

Bürgerbeteiligung 3.0 – ein digitales Dialogtool zur Entscheidungsunterstützung im Rahmen der Energiewende

Citizen participation 3.0 – A digital dialogue tool
to support decision-making in the context of the energy transition

Julia Thiele, Jule Kinzinger und Christina von Haaren

Zusammenfassung

Bei der Beschleunigung der Energiewende gilt es, weder den Schutz von Natur und Landschaft noch die Bürgerbeteiligung aus den Augen zu verlieren. Statt einer Einschränkung der Beteiligungsmöglichkeiten werden neue Formate benötigt, die Gemeindemitglieder aktiver und verantwortungsvoller in die Gestaltung der Energielandschaft vor Ort einbeziehen. Zu diesem Zweck wurde auf Basis verhaltenswissenschaftlicher Erkenntnisse ein digitales Dialogtool entwickelt. Kernelemente des Tools sind die Vorgabe eines von der Bundesebene räumlich herunterskalierten Zielstromertrags für den Planungsraum und Informationen über räumliche Grenzen für eine gesellschaftlich akzeptierte und naturverträgliche Allokation von Wind- oder Solarenergieanlagen. In Workshops simulierten Gemeindemitglieder auf einer interaktiven Karte die Verteilung der Anlagen, um den Zielstromertrag zu erreichen. Das digitale Dialogtool wurde in drei Gemeinden evaluiert. Im Ergebnis zeigte sich, dass Dialogprozesse und das lokale Verantwortungsbewusstsein sowie die Akzeptanz der erneuerbaren Energien vor Ort gefördert wurden. Die Resultate können in der Regional- oder Bauleitplanung als Beitrag der Bürgerbeteiligung genutzt werden.

Energiewende – Verhaltensmechanismen – Akzeptanz – Partizipation – interaktive Kartenanwendung – informelles Beteiligungsinstrument – Gamification

Abstract

In accelerating the energy transition, it is important not to lose sight of either nature and landscape conservation or citizen participation. Instead of limiting participation opportunities, new formats are needed to involve community members more actively and responsibly in shaping their local energy landscape. To this end, a digital dialogue tool was developed based on findings from behavioural science. The core elements of the tool are the specification of a target electricity yield for the planning area scaled down from the national level and information on spatial limits for a socially accepted and nature-friendly allocation of wind or solar energy plants. In workshops, community members simulated the allocation of wind turbines on an interactive map to achieve the target electricity yield. The digital dialogue tool was evaluated in three municipalities. The results showed that the dialogue processes and the local sense of responsibility as well as the acceptance of renewable energies were promoted locally. The results can be used as participatory input to regional or urban land-use planning.

Energy transition – Behavioural mechanisms – Acceptance – Participation – Interactive map – Informal participation tool – Gamification

Manuskripteinreichung: 7.9.2023, Annahme: 18.2.2024

DOI: 10.19217/NuL2024-05-01 (inkl. Zusatzmaterial)

1 Einleitung

Die Energiewende muss beschleunigt werden – hierzu besteht Einigkeit in Politik und Wissenschaft. Strittig sind allerdings noch immer die Wege dahin. Die allgemeine Zustimmung zur Energiewende stieg zwar im vergangenen Jahr vor dem Hintergrund von Versorgungsunsicherheiten, Inflation und Abhängigkeit von autoritären Staaten auf 86 % (AEE 2022), vor Ort stoßen konkrete Planungen für neue Erneuerbare-Energien(EE)-Anlagen dennoch häufig auf Kritik und Widerstände (Fraune et al. 2019; Hübner et al. 2019; Schöbel et al. 2022). Selbst wenn die Akzeptanz vor Planungsbeginn hoch war, sinkt sie in der Regel mit Beginn des Planungsprozesses (Ellis, Ferraro 2016) und Proteste verfestigen sich häufig (Eichenauner et al. 2018). Angst vor möglichen Gesundheitsschäden, eine unzureichende Berücksichtigung von Natur- und Landschaftsschutz, Kritik an der Umsetzung der Energiewende sowie die Sorge vor möglichem Wertverlust des eigenen Grundstücks sind Hauptgründe für eine Ablehnung von Windenergieanlagen (WEA)

