161	11,985	-20,341	26,663	
Material: Plattform	-5,468	12,204	-29,398	18,463	
Material: Folie	-0,497	11,994	-24,016	23,023	
Temp_mean_Fruehling	-0,236	0,106	-0,449	-0,032	Ja

4.2. räumliche Komponente

Kammolch / *Triturus cristatus*

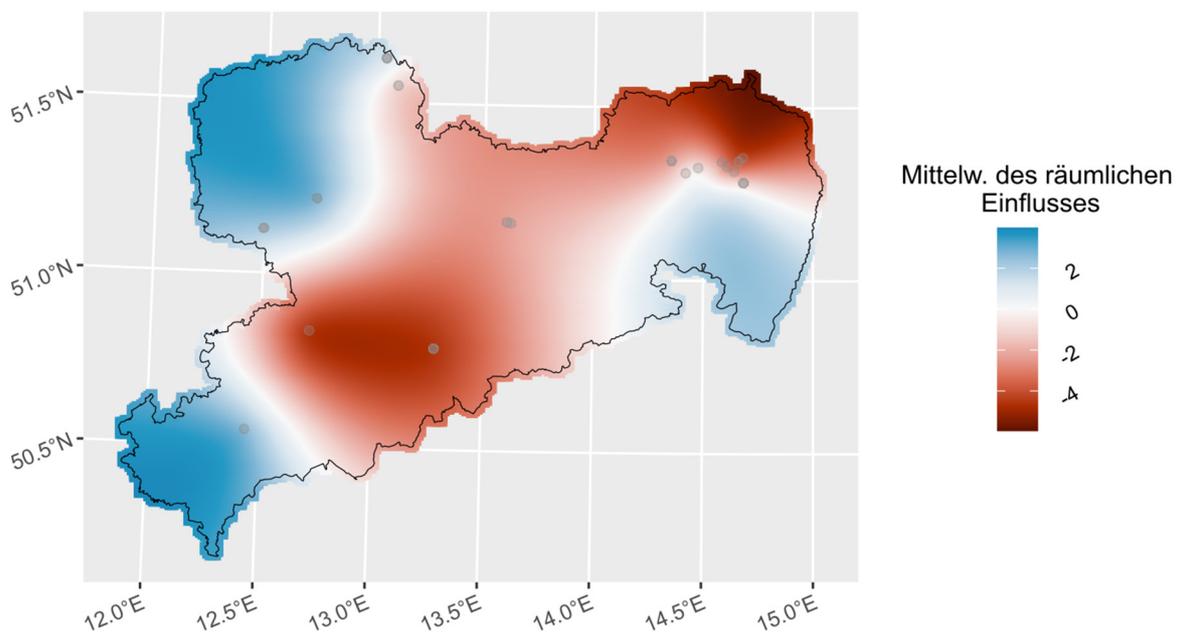


Abb. A7: räumliche Komponente des Modells. Modelliert wurde die räumliche Abhängigkeit der unterschiedlichen Zaunstandorte für *Triturus cristatus* im Freistaat Sachsen. Blaue Bereiche zeigen Gebiete mit höheren Individuenfangzahlen im Vergleich zum Mittelwert über alle Individuenzahlen dieser Art, rote mit kleineren Individuenanzahlen an.

4.3. modellierte Werte für jeden Standort

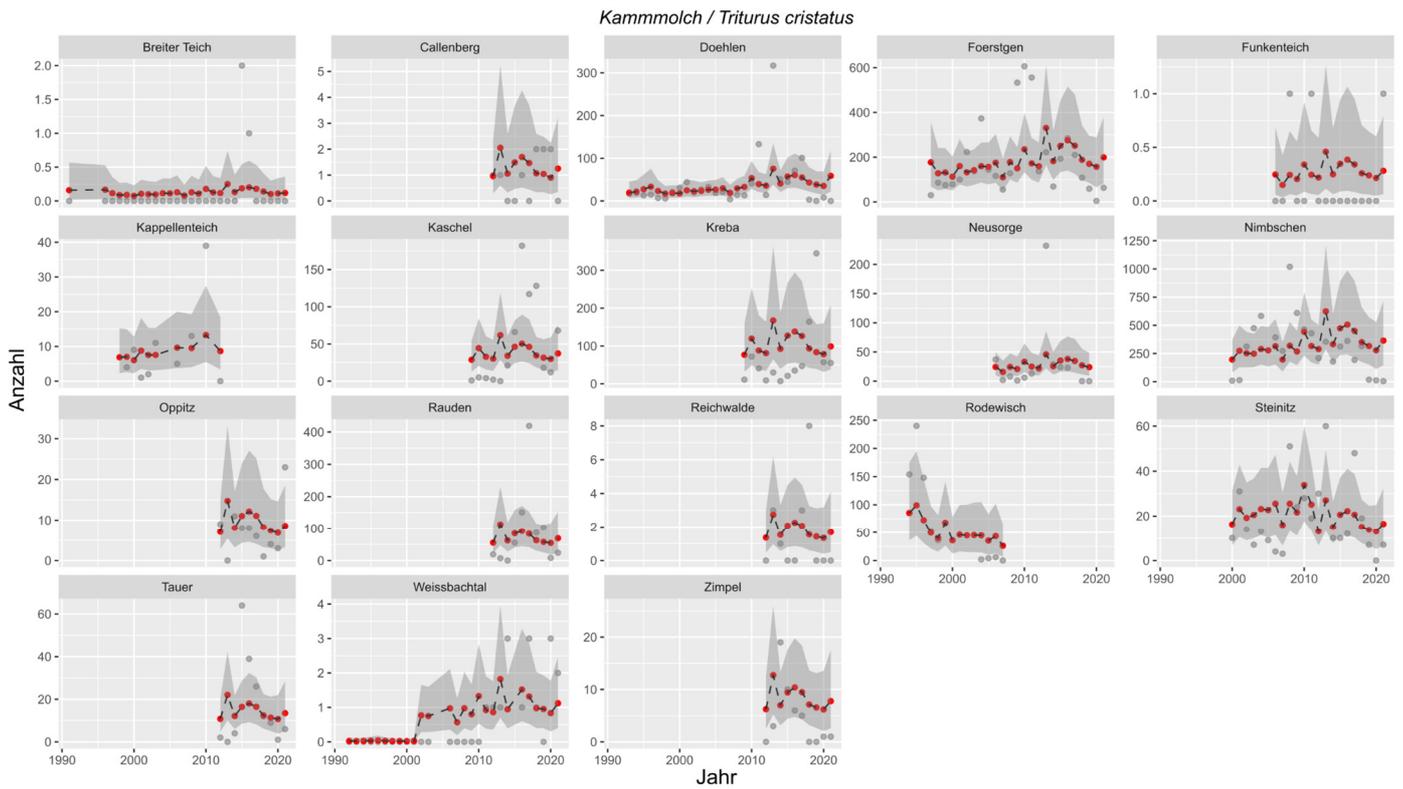


Abb. A8: Modellierte Werte für die Populationen von *Triturus cristatus* an den jeweiligen Zaunstandorten. Rote Punkte: durch das Modell vorhergesagte Werte; graue Punkte: beobachtete Werte; graue Bereiche: 95% Konfidenzbänder der Vorhersagewerte.

5. Knoblauchkröte (*Pelobates fuscus*)

5.1. methodische und klimatische Komponente

Tabelle A5: Methodische bzw. klimatische Variablen des optimalen Modells für *Pelobates fuscus* nach Selektion des optimalen Modells. Angegeben sind Mittelwert (mean), Standardabweichung (sd) sowie die Grenzen der 95% Konfidenzintervalle (2,5% Quant, 97,5% Quant). Variablen, deren Konfidenzintervall die 0 nicht beinhaltet, wurden als statistisch bedeutsam bewertet.

Parameter	Mittelwert	sd	2.5% Quant	97.5% Quant	Bedeutsam
Intercept	4,27	13,40	-22,07	30,57	
Laenge	0,44	0,18	0,11	0,80	Ja
Material: Maibach	-0,03	12,01	-23,57	23,51	
Material: Metall	-0,01	12,01	-23,57	23,54	
Material: Netzgitter	2,94	12,01	-20,61	26,50	
Material: Unbekannt	0,57	12,01	-22,97	24,11	
Material: Plastform	-0,68	12,17	-24,55	23,19	
Material: Folie	1,48	12,02	-22,09	25,04	
Temp_stab_Fruehling	-0,20	0,08	-0,35	-0,05	Ja
Temp_mean_Winter_Vorj	0,16	0,08	0,00	0,31	Ja
KWB_Sommer_Vorj	-0,11	0,10	-0,30	0,08	

5.2. räumliche Komponente

Knoblauchkroete / Pelobates fuscus

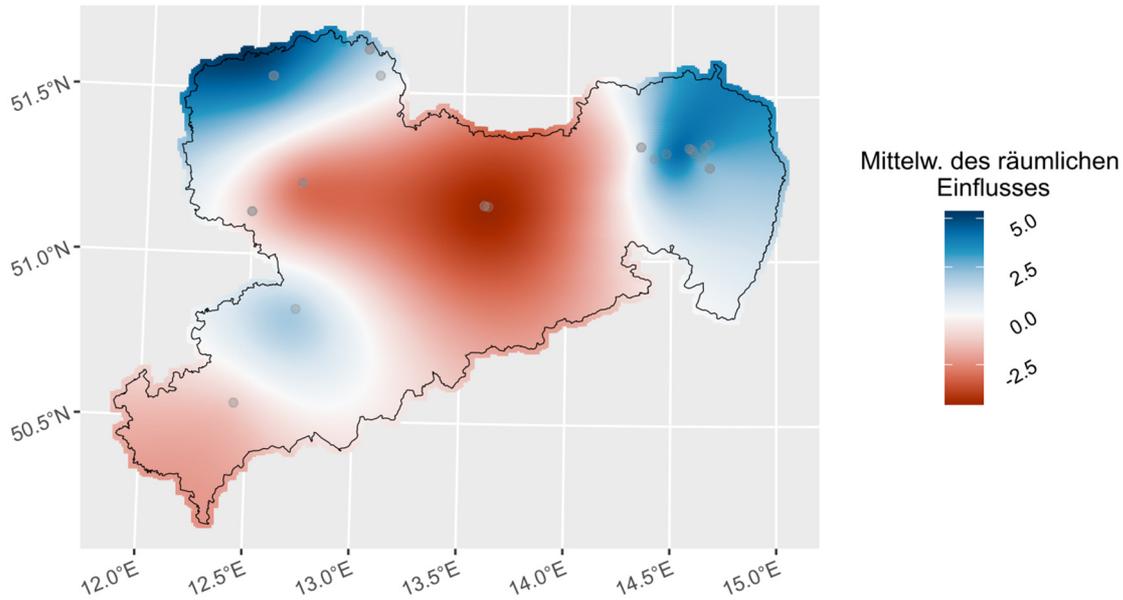


Abb. A9: räumliche Komponente des Modells. Modelliert wurde die räumliche Abhängigkeit der unterschiedlichen Zaunstandorte für *Pelobates fuscus* im Freistaat Sachsen. Blaue Bereiche zeigen Gebiete mit höheren Individuenfangzahlen im Vergleich zum Mittelwert über alle Individuenzahlen dieser Art, rote mit kleineren Individuenanzahlen an.

