



Bewertung von Biodiversität und Ökosystemdienstleistungen

In Zeiten fortschreitenden Klimawandels und einer immer komplexeren Planungssituation können modellbasierte Entscheidungsunterstützungssysteme einen wichtigen Beitrag für die forstliche Planung liefern. In der Schweiz wurde ein solches klimasensitives System für die langfristige Planung entwickelt und die Entwicklung von Biodiversität und Ökosystemdienstleistungen unter verschiedenen Managementstrategien beispielhaft für drei Forstbetriebe aufgezeigt.

TEXT: TIMOTHY THRIPPLETON, LEO BONT, CLEMENS BLATTERT, REINHARD MEY, JÜRGEN ZELL, ESTHER THÜRIG, JANINE SCHWEIER

Waldökosysteme stellen der Gesellschaft eine ganze Reihe von Ökosystemdienstleistungen zur Verfügung, insbesondere den erneuerbaren Rohstoff Holz, attraktive Naherholungsgebiete, die Speicherung von CO₂ zur Erreichung der Klimaziele sowie den Schutz vor Hangrutschungen, Lawinen und Steinschlägen (Abb. 1). Außerdem dient der Wald einer Vielzahl an Pflanzen und Tieren als Lebensraum und spielt somit für den Erhalt und die Förderung der Biodiversität eine zentrale Rolle. Für die Forstwirtschaft bedeuten die Bereitstellung einer Vielzahl an Ökosystemdienstleistungen jedoch eine komplexe Planungssituation, da sich Ansprüche zum Teil widersprechen können und Leistungen teilweise erbracht, aber nicht abgegolten

„Holznutzung und die Bereitstellung anderer Ökosystemdienstleistungen müssen sich nicht ausschließen.“

TIMOTHY THRIPPLETON

werden können. Zudem stellt der fortschreitende Klimawandel einen weiteren bedeutenden Faktor mit erheblichen Unsicherheiten für die Planung dar.

Um die Forstbetriebe in dieser komplexen Planungssituation zu unterstützen, wurde in dem Projekt SessFor der Eidgenössischen Forschungsanstalt für Wald, Schnee und Landschaft (WSL) (SessFor, gefördert durch das NFP73-Programm des Schweizerischen Nationalfonds (SNF)) ein klimasensitives Entscheidungsunterstützungssystem (sog. Decision-support-system, kurz: DSS) entwickelt [1], welches eine Weiterentwicklung von Blattert und Lemm [2] darstellt. Das DSS ist auf die strategische und langfristige Planung der Waldbewirtschaftung und der Bereitstellung von Ökosystemdienstleistungen unter dem Einfluss des Klimawandels ausgerichtet. Es ergänzt bereits existierende Entscheidungssysteme



Foto: J. Schweier/WSL

Abb. 1a: Der Wald stellt eine Vielzahl an Ökosystemdienstleistungen zur Verfügung, z. B. die Holzproduktion.



Foto: J. Schweier/WSL

Abb. 1b: Der Wald stellt eine Vielzahl an Ökosystemdienstleistungen zur Verfügung, z. B. die Erholungsfunktion.

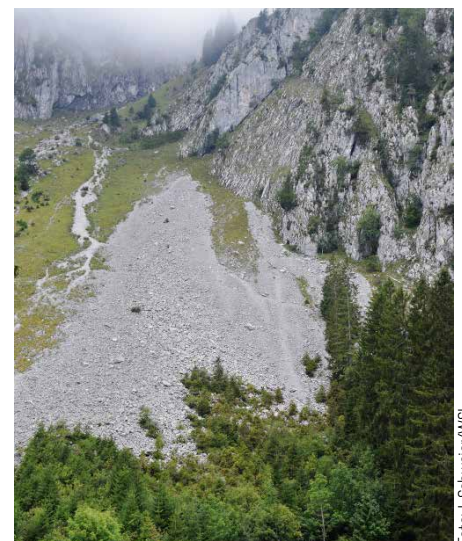


Foto: J. Schweier/WSL

Abb. 1c: Der Wald stellt eine Vielzahl an Ökosystemdienstleistungen zur Verfügung, z. B. den Schutz vor Lawinen, Steinschlägen und Hangrutschungen.