(Eichenauner et al. 2018). In der Vergangenheit waren entsprechend hohe Anteile der Regionalplanungsausweisungen für WEA durch Klagen vor Gericht ausgesetzt, z.B. im Landkreis Cuxhaven, Nienburg oder Verden (Oberverwaltungsgericht – OVG Niedersachsen, Urteil vom 7.11.2017 – 12 KN 107/16; OVG Niedersachsen, Urteil vom 30.1.2020 – 12 KN 75/18; OVG Niedersachsen, Urteil vom 18.5.2020 – 12 KN 243/17). Bisherige Beteiligungsformate haben offenbar verantwortungsvolle, kollektive Konsensprozesse von Bürgerinnen und Bürgern nicht ausreichend unterstützt. Anwohnerinnen und Anwohner wünschen sich u.a. eine stärkere und frühere Einbindung in den Planungsprozess (von Streit 2021). Eine aktuelle Studie zeigt, dass sich Bürgerinnen und Bürger vor Ort trotz gesetzlich vorgesehener Beteiligungsmöglichkeiten teilweise nur unzureichend einbezogen fühlen (Schöbel et al. 2022).

Derzeit bringt das Ziel der Ampel-Regierung, insgesamt 2 % der Fläche Deutschlands für die Windenergie an Land bis Ende 2032 bereitzustellen, eine starke Dynamik in die Planungsprozesse (Gesetz zur Erhöhung und Beschleunigung des Ausbaus von