5.3. modellierte Werte für jeden Standort

Knoblauchkroete / Pelobates fuscus

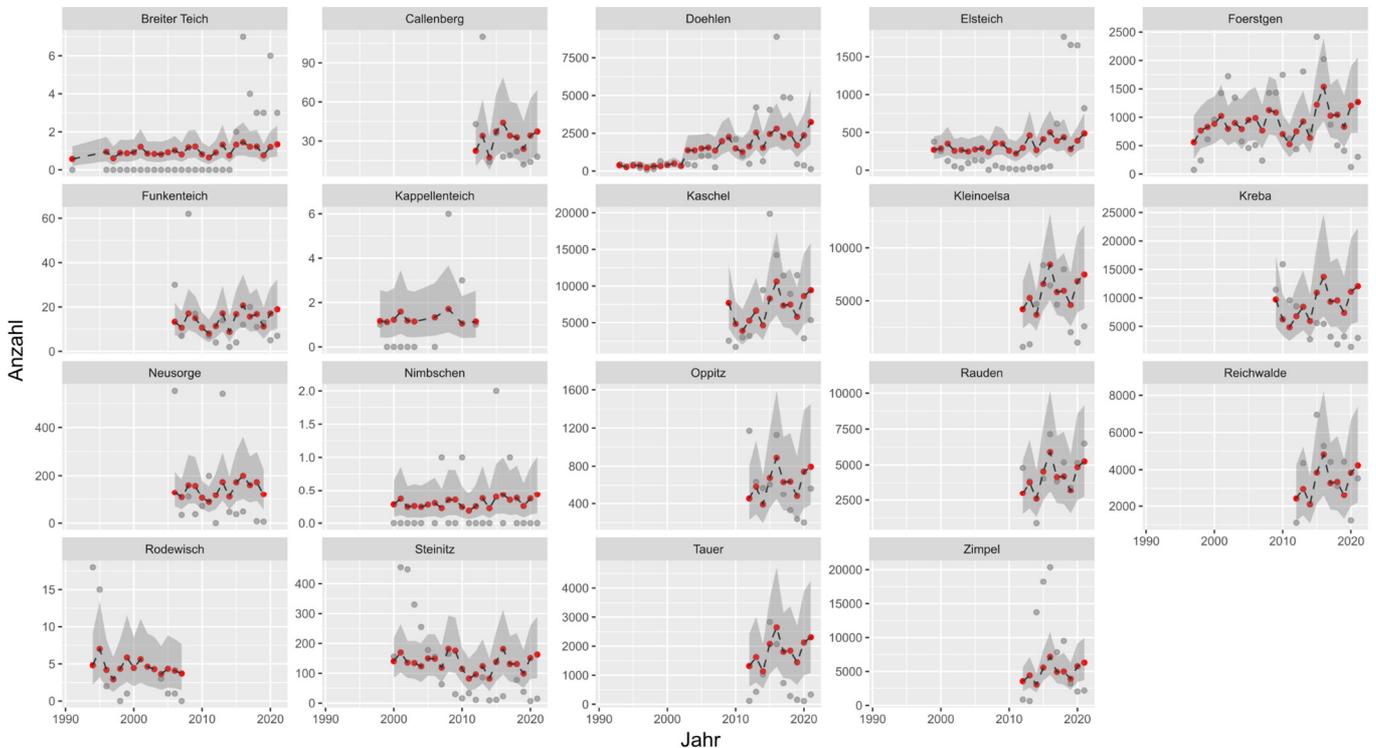


Abb. A10: Modellierte Werte für die Populationen von *Pelobates fuscus* an den jeweiligen Zaunstandorten. Rote Punkte: durch das Modell vorhergesagte Werte; graue Punkte: beobachtete Werte; graue Bereiche: 95% Konfidenzbänder der Vorhersagewerte.

6. Teichmolch (*Lissotriton vulgaris*)

6.1. methodische und klimatische Komponente

Tabelle A6: Methodische bzw. klimatische Variablen des optimalen Modells für *Lissotriton vulgaris* nach Selektion des optimalen Modells. Angegeben sind Mittelwert (mean), Standardabweichung (sd) sowie die Grenzen der 95% Konfidenzintervalle (2,5% Quant, 97,5% Quant). Variablen, deren Konfidenzintervall die 0 nicht beinhaltet, wurden als statistisch bedeutsam bewertet.

Parameter	Mittelwert	sd	2.5% Quant	97.5% Quant	Bedeutsam
Intercept	0,352	12,101	-23,391	24,11	
Laenge	1,174	0,169	0,845	1,51	Ja
Material: Maibach	4,554	11,302	-17,609	26,716	
Material: Metall	4,551	11,323	-17,652	26,753	
Material: Netzgitter	2,39	11,305	-19,778	24,557	
Material: Unbekannt	5,212	11,304	-16,954	27,378	
Material: Plastform	7,368	11,649	-15,474	30,211	
Material: DNV	-25,206	14,944	-54,509	4,097	
Material: Folie	1,484	11,304	-20,682	23,649	
Temp_mean_Fruehling_Vorj	0,161	0,089	-0,008	0,34	

6.2. räumliche Komponente

Teichmolch / Lissotriton vulgaris

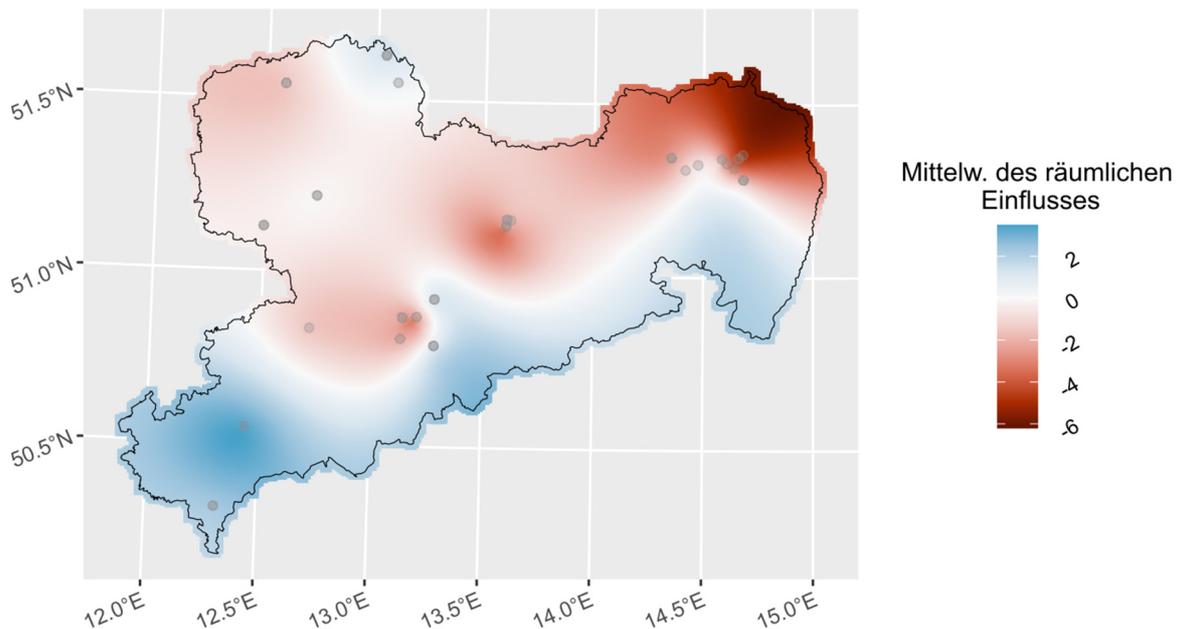


Abb. A11: räumliche Komponente des Modells. Modelliert wurde die räumliche Abhängigkeit der unterschiedlichen Zaunstandorte für *Lissotriton vulgaris* im Freistaat Sachsen. Blaue Bereiche zeigen Gebiete mit höheren Individuenfangzahlen im Vergleich zum Mittelwert über alle Individuenzahlen dieser Art, rote mit kleineren Individuenanzahlen an.

6.3. modellierte Werte für jeden Standort

Teichmolch / *Lissotriton vulgaris*

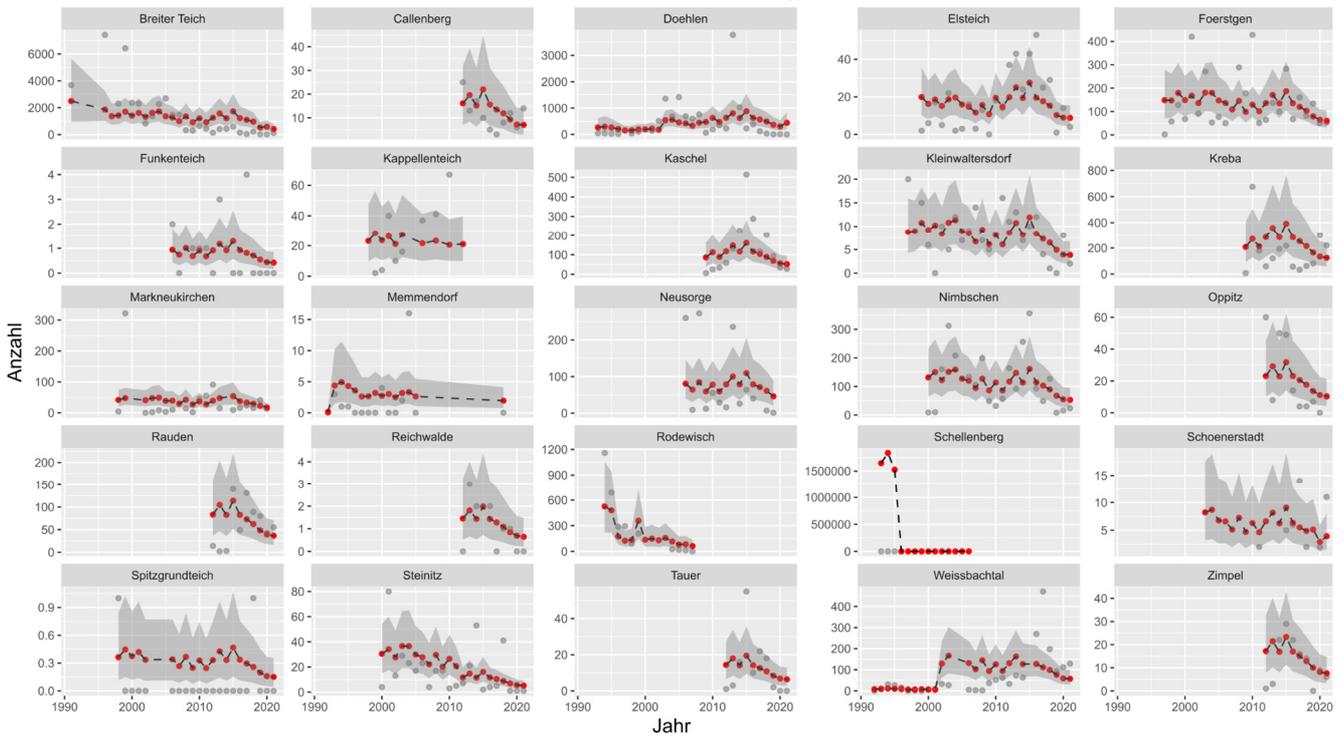


Abb. A12: Modellierte Werte für die Populationen von *Lissotriton vulgaris* an den jeweiligen Zaunstandorten. Rote Punkte: durch das Modell vorhergesagte Werte; graue Punkte: beobachtete Werte; graue Bereiche: 95% Konfidenzbänder der Vorhersagewerte.

7. Moorfrosch (*Rana arvalis*)

7.1. methodische und klimatische Komponente

Tabelle A7: Methodische bzw. klimatische Variablen des optimalen Modells für *Rana arvalis* nach Selektion des optimalen Modells. Angegeben sind Mittelwert (mean), Standardabweichung (sd) sowie die Grenzen der 95% Konfidenzintervalle (2,5% Quant, 97,5% Quant). Variablen, deren Konfidenzintervall die 0 nicht beinhaltet, wurden als statistisch bedeutsam bewertet.