für die forstliche Planung, welche z. B. mehr auf die operative Planung ausgerichtet sind, und integriert eine Reihe neuer wissenschaftlicher Entwicklungen. Diese sind v. a. ein klimasensitives Waldwachstumsmodell [3], welches die Waldentwicklung projiziert, ein neuer statistischer Ansatz, um die Struktur und Zusammensetzung von Einzelbeständen aus Betriebsinventuren abzuleiten [4], sowie eine breite Datengrundlage für die Berechnung von Biomasse und Kohlenstoffgehalten in den Beständen (basierend auf dem aktuellen schweizerischen Landesforstinventar, LFI4). Zudem werden im System verschiedene Bewirtschaftungsstrategien mittels einer multikriteriellen Entscheidungsanalyse hinsichtlich ihrer Multifunktionalität verglichen [5].

Durch die umfangreiche Daten- und Modellgrundlage sowie ein breites Spektrum an integrierten Ökosystemdienstleistungen erlaubt das DSS eine umfassende Bewertung der Multifunktionalität von Wäldern auf der Betriebs-ebene. Es ist zudem sowohl für Betriebe in Tieflagen als auch im Gebirgswald anwendbar und ermöglicht die Untersuchung von alternativen Bewirtschaftungsstrategien unter gegenwärtigen und zukünftigen Klimabedingungen.

Anhand von drei Betrieben aus der Schweiz werden mögliche Auswirkungen veränderter Klimabedingungen und Bewirtschaftungsstrategien auf die Bereitstellung von Ökosystemdienstleistungen in Tieflagen und in den Voralpen aufgezeigt. Für eine genaue Beschreibung des Systems und aller Ergebnisse, siehe Thrippleton et al. [1]. In der Studie wurden u. a. folgende Fragestellungen untersucht:

- *Wie entwickeln sich die Bereitstellung von Ökosystemdienstleistungen (Holzproduktion, Kohlenstoffspeicherung, Erholungsfunktion und Schutzfunktion) und der Biodiversität unter verschiedenen Bewirtschaftungsstrategien?*
- *Wie verändern sich die Ergebnisse unter verschiedenen Klimaszenarien?*

Vorstellung des DSS-Systems

Das DSS besteht aus drei Hauptbestandteilen (Abb. 2):

1. einer Datenbank mit Informationen zu den Einzelbeständen des Betriebes

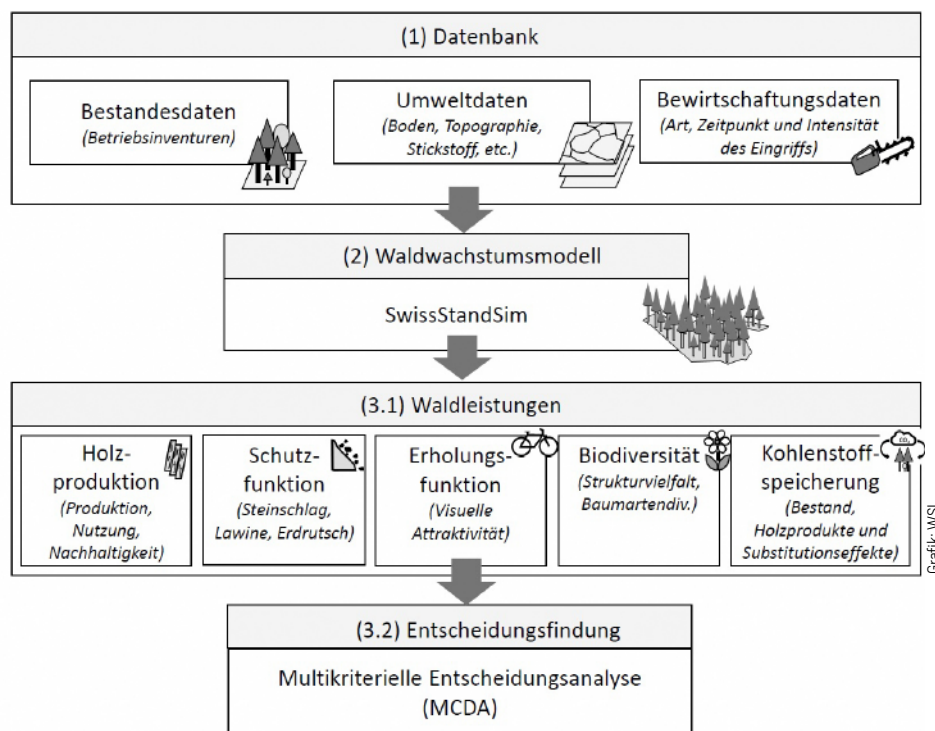


Abb. 2: Aufbau des DSS

(basierend auf Betriebsinventuren), Umweltdaten (v. a. Boden-, Klima- und topografische Daten) sowie Daten zu den zu untersuchenden Bewirtschaftungsstrategien,