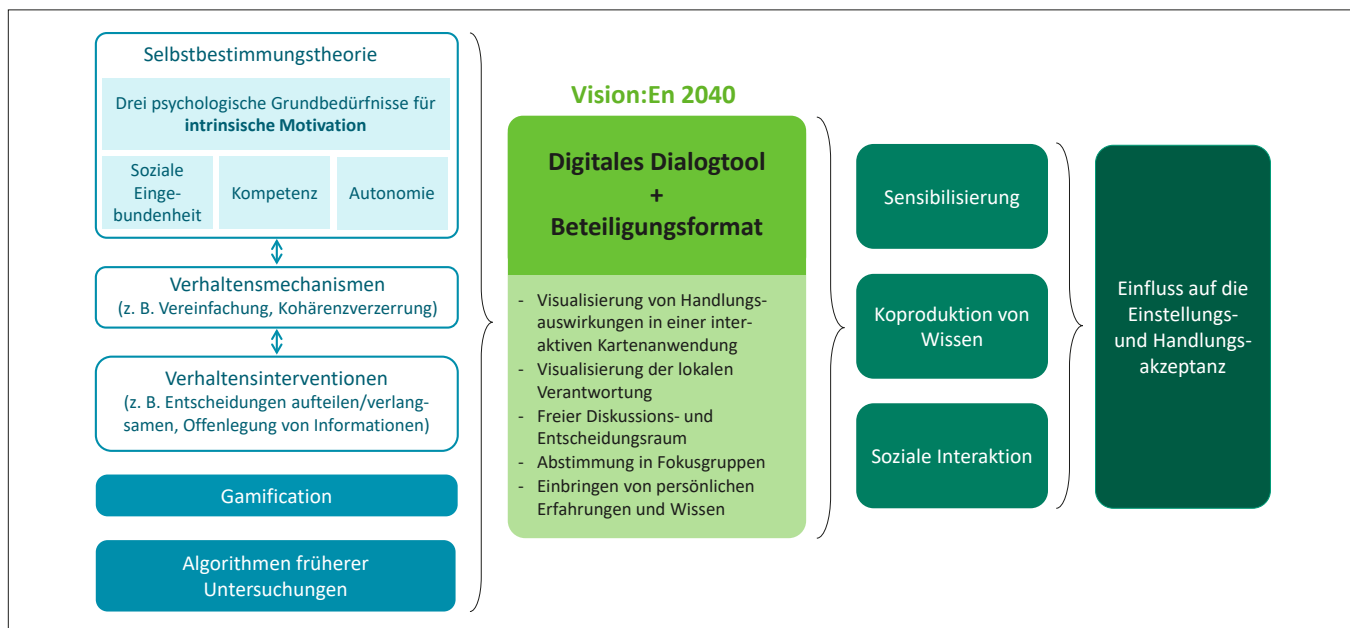


Abb. 1: Konzeptioneller Rahmen von Vision:En 2040: Das digitale Dialogtool baut auf Potenzialstudien auf, in deren Rahmen geeignete Flächen für die Allokation von Windenergie- und Photovoltaik-Freiflächenanlagen kartographisch abgegrenzt und visualisiert wurden (Badelt et al. 2020; Thiele et al. 2021a). Zudem enthält es Gamification-Elemente, die bestimmte Verhaltensmechanismen (von Haaren, Othengrafen 2019) und eine autonome Motivation fördern sollen. Um die autonome Motivation zu unterstützen, sollte sie nach der Selbstbestimmungstheorie die drei psychologischen Bedürfnisse (soziale Eingebundenheit, Kompetenz und Autonomie) ansprechen, z. B. durch die Schaffung motivierender Erfahrungen mit erreichbaren Zielen und sozialen Interaktionen in einem flexiblen System (Van Roy, Zaman 2017; Krath et al. 2021).

Fig. 1: Conceptual framework of Vision:En 2040: The digital dialogue tool is based on potential studies in which suitable areas for the allocation of wind energy and ground-mounted photovoltaic systems were mapped and visualised (Badelt et al. 2020; Thiele et al. 2021a), and includes gamification elements to promote certain behavioural mechanisms (von Haaren, Othengrafen 2019) and autonomous motivation. According to self-determination theory, to support autonomous motivation, the three psychological needs (social integration, competence and autonomy) should be addressed, for example by creating motivating experiences with achievable goals and social interactions in a flexible system (Van Roy, Zaman 2017; Krath et al. 2021).

Windenergieanlagen an Land – sog. Wind-an-Land-Gesetz; Windenergieflächenbedarfsgesetz – WindBG). Dabei steht die unter Bürgerinnen und Bürgern besonders strittige Windenergie im Zentrum der Flächenausweisungen. Auch mediale Narrative zum Ausbau der Windenergie verstärken den Zielkonflikt zwischen der Transformation des Energiesystems und dem Schutz der Natur (Banita 2023). Zudem wird die Bürgerbeteiligung jetzt im Falle einer notwendigen Strategischen Umweltprüfung (SUP) nicht mehr auf der Ebene einzelner Windenergiegebiete durchgeführt, sondern auf die Regionsebene beschränkt (§ 6 WindBG). Dadurch entfällt die Pflicht zur Umweltverträglichkeitsprüfung (UVP) auf Gemeindeebene. Die Bürgerbeteiligung und -teilhabe ist jedoch für einen erfolgreichen Transformationsprozess besonders wichtig (Miosga 2019). Insgesamt sollte das Ziel der Beschleunigung also nicht zu einer Abschwächung der Beteiligungsmöglichkeiten führen. Im Gegenteil: Die Bürgerbeteiligung sollte gestärkt werden, indem die Bürgerinnen und Bürger aktiver und verantwortungsvoller in die Gestaltung ihrer Energielandschaft einbezogen werden. Dies würde nicht nur das Nachhaltigkeitsprinzip und die Aarhus-Konvention (Übereinkommen über den Zugang zu Informationen, die Öffentlichkeitsbeteiligung an Entscheidungsverfahren und den Zugang zu Gerichten in Umweltangelegenheiten) berücksichtigen, sondern auch zu einer breit getragenen Flächenausweisung und damit zu einer nachhaltigen Beschleunigung beitragen. Dazu braucht die Bürgerbeteiligung jedoch eine neue Form, die über den Austausch von Informationen und Haltungen hinausgeht, Selbstwirksamkeitserfahrungen ermöglicht, Kommunikationsprozesse über gegensätzliche Positionen befördert und eine stärkere Fokussierung auf gemeinsame Ziele unterstützt. Selbstwirksamkeit ist eines der bedeutendsten Konzepte der kognitiven Psychologie und „bezeichnet die Überzeugung, durch eigene Fähigkeiten solche

Handlungen ausführen zu können, die zu den gewünschten Zielen führen“ (Egger 2015). Der Einsatz von Webtechnologien mit digitalen, kartenbasierten Beteiligungsplattformen bietet dabei neue Handlungs- und Diskussionsmöglichkeiten für eine „Bürgerbeteiligung 3.0“ (von Lucke, Gollasch 2022).