Parameter	Mittelwert	sd	2.5% Quant	97.5% Quant	Bedeutsam
Intercept	-1,96	14,07	-29,65	25,62	
Material: Maibach	1,30	12,96	-24,12	26,72	
Material: Metall	0,84	12,97	-24,59	26,27	
Material: Netzgitter	-1,68	12,97	-27,10	23,75	
Material: Unbekannt	-0,16	12,96	-25,58	25,25	
Material: Folie	-2,27	12,98	-27,71	23,17	

7.2. räumliche Komponente

Moorfrosch / Rana arvalis

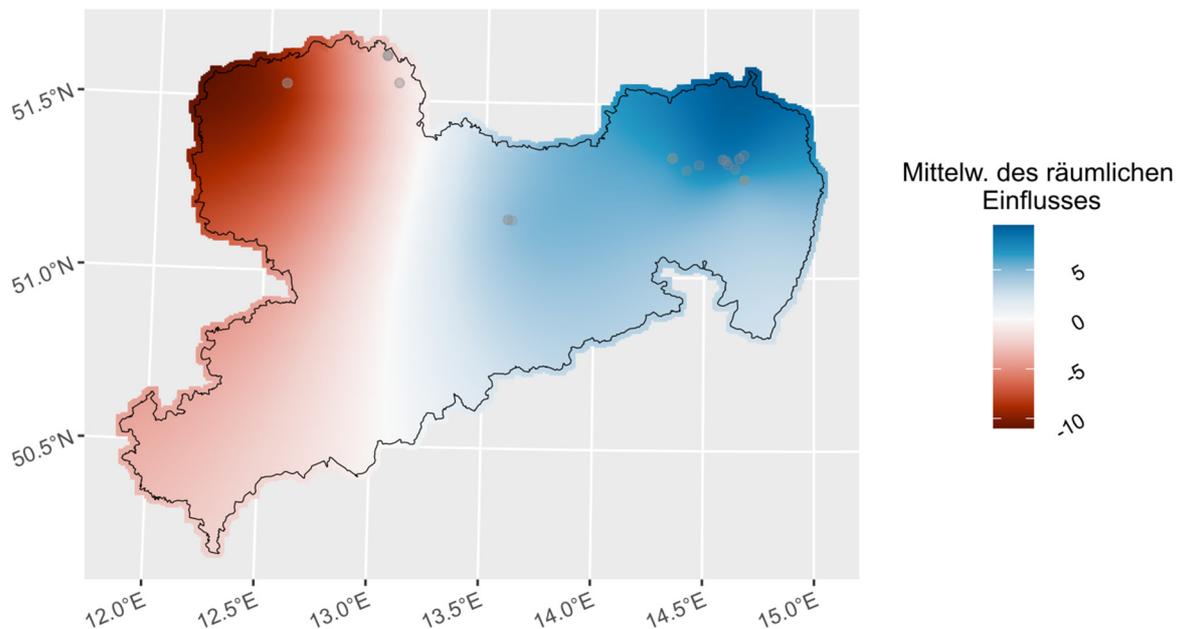


Abb. A27: räumliche Komponente des Modells. Modelliert wurde die räumliche Abhängigkeit der unterschiedlichen Zaunstandorte für *Rana arvalis* im Freistaat Sachsen. Blaue Bereiche zeigen Gebiete mit höheren Individuenfangzahlen im Vergleich zum Mittelwert über alle Individuenzahlen dieser Art, rote mit kleineren Individuenanzahlen an.

7.3. modellierte Werte für jeden Standort

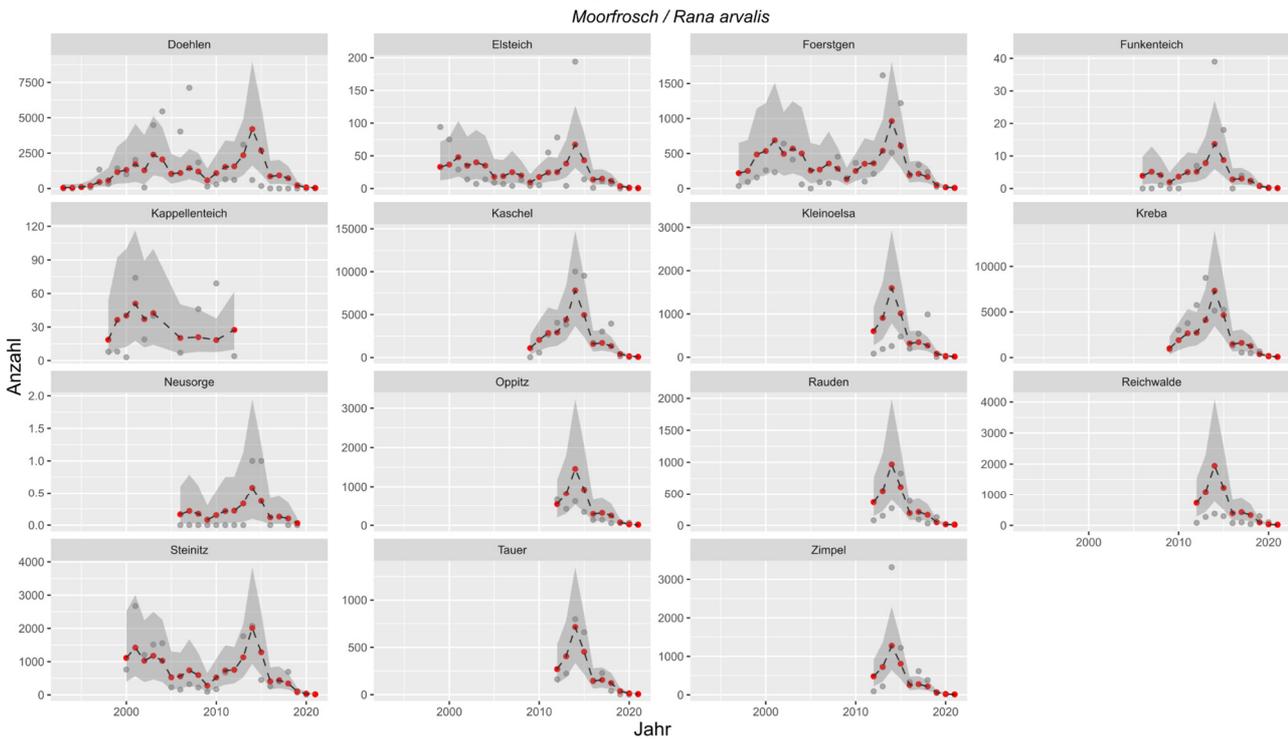


Abb. A14: Modellerte Werte für die Populationen von *Rana arvalis* an den jeweiligen Zaunstandorten. Rote Punkte: durch das Modell vorhergesagte Werte; graue Punkte: beobachtete Werte; graue Bereiche: 95% Konfidenzbänder der Vorhersagewerte.

8. Rotbauchunke (*Bombina bombina*)

8.1. räumliche Komponente

Rotbauchunke / Bombina bombina

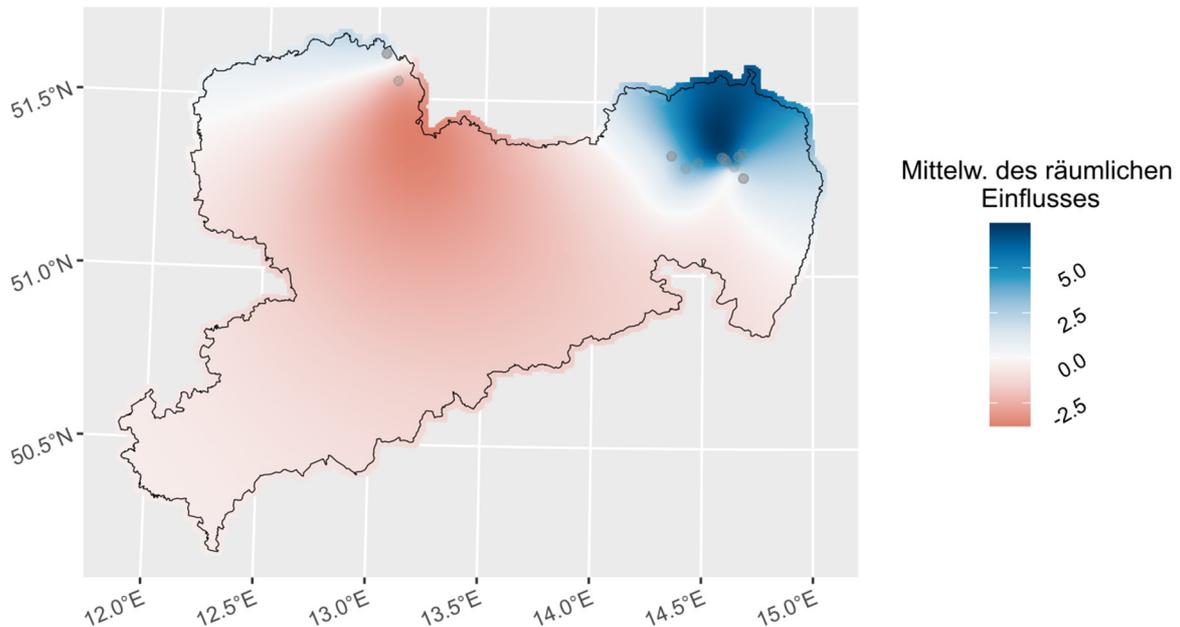


Abb. A15: räumliche Komponente des Modells. Modelliert wurde die räumliche Abhängigkeit der unterschiedlichen Zaunstandorte für *Bombina bombina* im Freistaat Sachsen. Blaue

Bereiche zeigen Gebiete mit höheren Individuenfangzahlen im Vergleich zum Mittelwert über alle Individuenzahlen dieser Art, rote mit kleineren Individuenanzahlen an.

8.2. modellierte Werte für jeden Standort

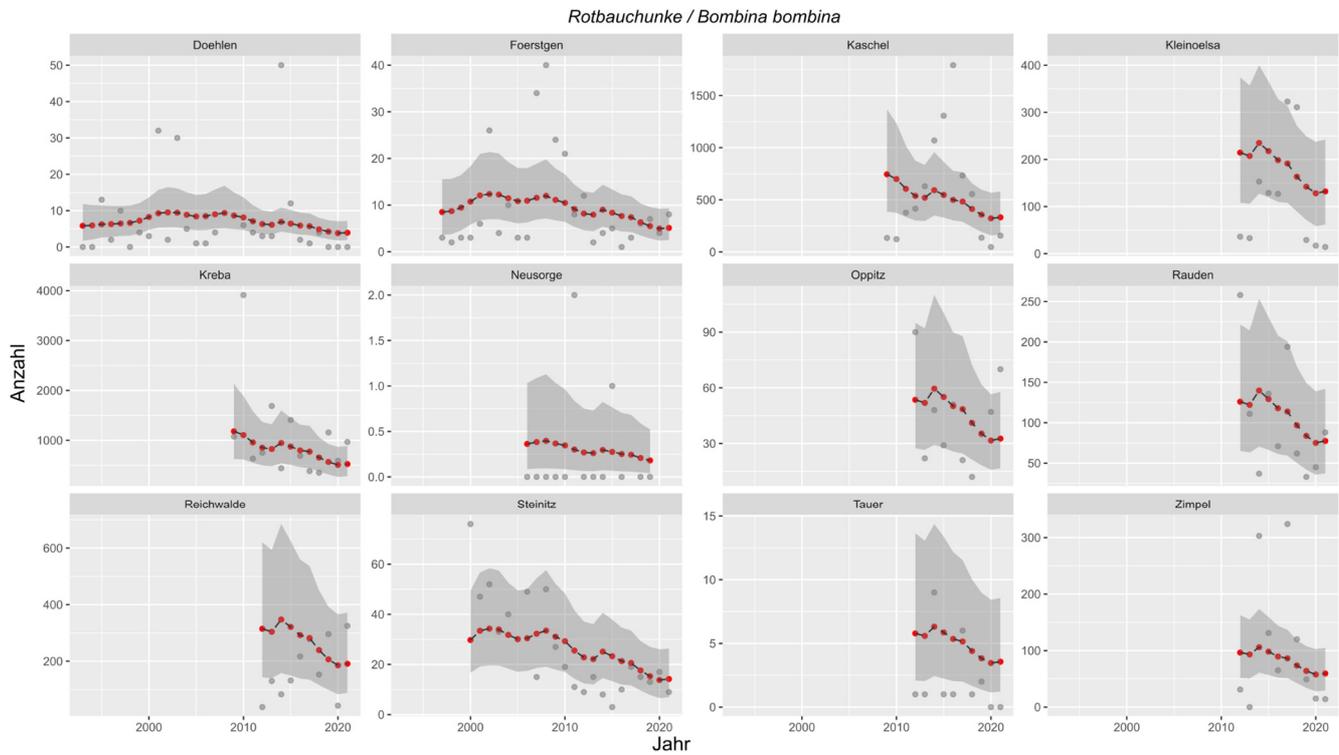


Abb. A16: Modellerte Werte für die Populationen von *Bombina bombina* an den jeweiligen Zaunstandorten. Rote Punkte: durch das Modell vorhergesagte Werte; graue Punkte: beobachtete Werte; graue Bereiche: 95% Konfidenzbänder der Vorhersagewerte.