2. dem klimasensitiven Waldwachstumsmodell SwissStandSim und

3. einem Indikatorsystem für Ökosystemdienstleistungen, welches die Grundlage für eine multikriterielle Entscheidungsanalyse bildet.

Im DSS werden die Ökosystemdienstleistungen Holzproduktion, Schutzfunktion, Erholungsfunktion (visuelle Attraktivität), Kohlenstoffspeicherung (in der lebendigen Biomasse, in Holzprodukten und Substitutionseffekten) sowie die Biodiversität (Struktur- und Baumartenvielfalt, Totholzanteil und Zahl der Habitatbäume) berücksichtigt. Gegenwärtig liegt das DSS in Form eines Prototyps vor, welcher zwar voll funktionsfähig ist, jedoch noch keine grafische Benutzeroberfläche und keine Bearbeitungsmöglichkeiten in Echtzeit bietet.

Für die Untersuchung wurde das System anhand von drei Betrieben in der Nordschweiz angewandt, wobei sich zwei Betriebe (WAG und BUE) in den wärmeren Tieflagen des Schweizer Mittellandes befinden und ein Betrieb (GOT) in den kühleren und regenreicheren Voralpen gelegen ist. Die Simulationen mit dem DSS wurden für einen 50-jährigen Zeitraum (2010 bis 2060) unter gegenwärtigem Klima und drei Klimawandelszenarien („feuchter“ (RCP4.5), „moderat“ (RCP4.5), „trockener“ (RCP8.5)) durchgeführt.

Schneller ÜBERBLICK

- » **Das System ist auf die langfristige, strategische Planung von Forstbetrieben ausgelegt**
- » **Es ermöglicht, die Entwicklung der Multifunktionalität** anhand von Indikatoren für Biodiversität und Ökosystemdienstleistungen unter dem Einfluss des Klimawandels zu projizieren
- » **Holznutzung, Kohlenstoffspeicherung, Erholungsfunktion** und Schutzfunktion sowie Biodiversitätsindikatoren werden berücksichtigt
- » **Verschiedene Bewirtschaftungsstrategien** können mittels einer multikriteriellen Entscheidungsanalyse bewertet werden