Eine solche Bürgerbeteiligung 3.0 kann auf Erkenntnissen der Verhaltenswissenschaften (von Haaren, Othengrafen 2019) und Erfahrungen aus Gamification-Ansätzen (Krath et al. 2021) aufbauen. Gamification wird im wissenschaftlichen Kontext als die Verwendung von Spielelementen in nicht spielerischem Kontext definiert (Deterding et al. 2011) und kann als Teil verhaltenswissenschaftlicher Interventionen gesehen werden. Neuere partizipative Ansätze kombinieren interaktive Kartenanwendungen und Gamification, um das Bewusstsein für Umweltfragen zu schärfen, Wissen transparent und kollaborativ zu vermitteln und Verhaltensänderungen zu fördern (Laneczki et al. 2020; Aguilar et al. 2021; Khatib et al. 2021). Bisher wurden Anwendungen im Energiebereich v. a. für die Bildung von Kindern und Jugendlichen entwickelt und eingesetzt (Spangenberg et al. 2020; Khatib et al. 2021). Jedoch kann Gamification allein nicht die oben genannten Ansprüche erfüllen.

Vor diesem Hintergrund wurde unter Einbeziehung einer Reihe verhaltenswissenschaftlicher Mechanismen ein **Beteiligungsformat mit digitalem Dialogtool (Vision:En 2040)** entwickelt. Mit dem digitalen Dialogtool erstellen Gemeindemitglieder kooperativ Szenarien für die Installation von EE-Anlagen. Das digitale Dialogtool wurde in drei Gemeinden (Stadt Hemmingen, Stadt Gehrden und Stadt Ronnenberg) im Rahmen einer sog. Vision:En-2040-Veranstaltung eingesetzt und im Anschluss evaluiert. Es wurde untersucht, (i) ob die Teilnahme an einer Vision:En-2040-Veranstaltung die Akzeptanz für die Energiewende bzw. für EE vor Ort verändert (siehe Schweizer-Ries et al. 2010), (ii) ob die Anwohnerinnen und

Anwohner für ihre eigene lokale Verantwortung im Energiewendeprozess sensibilisiert werden und (iii) ob Verständnis für andere Meinungen in der eigenen Gemeinde geweckt wird.

Akzeptanz wird in diesem Beitrag nach Schweizer-Ries et al. (2010) definiert, da diese Definition eine Bewertungs- und eine Handlungsebene beinhaltet und in verschiedenen Studien zur Akzeptanzforschung von EE rezipiert wurde (Hübner et al. 2019; Local Energy Consulting 2020; FA Wind 2021). Demnach ist Akzeptanz das positive, zeitlich relativ konstante Ergebnis eines an bestimmte Rahmenbedingungen geknüpften Bewertungsprozesses durch ein Akzeptanzsubjekt (Bewertungsebene). Diese Bewertung kann zudem mit einer diesem Bewertungsurteil und dem wahrgenommenen Handlungsrahmen entsprechenden Handlung einhergehen (Handlungsebene; Schweizer-Ries et al. 2010). Der folgende Abschnitt thematisiert zunächst den konzeptionellen Rahmen von Vision:En 2040, um darauf aufbauend das Veranstaltungskonzept und die Toolkomponenten abzuleiten. In Abschnitt 3, S. 222 f., werden Veranstaltungsevaluationen vorgestellt, die in der anschließenden Diskussion aufgegriffen und mit bestehenden Ansätzen und Studien verglichen werden. Nach einer Einordnung der Ergebnisse wird ein Ausblick auf die Weiterentwicklung des Dialoginstruments gegeben.

2 Das digitale Dialogtool und partizipative Veranstaltungskonzept

2.1 Konzeptioneller Rahmen

Kernelemente des digitalen Dialogtools sind die Nutzung bestimmter Verhaltensmechanismen, die Vorgabe eines von der Bundesebene räumlich herunterkalierten Zielstromertrags für den Planungsraum und die Information über räumliche Grenzen für eine Allokation von WEA und Photovoltaik-Freiflächenanlagen (PV-FFA) im Einklang mit Mensch und Natur. Folgende Verhaltensmechanismen, die auch für die Umweltplanung relevant sind (vgl. von Haaren, Othengrafen 2019) und auch durch die Selbstbestimmungstheorie (Ryan, Deci 2000) gestützt werden, wurden bei der Konzeption des Vorgehens berücksichtigt (Abb. 1): Verlangsamung der Entscheidung, Wettbewerb/Gamification, Offenlegung von Informationen, Kodifizierung von Informationen zur einfachen Vergleichbarkeit, Aufteilen komplexer Entscheidungen, greifbare Ergebnisse, Selbstwirksamkeit und soziale Eingebundenheit/Verantwortung in der Gruppe.