9. Laubfrosch (*Hyla arborea*)

Die Modellgüte für die Art *Hyla arborea* wurde als problematisch eingestuft. Die Aussagen des Modells sind daher nicht vertrauenswürdig. Aus Gründen der Vollständigkeit sowie zur Illustration der Charakteristika von problematischen Modellen sind die Ergebnisse dennoch dargestellt.

9.1. Kriterien der Modellgüte

Beobachtete Anzahl vs simulierte Anzahl für die Art *Hyla arborea*
Gemittelt über 1000 Simulationen

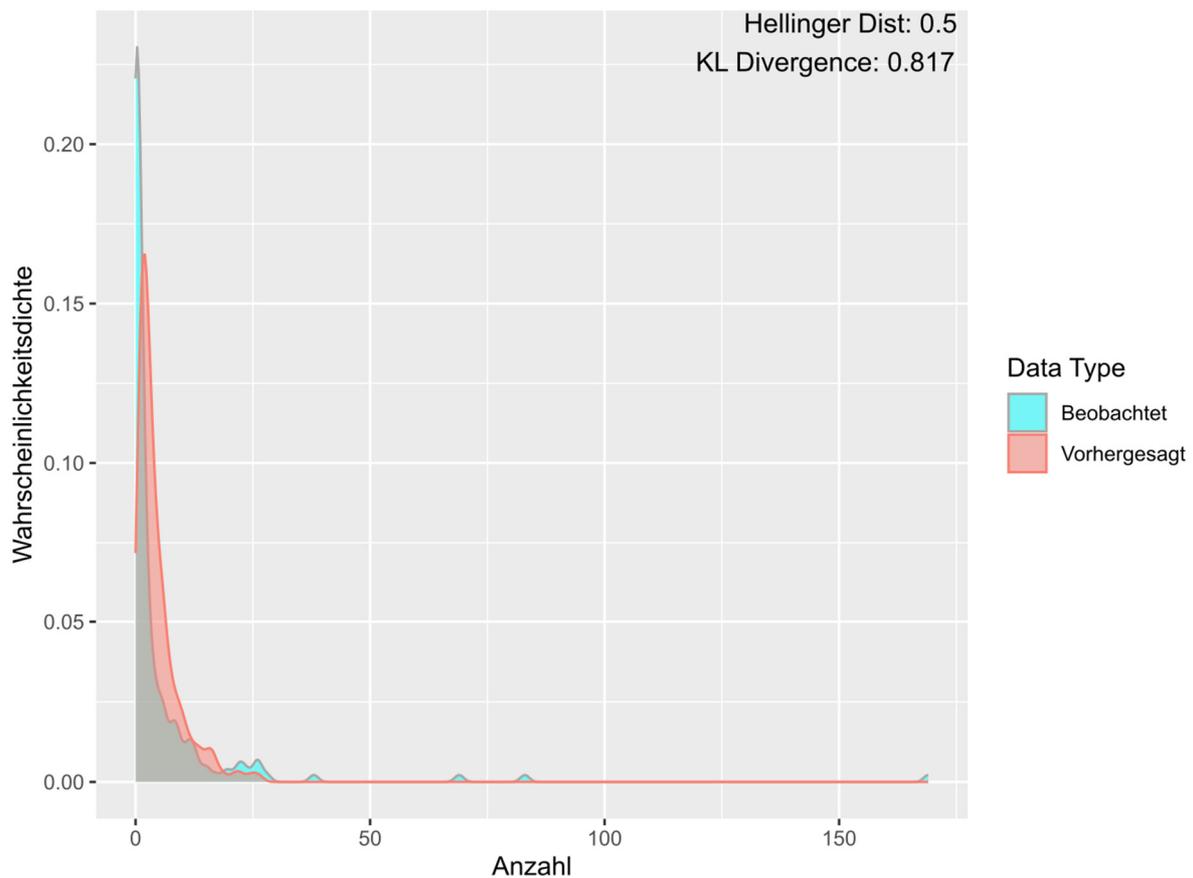


Abb. A17: Grafische Darstellung der Modellgüte-Kriterien. Dargestellt ist die Wahrscheinlichkeitsdichte-Verteilung der beobachteten (blau) und vorhergesagten (rot) Werte. Hellinger Dist: Hellinger's Distanz; KL Divergence: Kullback-Leibler-Divergenz. Für nähere Erklärungen s. Haupttext.

9.2. methodische und klimatische Komponente

Tabelle A8: Methodische bzw. klimatische Variablen des optimalen Modells für *Hyla arborea* nach Selektion des optimalen Modells. Angegeben sind Mittelwert (mean), Standardabweichung (sd) sowie die Grenzen der 95% Konfidenzintervalle (2,5% Quant, 97,5% Quant). Variablen, deren Konfidenzintervall die 0 nicht beinhaltet, wurden als statistisch bedeutsam bewertet.

Parameter	Mittelwert	sd	2.5% Quant	97.5% Quant	Bedeutsam
Intercept	0,07	16,91	-33,13	33,27	
Dauer: kurz	0,63	15,94	-30,62	31,89	
Dauer: mittel	0,11	15,94	-31,15	31,37	
Dauer: lang	-0,67	15,94	-31,92	30,59	
Temp_stab_Fruehling	-0,31	0,19	-0,68	0,05	
KWB_Sommer_Vorj	-0,41	0,21	-0,84	0,00	

9.3. Gesamttrend

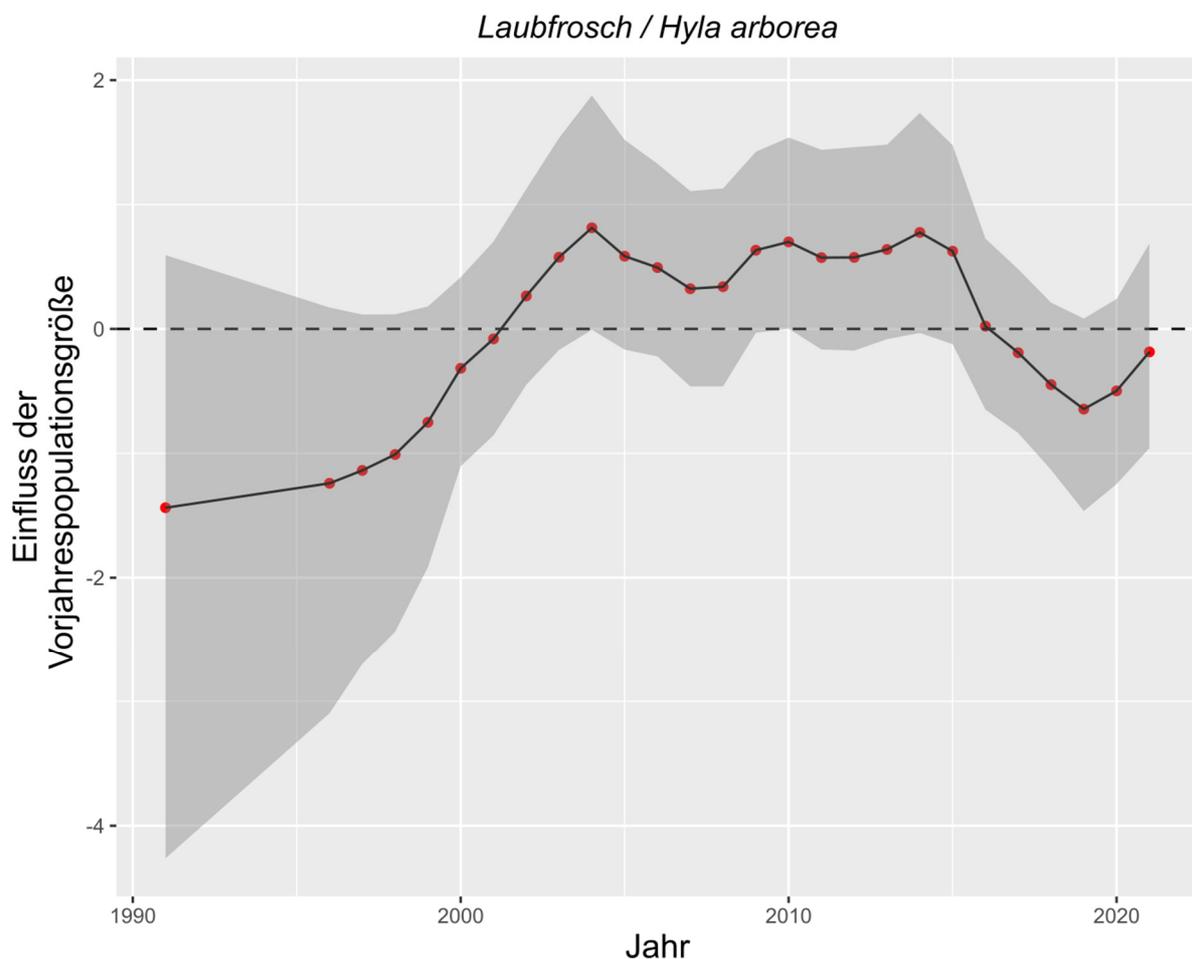


Abb. A18: Populationstrend der Gesamtpopulation von *Hyla arborea* im Freistaat Sachsen. Rote Punkte: Mittlerer Schätzwert; graue Bereiche: 95% Konfidenzintervalle; gestrichelte Linie: langjähriges Mittel bzw. "Intercept" im Modell; aus mathematischen Gründen wurde dieser um 0 zentriert. Schätzwerte, deren Konfidenzintervall 0 nicht beinhaltet, sind signifikant von 0 verschieden und bezeichnen einen negativen (<0) bzw positiven (>0) Trend.