Bewirtschaftungsstrategien für die drei Forstbetriebe

Bewirtschaftungsstrategien

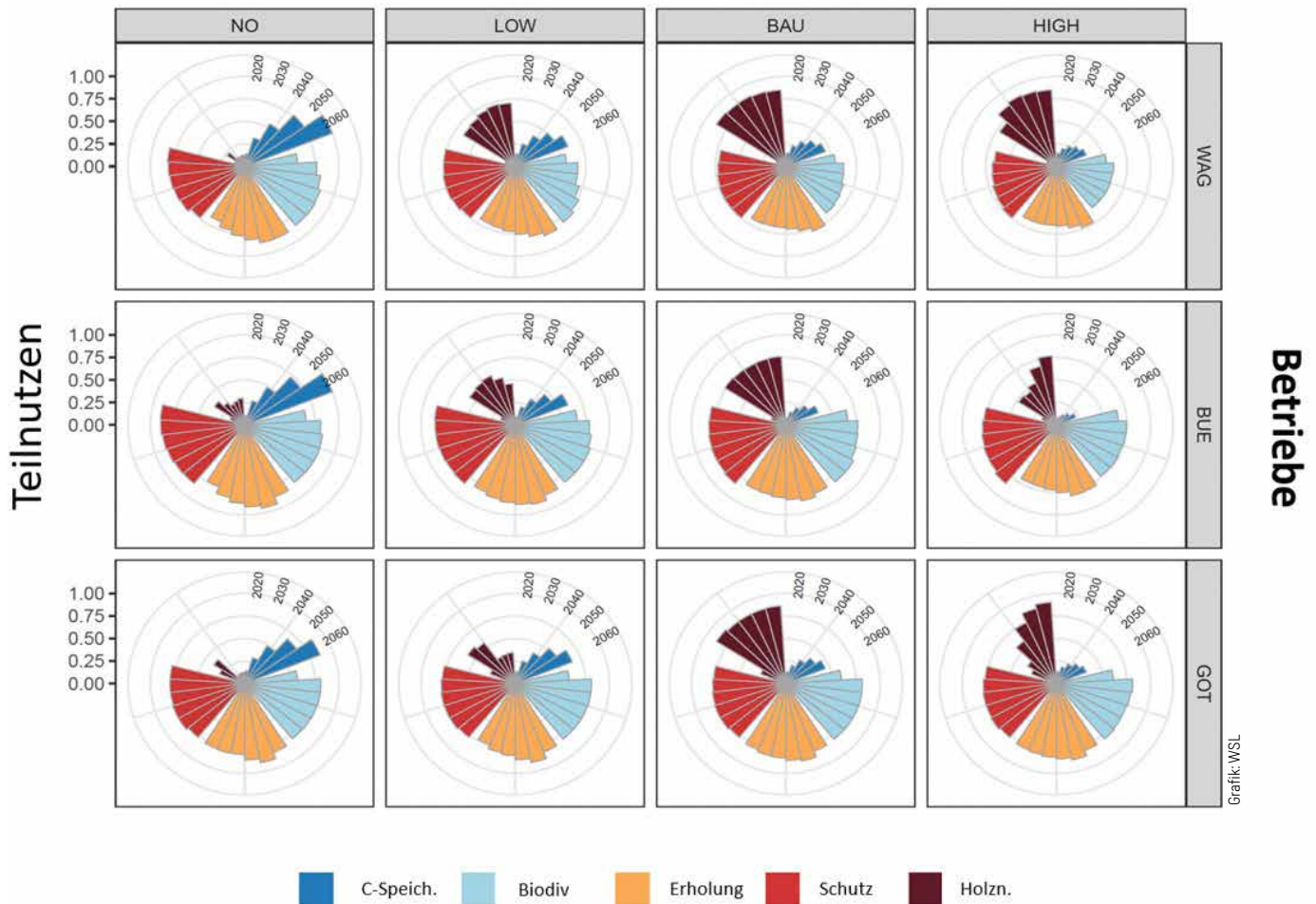


Abb. 3: Entwicklung der Ökosystemdienstleistungen und der Biodiversität von 2010 bis 2060 für vier verschiedene Bewirtschaftungsintensitäten (von „NO“: unbewirtschaftet bis „HIGH“: hohe Bewirtschaftungsintensität) für die drei Betriebe (WAG, BUE: Mittelland und GOT: Voralpen) unter gegenwärtigem Klima

Dabei wurden vier alternative Bewirtschaftungsstrategien untersucht, die neben der gegenwärtigen Bewirtschaftungsintensität („business as usual“, BAU) eine niedrigere (LOW) und höhere Intensität (HIGH) sowie ein unbewirtschaftetes Szenario (NO) abbilden.

Auswirkung auf Ökosystemdienstleistungen

Unter dem gegenwärtigen Klima, also ohne die Berücksichtigung des Klimawandels, zeigte sich der deutlichste Effekt der Bewirtschaftungsintensität auf die Ökosystemdienstleistungen Holznutzung und Kohlenstoffspeicherung, d. h., mit zunehmender Holznutzung zeigte sich eine abnehmende Kohlenstoffspeicherung (Abb. 3). Bei den anderen untersuchten Ökosystemdienst-

leistungen zeigten sich dagegen nur relativ geringe Änderungen mit zunehmender Bewirtschaftungsintensität. Grundsätzlich traten in allen Betrieben Synergien zwischen den Leistungen Biodiversität, Erholung und Schutzfunktion sowie Zielkonflikte zwischen Holznutzung und Kohlenstoffspeicherung auf. Die Zunahme des Teilnutzens für die Kohlenstoffspeicherung mit abnehmender Nutzungsintensität ist damit zu erklären, dass im betrachteten Zeitraum von nur 50 Jahren durch Vorratzszuwächse zunehmend Kohlenstoff in den Beständen gespeichert wird, während bei der Holznutzung ein relativ hoher Anteil in Energieholz fließt. Bei einem längeren Betrachtungszeitraum, einer Berücksichtigung der zunehmenden Störungsanfälligkeit von überalterten Beständen (v. a. durch Windwurf und

Borkenkäfer) sowie einer vermehrten stofflichen Nutzung der Holzproduktion ist jedoch davon auszugehen, dass sich statt eines Zielkonfliktes eine Synergie zwischen Holzproduktion und Kohlenstoffspeicherung ergeben sollte [6].