Das digitale Dialogtool wird in einem partizipativen Veranstaltungskonzept eingesetzt. Dadurch werden soziale Interaktionen herbeigeführt (Abb. 1), die Dialogprozesse sowie soziales Lernen fördern (Siebenhüner 2005; Albert et al. 2012; Diniz et al. 2019). Durch die Arbeit in Fokusgruppen und das manuelle Ausprobieren

von Alternativen mithilfe des digitalen Dialogtools wird die Diskussion substanziiert und verlangsamt, was durchdachte („langsame“) Entscheidungen fördert. Da die Fokusgruppen parallel zueinander versuchen, den Zielstromertrag der Gemeinde zu erreichen, entsteht ein für Spiele typisches Wettbewerbsklima. Spaß und Zielorientierung werden dadurch gefördert. Die Offenlegung von Informationen über die Eignung von Flächen für eine Allokation der Wind- und PV-Anlagen im Einklang mit Mensch und Natur ist ein Kernelement des Spiels und eine Grundvoraussetzung für eine gelingende konstruktive Partizipation. Wissen und Informationen sowie die Ausräumung von Unsicherheiten stärken die Akzeptanz gegenüber einem EE-Ausbau (Langer et al. 2016; Saidi 2018). Dafür sollten die Informationsquellen unabhängig, objektiv, sachkundig und zuverlässig sein (Hildebrand et al. 2018).

2.2 Partizipatives Veranstaltungskonzept

Das digitale Dialogtool ist in ein dreistündiges Veranstaltungskonzept integriert (Flacke, de Boer 2017). Zielgruppe sind alle Mitglieder einer Gemeinde wie Privatpersonen, Personen aus Politik und Verwaltung oder Engagierte aus sozialen Bewegungen. Die Registrierung steht allen Personen in der Gemeinde offen – unabhängig davon, ob sie bereits Erfahrungen mit EE oder Planungsprozessen haben. Die Veranstaltung wird öffentlich über die Presse, Einladungsflyer sowie die sozialen Medien angekündigt und beworben, sie beginnt um 18:00 Uhr, dauert mit Pausen drei Stunden und gliedert sich in drei Phasen (Abb. 2).

In einer 40-minütigen Einführungsphase informiert ein Impulsvortrag über den EE-Ausbau der Gemeinde sowie die Auswirkungen von WEA, PV-FFA und Dach-PV. In der anschließenden Fokusgruppenphase simulieren die Teilnehmerinnen und Teilnehmer im digitalen Dialogtool kooperativ Standorte für EE-Anlagen und begründen dabei ihre Entscheidungen. Nach Tausch, Menold (2015) ist der Sprechanteil in Fokusgruppen mit 6 Personen ausgeglichen. Es stehen 6 Touch-Monitore zur Verfügung, sodass insgesamt 36 Personen an einem Workshop partizipieren können. Nach einer 15-minütigen Pause präsentieren die Teilnehmerinnen und Teilnehmer ihre Gruppenergebnisse in einer Plenarsitzung und diskutieren Schnittmengen und Abweichungen. Die Simulationsergebnisse können der Verwaltung bzw. dem Gemeinderat durch eine Exportfunktion zur Verfügung gestellt werden.