9.4. räumliche Komponente

Laubfrosch / Hyla arborea

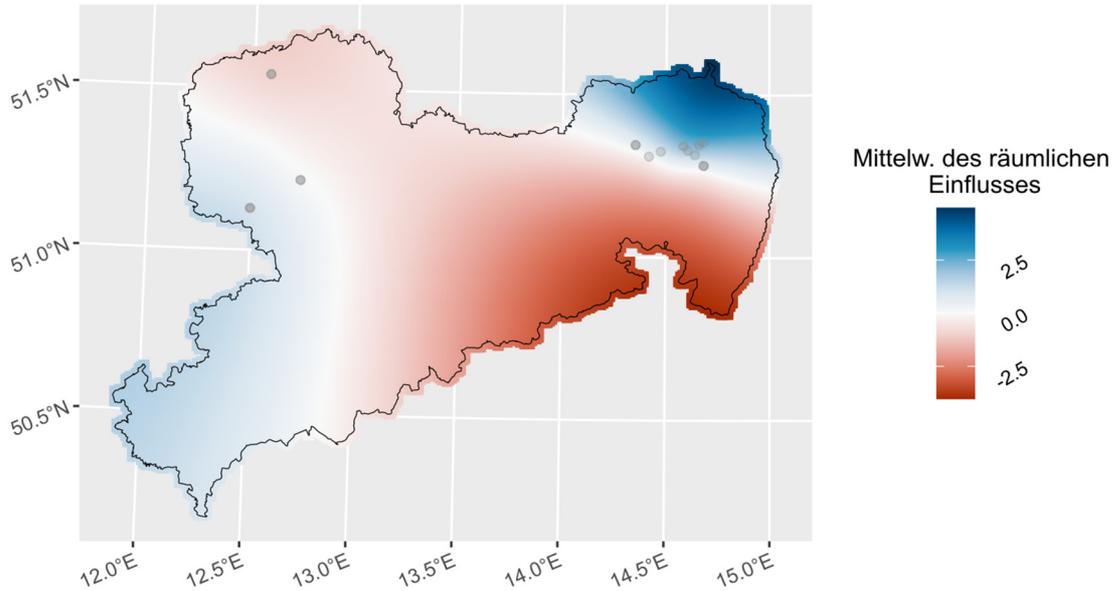


Abb. A19: räumliche Komponente des Modells. Modelliert wurde die räumliche Abhängigkeit der unterschiedlichen Zaunstandorte für *Hyla arborea* im Freistaat Sachsen. Blaue Bereiche zeigen Gebiete mit höheren Individuenfangzahlen im Vergleich zum Mittelwert über alle Individuenzahlen dieser Art, rote mit kleineren Individuenanzahlen an.

9.5. modellierte Werte für jeden Standort

Laubfrosch / Hyla arborea

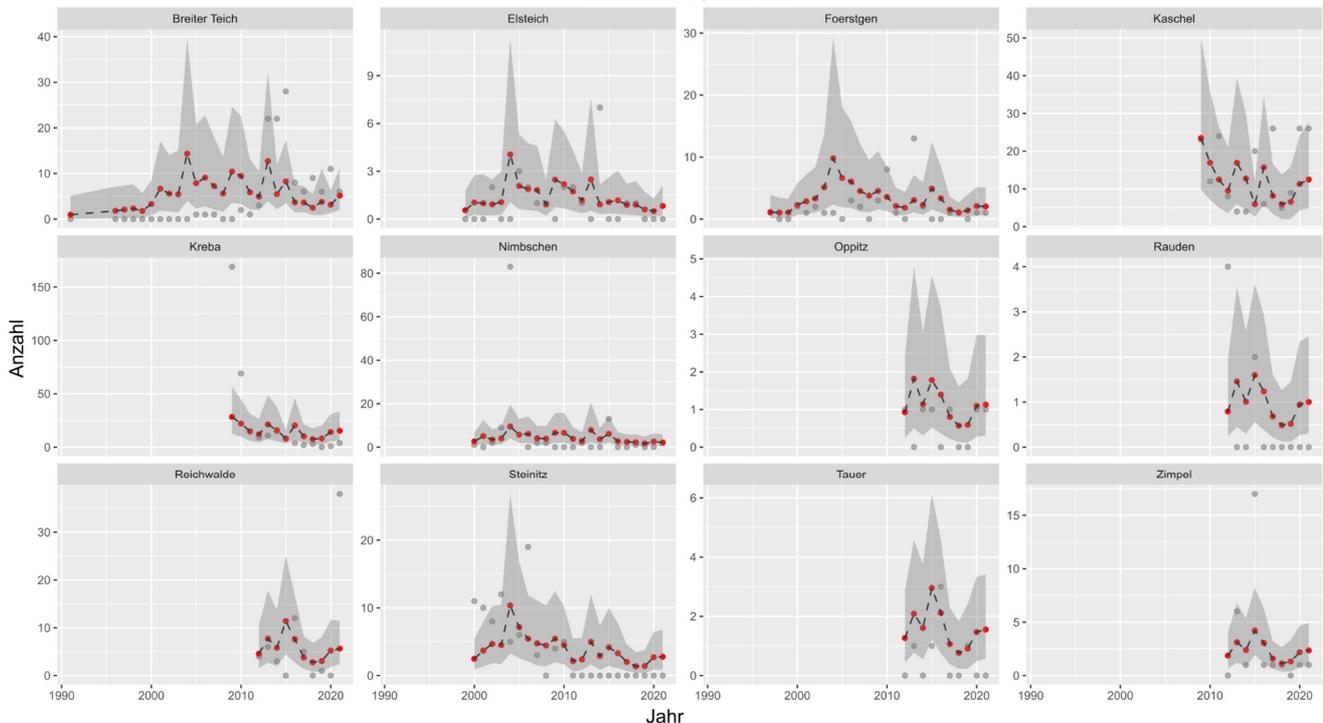


Abb. A20: Modellierte Werte für die Populationen von *Hyla arborea* an den jeweiligen Zaunstandorten. Rote Punkte: durch das Modell vorhergesagte Werte; graue Punkte: beobachtete Werte; graue Bereiche: 95% Konfidenzbänder der Vorhersagewerte.

10. Kreuzkröte (*Epidalea calamita*)

Die Modellgüte für die Art *Epidalea calamita* wurde als problematisch eingestuft. Die Aussagen des Modells sind daher nicht vertrauenswürdig. Aus Gründen der Vollständigkeit sowie zur Illustration der Charakteristika von problematischen Modellen sind die Ergebnisse dennoch dargestellt.

10.1. Kriterien der Modellgüte

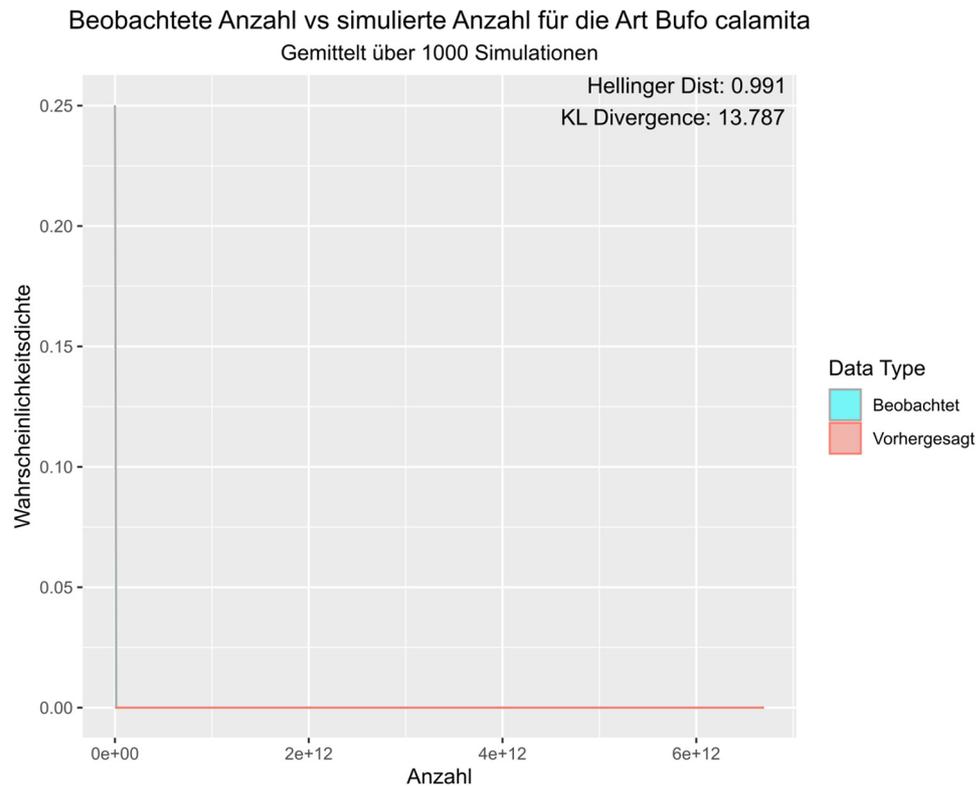


Abb. A21: Grafische Darstellung der Modellgüte-Kriterien. Dargestellt ist die Wahrscheinlichkeitsdichte-Verteilung der beobachteten (blau) und vorhergesagten (rot) Werte. Hellinger Dist: Hellinger's Distanz; KL Divergence: Kullback-Leibler-Divergenz. Für nähere Erklärungen s. Haupttext.

10.2. methodische und klimatische Komponente

Tabelle A9: Methodische bzw. klimatische Variablen des optimalen Modells für *Bufo calamita* nach Selektion des optimalen Modells. Angegeben sind Mittelwert (mean), Standardabweichung (sd) sowie die Grenzen der 95% Konfidenzintervalle (2,5% Quant, 97,5% Quant). Variablen, deren Konfidenzintervall die 0 nicht beinhaltet, wurden als statistisch bedeutsam bewertet.

Parameter	Mittelwert	sd	2.5% Quant	97.5% Quant	Bedeutsam
Intercept	-46,72	99,23	-300,89	33,99	
Länge	-13,18	25,44	-76,23	16,09	
Dauer: kurz	-38,46	81,48	-254,90	27,16	
Dauer: mittel	-4,15	18,55	-41,88	31,10	
Dauer: lang	-1,67	21,54	-45,39	39,74	
Material: Netzgitter	-14,19	56,41	-160,16	57,25	
Material: Folie	7,51	21,76	-34,40	51,12	
Temp_mean_Fruehling	1,23	2,60	-2,17	7,81	
Temp_stab_Fruehling	0,88	4,32	-4,08	11,92	
KWB_Fruehling	0,84	1,30	-1,04	4,72	
Temp_mean_Herbst_Vorj	1,55	5,22	-3,38	14,68	
Temp_mean_Winter_Vorj	-1,82	2,23	-8,41	0,60	
KWB_Fruehling_Vorj	1,34	1,19	-0,26	4,30	
KWB_Sommer_Vorj	5,23	7,12	-1,80	21,62	
KWB_Herbst_Vorj	-1,39	1,45	-4,64	1,10	
KWB_Winter_Vorj	-2,10	2,54	-9,92	0,54	

10.3. räumliche Komponente

Kreuzkroete / Epidalea calamita

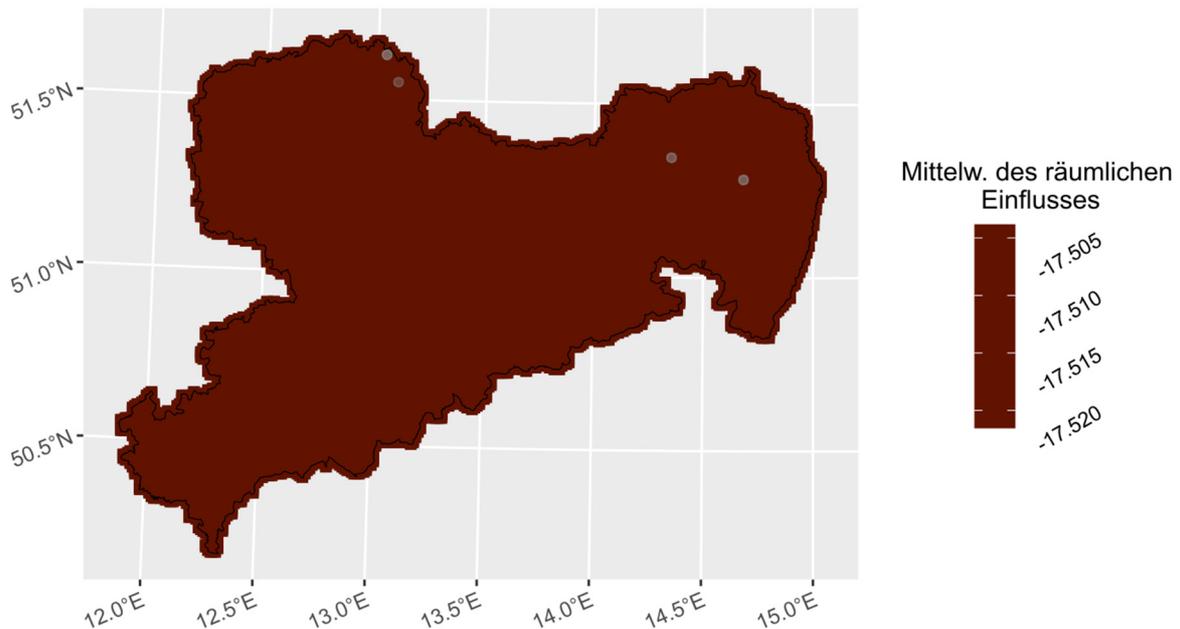


Abb. A22: räumliche Komponente des Modells. Modelliert wurde die räumliche Abhängigkeit der unterschiedlichen Zaunstandorte für *Bufo calamita*/*Epidalea calamita* im Freistaat Sachsen. Blaue Bereiche zeigen Gebiete mit höheren Individuenfangzahlen im Vergleich zum Mittelwert über alle Individuenzahlen dieser Art, rote mit kleineren Individuenanzahlen an.