Auf Ebene des Gesamtnutzens, welcher die Teilnutzen der Ökosystemdienstleistungen kombiniert und somit ein Maß für die Multifunktionalität darstellt, zeigte sich, dass der geringste Gesamtnutzen im Falle des unbewirtschafteten Szenarios (NO) auftrat, während das Szenario mit der gegenwärtigen Nutzung (BAU) am besten bzw. am zweitbesten abschnitt.

Auswirkung des Klimawandels

Die Simulationen unter Einfluss des Klimawandels zeigten generell negative

Wie wirkt sich der Klimawandel auf die Forstbetriebe aus?

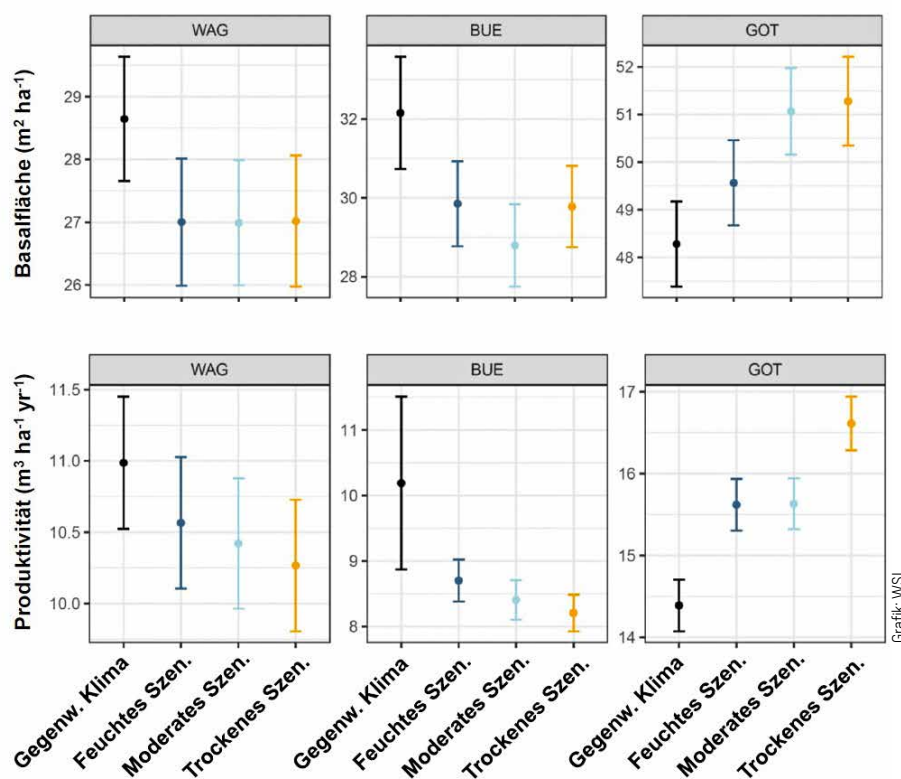


Abb. 4: Auswirkung von drei Klimawandelszenarien (im Vergleich zu gegenwärtigen Klimabedingungen) auf ausgewählte Indikatoren (Basalfläche und Produktivität) an den drei Forstbetrieben für das Jahr 2060.