2.3 Elemente und Oberfläche des digitalen Dialogtools

Das digitale Dialogtool basiert auf einer bundesweiten Studie zur Ermittlung des Potenzials für die Erreichung des Energiebedarfs bei 100% EE (Thiele et al. 2021a). Die Studie hat gezeigt, dass ein

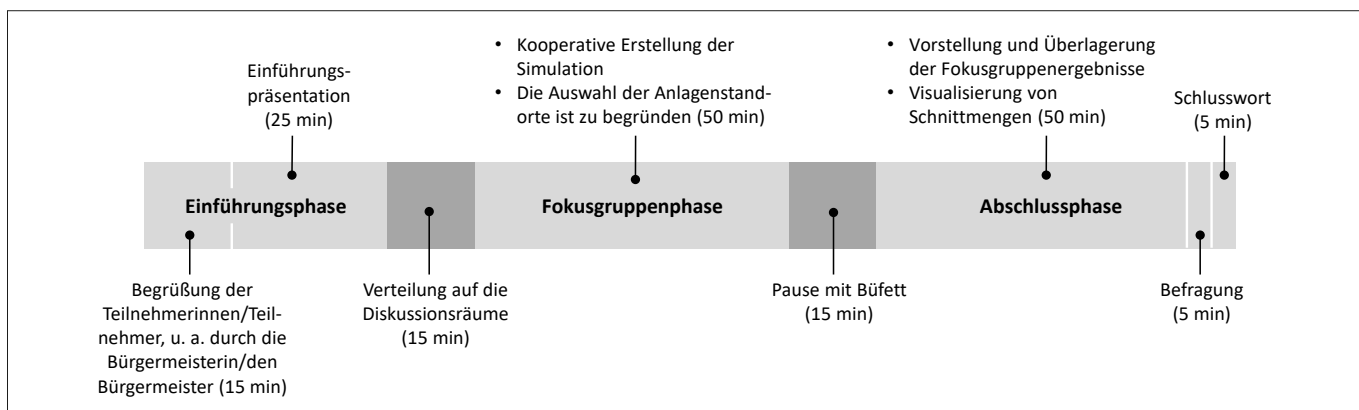


Abb. 2: Aufbau einer Vision:En-2040-Veranstaltung, die sich in eine Einführungsphase, Fokusgruppenphase und Abschlussphase gliedert.

Fig. 2: Structure of a Vision:En 2040 workshop divided into an introductory phase, a focus group phase and a closing phase.

Potenziale und Wirkungen künstlich angelegter Baummikrohabitate

Potential and effects of artificially created tree-related microhabitats

Josef Großmann, Nicolas Schoof und Patrick Pyttel

Zusammenfassung

Baummikrohabitate (BMH) sind biodiversitätsfördernde Strukturelemente an Einzelbäumen und haben eine wichtige Funktion für den Artenschutz. Zu den BMH zählen bspw. Specht- und Faulhöhlen, Kronentotholz und epiphytischer Bewuchs. Durch technisierte und ertragsorientierte Waldbewirtschaftungsformen liegen Quantität und Qualität von BMH in Wäldern in der Regel deutlich unter dem natürlichen Potenzial. Die natürliche Entstehung und Entwicklung von BMH dauert oft Jahrzehnte und unterliegt zufälligen Einwirkungen. Um dennoch BMH in größerer Anzahl und unabhängig von natürlichen Wirkungsgefügen und Zeiträumen bereitzustellen, können BMH künstlich erzeugt oder ihre Entwicklung kann durch technische Maßnahmen beschleunigt werden. Die häufigsten und bekanntesten künstlichen BMH sind Nistkästen für diverse Vogelarten sowie Fledermausquartiere. Weit weniger gängig sind die künstliche Schaffung von Kronentotholz und Stammhöhlungen oder das Bereitstellen komplexer Habitatimitate für totholznutzende Gliederfüßer (Arthropoden). Seltener Zielarten künstlicher BMH sind auch andere Säugetiere wie Bilche (Gliridae), verschiedene Pilzarten und Flechten. Inwiefern künstlich geschaffene BMH ihre natürlichen Vorbilder erfolgreich imitieren können, ist bislang nicht abschließend bekannt, auch wenn die Zielarten der für diesen Beitrag untersuchten Literatur überproportional häufig gefährdete bzw. seltene Arten umfassen. Der teilweise geringe Kenntnisstand zu den künstlichen BMH ist ein beschränkender Faktor bei deren Anlage und Standortwahl. Insbesondere fehlen präzise Anleitungen für deren Schaffung oder Initiierung. Die vorliegende Literaturstudie trägt die vorhandenen wissenschaftlichen Kenntnisse zur Anlage und Wirksamkeit künstlicher und künstlich initiiert BMH im Wald zusammen.