10.4. modellierte Werte für jeden Standort

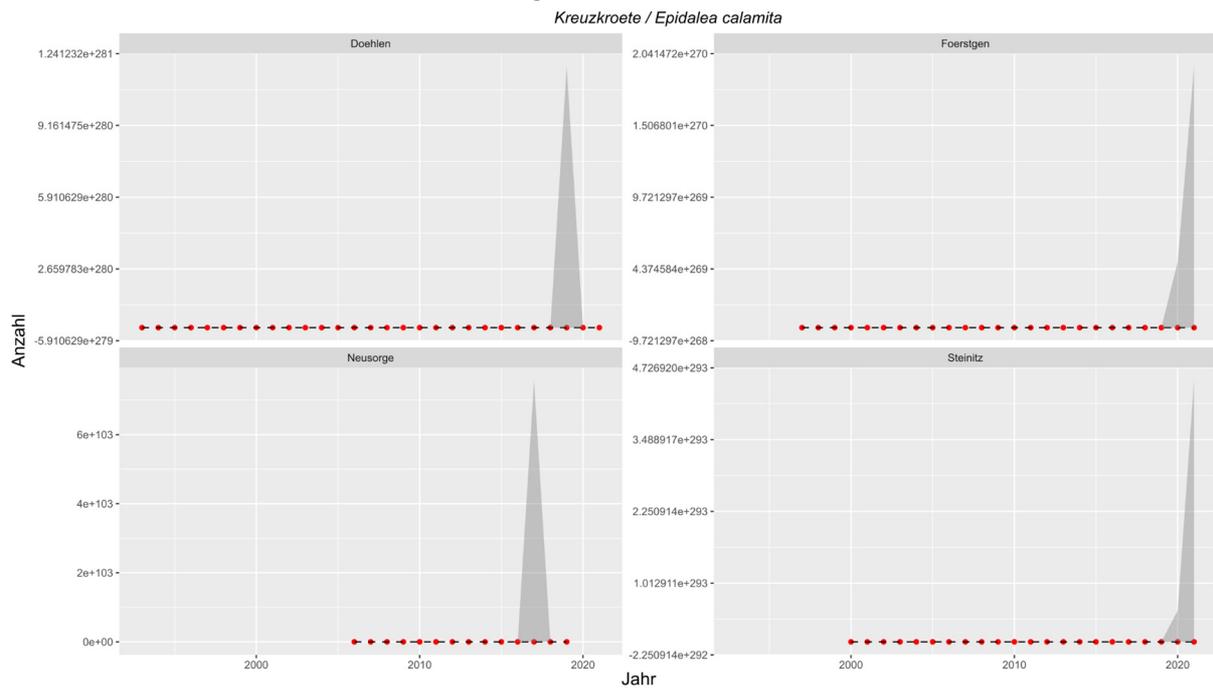


Abb. A23: Modellierte Werte für die Populationen von *Bufo calamita*/*Epidalea calamita* an den jeweiligen Zaunstandorten. Rote Punkte: durch das Modell vorhergesagte Werte; graue Punkte: beobachtete Werte; graue Bereiche: 95% Konfidenzbänder der Vorhersagewerte.

11. Springfrosch (*Rana dalmatina*)

Die Modellgüte für die Art *Rana dalmatina* wurde als problematisch eingestuft. Die Aussagen des Modells sind daher nicht vertrauenswürdig. Aus Gründen der Vollständigkeit sowie zur Illustration der Charakteristika von problematischen Modellen sind die Ergebnisse dennoch dargestellt.

11.1. Kriterien der Modellgüte

Beobachtete Anzahl vs simulierte Anzahl für die Art *Rana dalmatina*
Gemittelt über 1000 Simulationen

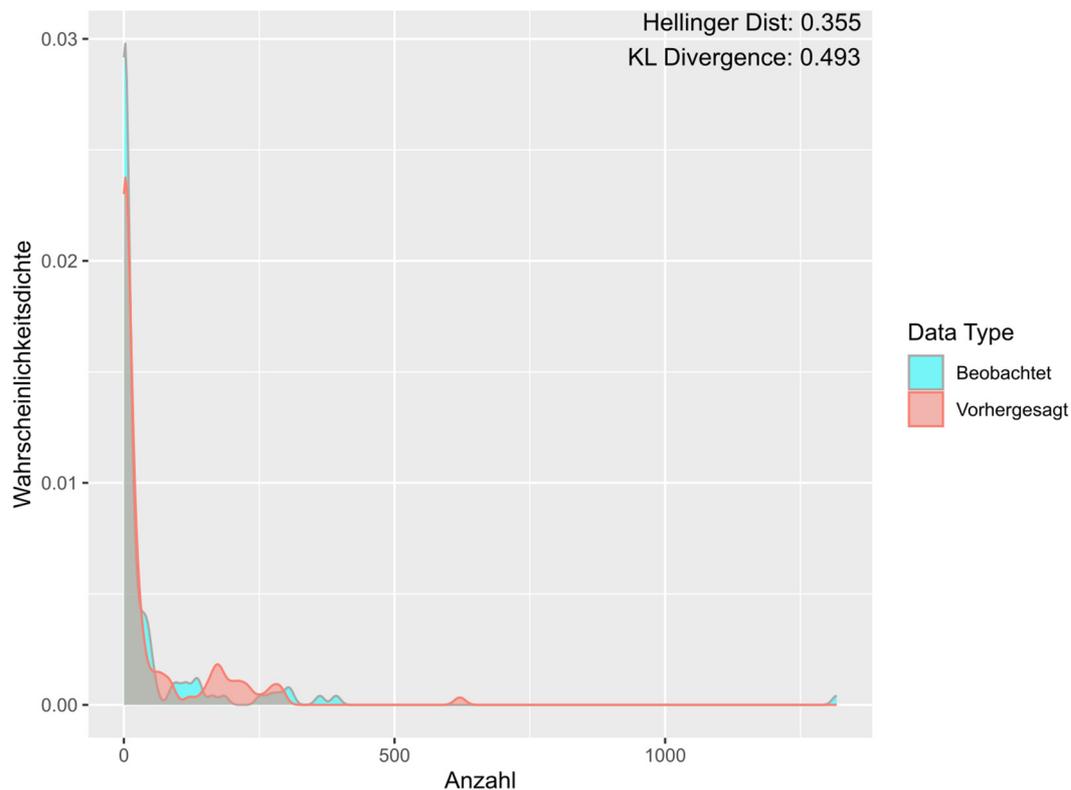


Abb. A24: Grafische Darstellung der Modellgüte-Kriterien. Dargestellt ist die Wahrscheinlichkeitsdichte-Verteilung der beobachteten (blau) und vorhergesagten (rot) Werte. Hellinger Dist: Hellinger's Distanz; KL Divergence: Kullback-Leibler-Divergenz. Für nähere Erklärungen s. Haupttext.

11.2. methodische und klimatische Komponente

Tabelle A10: Methodische bzw. klimatische Variablen des optimalen Modells für *Rana dalmatina* nach Selektion des optimalen Modells. Angegeben sind Mittelwert (mean), Standardabweichung (sd) sowie die Grenzen der 95% Konfidenzintervalle (2,5% Quant, 97,5% Quant). Variablen, deren Konfidenzintervall die 0 nicht beinhaltet, wurden als statistisch bedeutsam bewertet.

Parameter	Mittelwert	sd	2.5% Quant	97.5% Quant	Bedeutsam
Intercept	1,49	5,12	-9,34	12,10	
Länge	2,28	0,45	1,39	3,17	Ja
Temp_stab_Fruehling	0,29	0,14	0,02	0,56	Ja
Temp_mean_Fruehling_Vorj	0,28	0,12	0,05	0,52	Ja