Literaturhinweise:

[1] THRIFFLETON, T.; BLATTERT, C.; BONT, L. G.; MEY, R.; ZELL, J.; THÜRIG, E.; SCHWEIER, J. (2021): A multi-criteria decision support system for strategic planning at the Swiss forest enterprise level: coping with climate change and shifting demands in ecosystem service provisioning. *Frontiers in Forests and Global Change* 4:693020. doi: 10.3389/ffgc.2021.693020. [2] BLATTERT, C.; LEMM, R. (2018): Ein multikriterielles Entscheidungssystem für die multifunktionale Bewirtschaftung von Wäldern auf forstbetrieblicher Ebene. *Schlussbericht*, Eidg. Forschungsanstalt WSL, Birmensdorf, Schweiz. [3] ZELL, J.; NITZSCHE, J.; STADELMANN, G.; THÜRIG, E. (2020): *SwissStandSim: ein klimasensitives, einzelbaumbasierendes Waldwachstumsmodell*. *Schweizerische Zeitschrift für Forstwesen* 171:116-123. [4] MEY, R.; STADELMANN, G.; THÜRIG, E.; BUGMANN, H.; ZELL, J. (2021): From small forest samples to generalised uni- and bimodal stand descriptions. *Methods in Ecology and Evolution* 12:634-645. [5] BLATTERT, C., LEMM, R.; THEES, O.; LEXER, M. J.; HANEWINKEL, M. (2017): Management of ecosystem services in mountain forests: Review of indicators and value functions for model based multi-criteria decision analysis. *Ecological Indicators* 79:391-409. [6] WEISS, P.; BRAUN, M.; FRITZ, D.; GSCHWANTNER, T. et al. (2020): *Zusammenschau der Treibhausgasergebnisse des waldbasierenden Sektors für verschiedene CareforParis-Szenarien*. *BFW-Praxisinformation* 51, 20-24.

Auswirkungen auf die Betriebe im tiefergelegenen Schweizer Mittelland, was v. a. auf trockenheitsbedingte Zuwachsreduktionen und vermehrtes Baumsterben zurückzuführen war. Dagegen kam es im Falle des höher gelegenen Betriebs in den Voralpen zu positiven Auswirkungen des Klimawandels, insbesondere aufgrund von höheren Zuwachsraten durch bessere Temperaturbedingungen (Abb. 4). Weitere Studien aus Gebirgswäldern in Zentraleuropa projizieren ähnliche nach Höhenstufen und Umweltbedingungen differenzierte Auswirkungen des Klimawandels. Die Ergebnisse der Studie zeigen die Bedeutung des DSS auf, welches der Betriebsleitung eine standortspezifische Abschätzung für mögliche Auswirkungen des Klimawandels auf den Betrieb ermöglicht. Ein wichtiger Punkt für die Erweiterung des DSS ist außerdem die Berücksichtigung von Störungsanfälligkeit, z. B. durch Windwürfe und Borkenkäfer, die ebenfalls maßgeblich durch den Klimawandel beeinflusst wird.

Fazit

Das neue System bietet ein Werkzeug für eine umfassende Quantifizierung der Multifunktionalität von Wäldern auf betrieblicher Ebene sowie die Möglichkeit, deren langfristige Entwicklung unter verschiedenen Bewirtschaftungsstrategien und Klimawandelszenarien strategisch zu bewerten. Das System liefert somit eine wichtige Grundlage, um Ökosystemdienstleistungen bei Planung und Entscheidungen über Art und Intensität der Nutzung einzubeziehen.



Dr. Timothy Thrippleton

timothy.thrippleton@wsl.ch

und **Dr. Leo Bont** sind wissenschaftliche Mitarbeiter in der „Forschungsgruppe Nachhaltige Forstwirtschaft“ an der Eidg. Forschungsanstalt WSL, **Clemens Blattert** ist Wissenschaftler in der Forschungsgruppe Boreal Ecosystems Research Group (Universität Jyväskylä), **Reinhard Mey** ist Doktorand, **Dr. Jürgen Zell** ist wissenschaftlicher Mitarbeiter in der Forschungsgruppe „Ressourcenanalyse“ (WSL), **Dr. Esther Thürig** leitet die Forschungsgruppe „Ressourcenanalyse“ (WSL), **Dr. Janine Schweier** leitet die Forschungsgruppe „Nachhaltige Forstwirtschaft“.

agrarboden.de
Agrar- und Forstimmobilien seit 1960

Deutsch Drahthaar-Welpen gewölft 08.05.22 – Zwinger von der Monrealer Löwenburg. Zucht aus auf Form und Leistung geprüften Eltern (VJP, HZP, VGP bestanden). Zuverlässig auf der Jagd, zuhause der optimale Familienhund. Aus Tiara II vom Breilenthal nach Max vom Sprakeler Holz. Dr. Alexander von Teutul, www.monrealer-loewenburg.de, Mobil: 0151 401 220 73.