Baummikrohabitat – künstliches Habitat – Strukturvielfalt – Habitatbaum – Veteranisierung – Artenschutz

Abstract

Tree-related microhabitats (TreMs) are biodiversity-relevant structural elements on individual trees and important components of species conservation. TreMs include, for example, woodpecker cavities, rot holes, crown deadwood and epiphytic vegetation. Due to simple yield-oriented forms of forest management, the quantity and quality of TreMs in forests is generally significantly below the natural potential. Natural emergence and development of TreMs often takes decades and is ultimately subject to random influences. In order to provide TreMs in large numbers and in a manner independent of natural patterns of action and time periods, TreMs can be initiated or created through technical measures. The most common and best-known artificial TreMs are nesting boxes for various bird species and bat roosts. Far less common are the artificial creation of crown deadwood and trunk cavities or the provision of complex habitat imitations for arthropods. Less common target species of artificial TreMs are other mammals such as dormice (Gliridae), various species of fungi and lichens. The extent to which these artificially created TreMs can successfully imitate their natural counterpart is not yet fully understood, although the target species in the literature examined disproportionately often include endangered or rare species. The sometimes low level of knowledge is a limiting factor in the creation of artificial TreMs. In particular, there is a lack of precise instructions for their creation or initiation. This desk review collates the available scientific knowledge on the creation and effectiveness of artificial and artificially initiated TreMs in forests.

Tree-related microhabitat – Artificial habitat – Structural diversity – Habitat tree – Veteranisation – Species conservation

Manuskripteinreichung: 4.10.2022, Annahme: 16.2.2024

DOI: 10.19217/NuL2024-05-03

1 Einleitung

Der Biodiversitätsverlust – insbesondere der Verlust der Insektenvielfalt – gehört zu den größten ökologischen Katastrophen. Mitteleuropäische Naturschutzakteure fokussieren bei dieser Thematik überwiegend auf landwirtschaftlich genutzte Ökosysteme (Schoof et al. 2020), obwohl die Lage in Waldökosystemen ebenfalls weit vom Optimum entfernt ist und ökologische Netzwerke im Wald weiter an Stabilität verlieren (Seibold et al. 2019; Staab et al. 2023). Viele Organismen sind auf das Vorhandensein von Kleinststrukturen und deren Substraten bei der Nahrungsaufnahme, Fortpflanzung oder bei der Jungenaufzucht zwingend angewiesen. Für räumlich klar abgrenzbare Kleinstlebensräume, die an lebenden oder abgestorbenen, jedoch noch stehenden Bäumen vorkommen, wird der Sammelbegriff Baummikrohabitate (BMH) verwendet (Larrieu

et al. 2018). In Waldökosystemen ist ein großer Teil der Lebewesen von komplexen ökologischen Nischen abhängig, die überwiegend durch alte, große und v.a. strukturreiche Bäume bereitgestellt werden, die in heutigen Wirtschaftswäldern jedoch weithin fehlen (Müller et al. 2014; Lindenmayer, Laurance 2017). Da die langfristige Erhaltung der Populationen vieler Organismen an das Bestehen einer artspezifisch ausreichenden Dichte und Qualität von BMH gebunden ist, kann aus der alarmierenden Gefährdungslage zahlreicher Arten auf einen Mangel an BMH geschlossen werden (Larrieu et al. 2018).

In bewirtschafteten Wäldern erreichen nur vereinzelt Bäume ein hinreichendes Alter und hinreichende Dimensionen, um das volle Spektrum an BMH potenziell abdecken zu können (Großmann et al. 2018; Asbeck et al. 2019; Luick et al. 2021). Eine größere Anzahl bzw. hohe Qualität besonders wertvoller BMH-Typen weisen