11.3. Gesamttrend

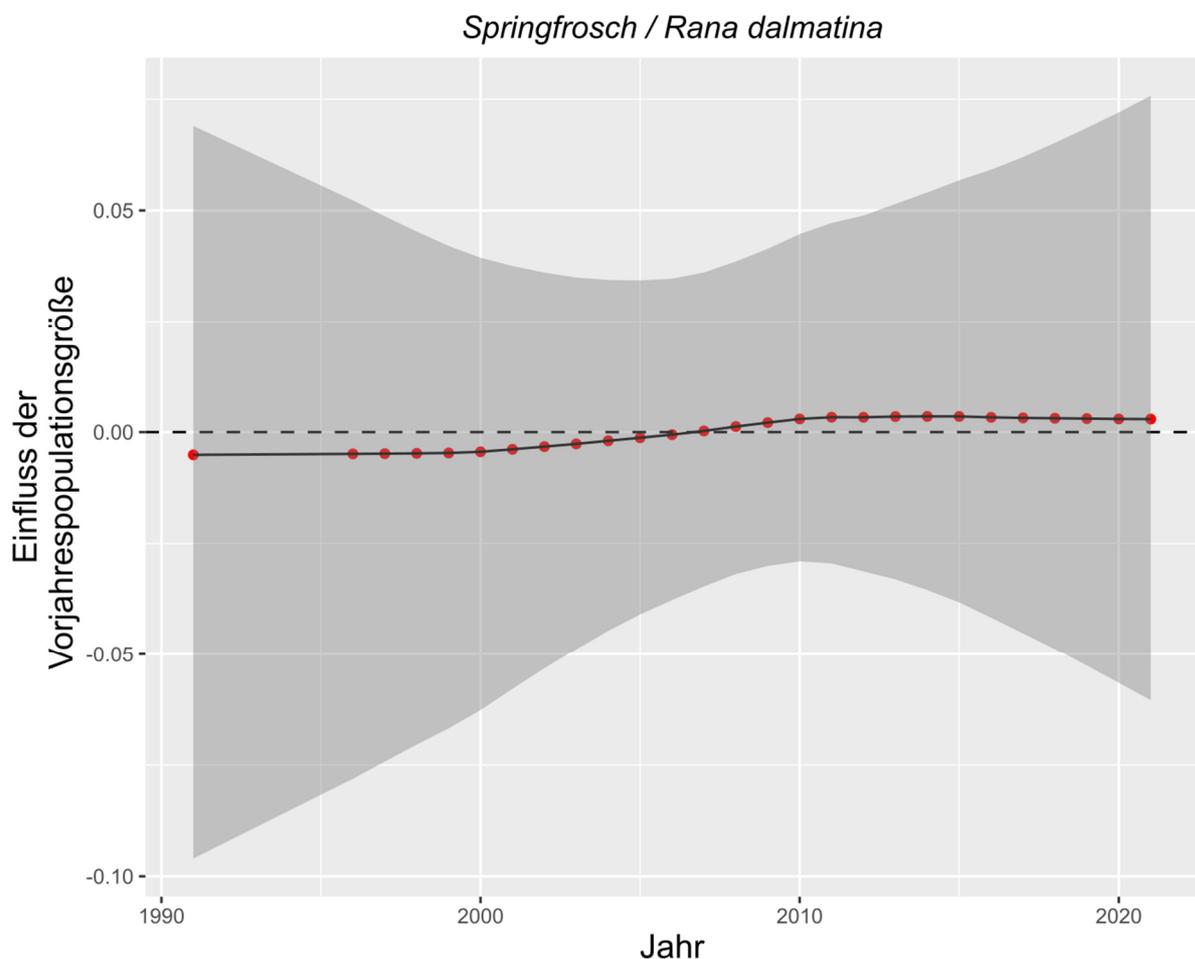


Abb. A25: Populationstrend der Gesamtpopulation von *Rana dalmatina* im Freistaat Sachsen. Rote Punkte: Mittlerer Schätzwert; graue Bereiche: 95% Konfidenzintervalle; gestrichelte Linie: langjähriges Mittel bzw. "Intercept" im Modell; aus mathematischen Gründen wurde dieser um 0 zentriert. Schätzwerte, deren Konfidenzintervall 0 nicht beinhaltet, sind signifikant von 0 verschieden und bezeichnen einen negativen (<0) bzw. positiven (>0) Trend. Für diese Art konnte kein Aussagekräftiges Modellergebnis erzielt werden.

11.4. räumliche Komponente

Springfrosch / *Rana dalmatina*

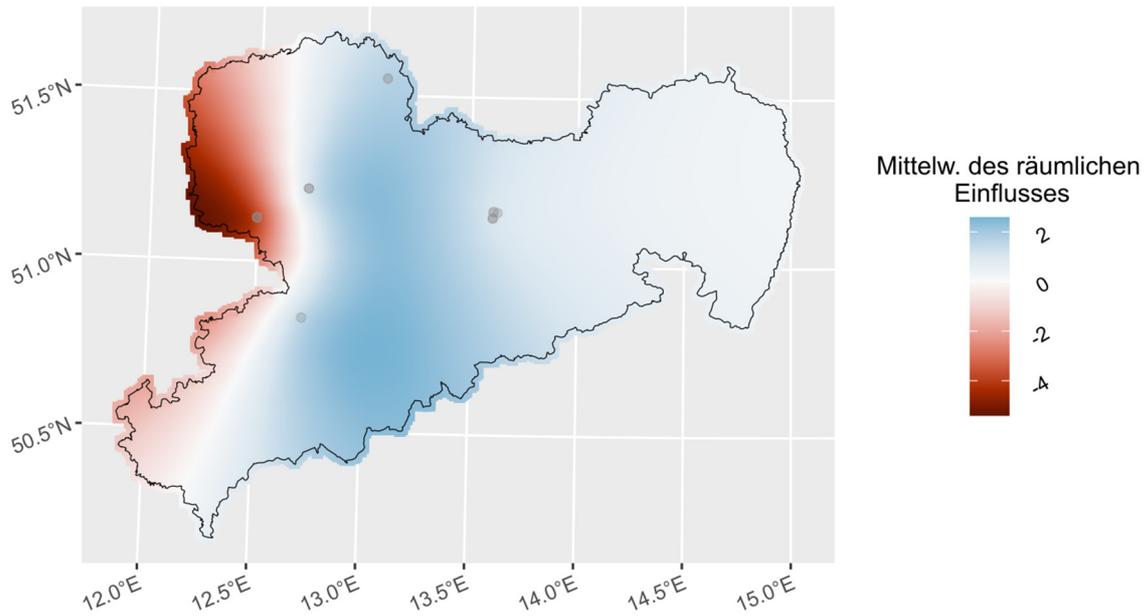


Abb. A26: räumliche Komponente des Modells. Modelliert wurde die räumliche Abhängigkeit der unterschiedlichen Zaunstandorte für *Rana dalmatina* im Freistaat Sachsen. Blaue Bereiche zeigen Gebiete mit höheren Individuenfangzahlen im Vergleich zum Mittelwert über alle Individuenzahlen dieser Art, rote mit kleineren Individuenanzahlen an.

11.5. modellierte Werte für jeden Standort

Springfrosch / *Rana dalmatina*

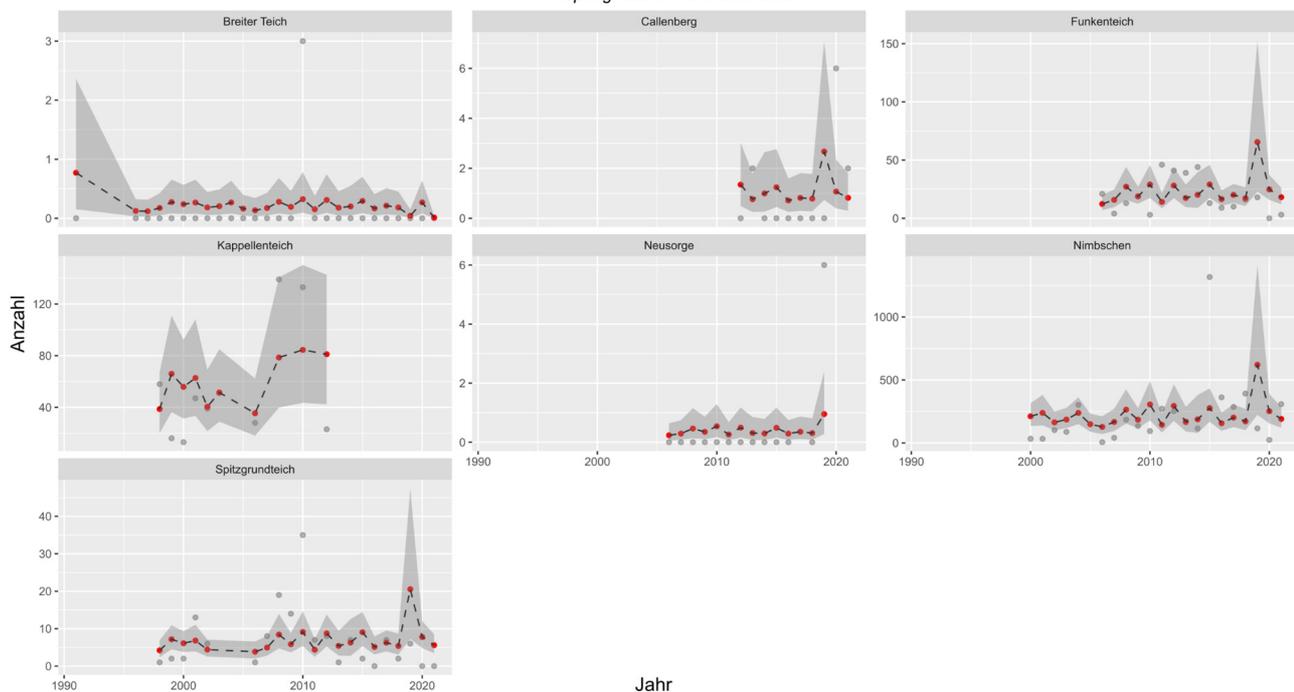


Abb. A27: Modellierte Werte für die Populationen von *Rana dalmatina* an den jeweiligen Zaunstandorten. Rote Punkte: durch das Modell vorhergesagte Werte; graue Punkte: beobachtete Werte; graue Bereiche: 95% Konfidenzbänder der Vorhersagewerte.

12. Bergmolch (*Ichtyosaura alpestris*)

Die Modellgüte für die Art *Ichtyosaura alpestris* wurde als problematisch eingestuft. Die Aussagen des Modells sind daher nicht vertrauenswürdig. Aus Gründen der Vollständigkeit sowie zur Illustration der Charakteristika von problematischen Modellen sind die Ergebnisse dennoch dargestellt.

12.1. Kriterien der Modellgüte

Beobachtete Anzahl vs simulierte Anzahl für die Art *Ichtyosaura alpestris*
Gemittelt über 1000 Simulationen

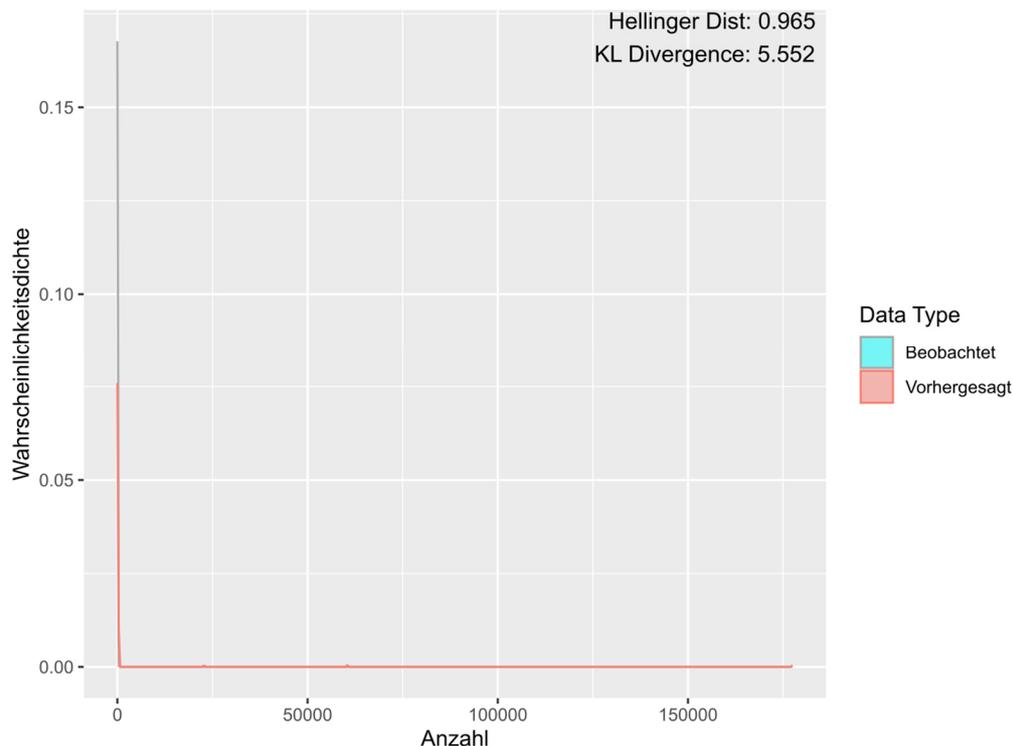


Abb. A28: Grafische Darstellung der Modellgüte-Kriterien. Dargestellt ist die Wahrscheinlichkeitsdichte-Verteilung der beobachteten (blau) und vorhergesagten (rot) Werte. Hellinger Dist: Hellinger's Distanz; KL Divergence: Kullback-Leibler-Divergenz. Für nähere Erklärungen s. Haupttext.

12.2. methodische und klimatische Komponente

Tabelle A11: Methodische bzw. klimatische Variablen des optimalen Modells für *Ichtyosaura alpestris* nach Selektion des optimalen Modells. Angegeben sind Mittelwert (mean), Standardabweichung (sd) sowie die Grenzen der 95% Konfidenzintervalle (2,5% Quant, 97,5% Quant). Variablen, deren Konfidenzintervall die 0 nicht beinhaltet, wurden als statistisch bedeutsam bewertet.

Parameter	Mittelwert	sd	2.5% Quant	97.5% Quant	Bedeutsam
Intercept	-3,50	14,66	-32,29	25,35	
Material: Maibach	4,47	13,16	-21,33	30,27	
Material: Metall	4,26	13,17	-21,56	30,09	
Material: Unbekannt	4,27	13,17	-21,56	30,09	
Material: DNV	-24,38	16,40	-56,54	7,77	
Material: Folie	7,89	13,38	-18,36	34,13	
Temp_mean_Fruehling_Vorj	0,26	0,14	-0,01	0,53	
KWB_Herbst_Vorj	0,29	0,13	0,04	0,54	Ja

12.3. Gesamttrend

Bergmolch / Ichthyosaura alpestris

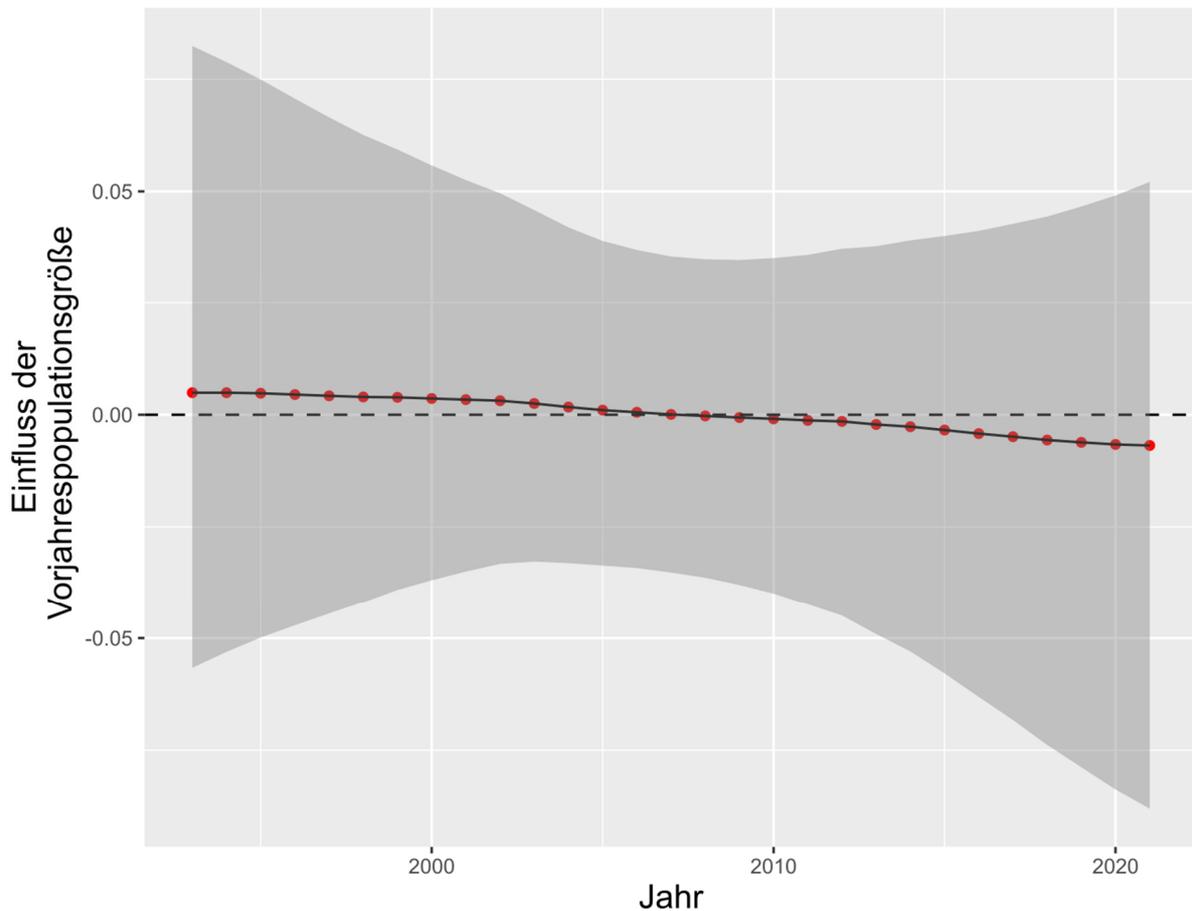


Abb. A29: Populationstrend der Gesamtpopulation von *ichthyosaura alpestris* im Freistaat Sachsen. Rote Punkte: Mittlerer Schätzwert; graue Bereiche: 95% Konfidenzintervalle; gestrichelte Linie: langjähriges Mittel bzw. "Intercept" im Modell; aus mathematischen Gründen wurde dieser um 0 zentriert. Schätzwerte, deren Konfidenzintervall 0 nicht beinhaltet, sind signifikant von 0 verschieden und bezeichnen einen negativen (<0) bzw positiven (>0) Trend. Für diese Art konnte kein aussagekräftiges Modellergebnis erzielt werden.

12.4. räumliche Komponente

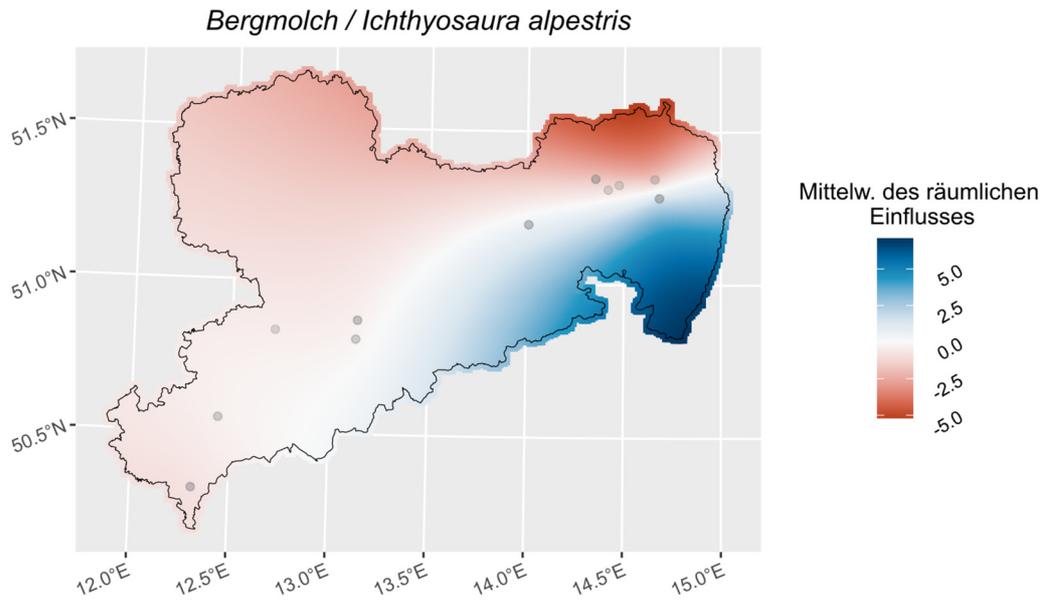


Abb. A30: räumliche Komponente des Modells. Modelliert wurde die räumliche Abhängigkeit der unterschiedlichen Zaunstandorte für *Ichthyosaura alpestris* im Freistaat Sachsen. Blaue Bereiche zeigen Gebiete mit höheren Individuenfangzahlen im Vergleich zum Mittelwert über alle Individuenzahlen dieser Art, rote mit kleineren Individuenanzahlen an.

12.5. modellierte Werte für jeden Standort

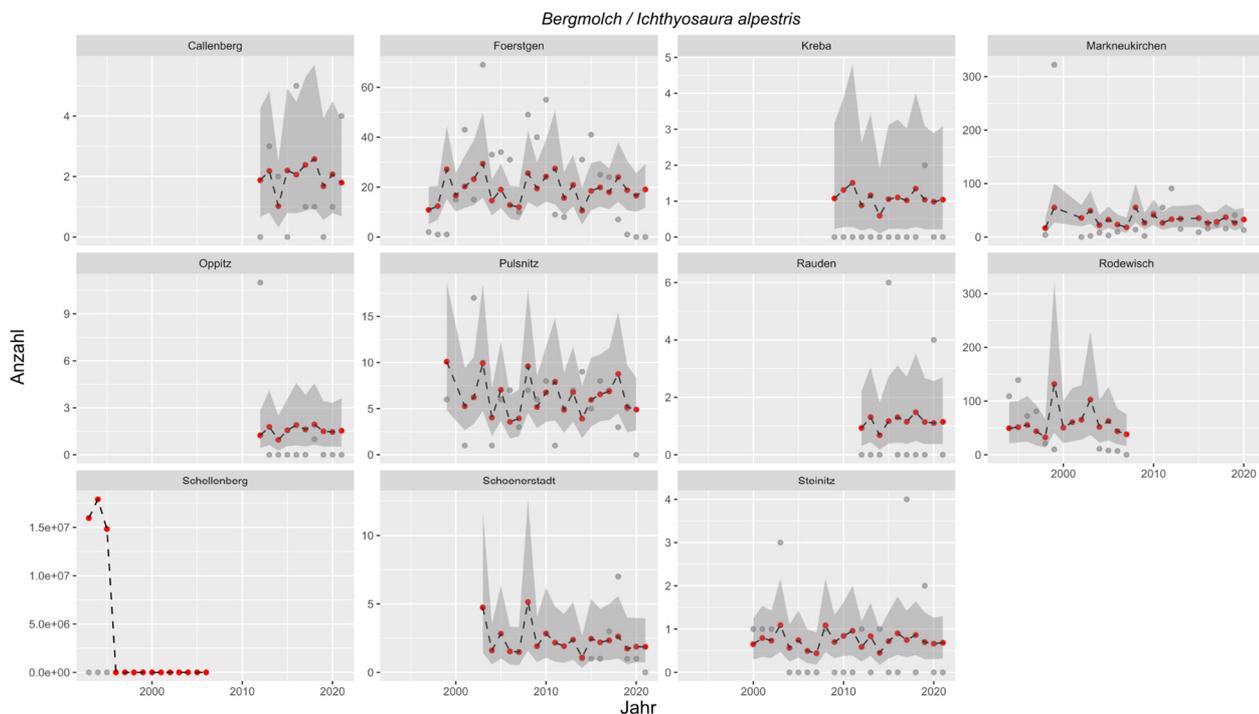


Abb. A31: Modellierte Werte für die Populationen von *Ichthyosaura alpestris* an den jeweiligen Zaunstandorten. Rote Punkte: durch das Modell vorhergesagte Werte; graue Punkte: beobachtete Werte; graue Bereiche: 95% Konfidenzbänder der Vorhersagewerte.

Literatur

Blab, J. (1986): Biologie, Ökologie und Schutz von Amphibien. – Bonn-Bad Godesberg (Kilda).

Fuglstad, G. A., Simpson, D., Lindgren, F., & Rue, H. (2019). Constructing priors that penalize the complexity of Gaussian random fields. – *Journal of the American Statistical Association* 114: 445–452.

Glandt, D. (2006): Der Moorfrosch. – Bielefeld (Laurenti).

Günther, R. (Hrsg.) (1996): Die Amphibien und Reptilien Deutschlands. – Jena (Fischer).

Jehle, R. & U. Sinsch (2007): Wanderleistung und Orientierung von Amphibien: eine Übersicht. – *Zeitschrift für Feldherpetologie* 14: 137–152.

Thiesmeier, B., A. Kupfer & R. Jehle (2009): Der Kammmolch. 2. Aufl. – Bielefeld (Laurenti).