wiederum nur wenige Einzelexemplare der potenziell infrage kommenden Baumindividuen auf (Großmann et al. 2018). Neben der aus artenschutzfachlicher Sicht zu geringen Umtriebszeit in der Forstwirtschaft und der gezielten Entfernung ökonomisch minderwertiger, weil beschädigter oder grobstämmiger Baumexemplare, ist auch die Unterbindung natürlicher Störereignisse wie des Einflusses von Säugetieren, Auendynamik und Feuer ursächlich für das Fehlen von BMH (Opitz et al. 2015). In holzwirtschaftlich optimierten Wäldern sind BMH deshalb seltener als im Naturwald derselben Altersphase (Scherzinger 1996). Auch die flächige Aufgabe historischer Waldnutzungsformen wie Hute- oder Mittelwälder, die heute vom völligen Verschwinden bedroht sind (Finck et al. 2017), führte zu einem Rückgang strukturreicher Waldlebensräume (Miklín, Čížek 2014; Ranius, Jansson 2000; Röder et al. 2021). Aber die Hauptursachen sind der flächige Verlust natürlicher Waldgesellschaften, das flächige Fehlen von Altbäumen und Zerfallsphasen im Wald sowie der Umstand, dass beschädigte Bäume als Initial für die Entstehung von BMH nur in sehr geringem Umfang belassen werden.

Als Reaktion auf den Mangel an bestimmten Waldnutzungstypen, BMH, Totholz und anderen Strukturen werden u. a. Prozessschutzflächen ausgewiesen, in denen eine weitestgehend ungestörte Waldentwicklung ablaufen kann und in denen die gewünschten Habitatstrukturelemente mittel- bis langfristig entstehen können (Winter, Brambach 2011; Larrieu, Cabanettes 2012; Larrieu et al. 2014; Großmann et al. 2018; Asbeck et al. 2019; Luick et al. 2021; Großmann et al. 2023). Beispielsweise wird das Vorkommen von Kronentotholz durch die Aufgabe der Waldbewirtschaftung, also Prozessschutz, begünstigt (Courbaud et al. 2022). Laut einer Studie aus Baden-Württemberg ist das Vorhandensein von Kronentotholz in Habitatbaumgruppen (Prozessschutzinseln) in Buchenmischwäldern um 50 % und in Tannenmischwäldern um 200 % höher als in bewirtschafteten Waldbereichen (Großmann et al. 2023). Die Förderung von Habitatbäumen und das Zulassen von Alterungsprozessen sind auch Bestandteil bspw. von Managementplänen der Fauna-Flora-Habitat (FFH)-Gebiete. Ebenso gibt es Initiativen zur Erhaltung und Wiederbelebung historischer Waldnutzungsformen u. a. durch Maßnahmen des Vertragsnaturschutzes, durch landeseigene Förderungen und durch entsprechende Möglichkeiten von Ökokonten im Rahmen der naturschutzrechtlichen Eingriffsregelung (MLR 2020; Mölder et al. 2022; FVA BW 2023).

Neuerdings wird dem Mangel an Strukturreichtum und BMH im „Normalwald“ in kleinem Umfang auch kompensatorisch mit künstlich angelegten Ersatzhabitaten begegnet. Die Anfänge dieser Bemühungen gehen bis ins 19. Jahrhundert zurück (Gloger 1865; Mölder et al. 2020). Damals spielten dafür vornehmlich forstwirtschaftliche Gründe im Sinne des Forstschatzes eine Rolle: Die Erhaltung von Habitatbäumen sollte Vögel und Fledermäuse als Prädatoren von Forstschädlingen fördern (Mölder et al. 2017b). Mit dem Ziel des Artenschutzes sind künstlich erzeugte BMH bisher

kaum systematisch und nur punktuell angewandt worden. Das ist auf eine Vielzahl an Faktoren zurückzuführen, etwa das Fehlen von Erfahrungswerten hinsichtlich der ökologischen Wirkung künstlicher BMH, das Fehlen von Anleitungen, wie künstliche BMH geschaffen werden können, und auch das Fehlen der Bereitschaft, für deren Anlage Zeit und Ressourcen zu investieren. Im Rahmen der Waldbewirtschaftung stellen z. B. das Belassen von Habitatbäumen oder Totholz gängige Vorgehensweisen zur Strukturaneicherung dar (z. B. ForstBW 2014). Diese Maßnahmen werden in Abhängigkeit von der Waldeigentumsart – im Staatswald verbindlich, im Körperschafts- und Privatwald freiwillig – oder der forstlichen Zertifizierung auf unterschiedliche Art und Weise umgesetzt. Dabei orientieren sich die Auswahlkriterien für Habitatbäume oft an

Tab. 1: Hierarchische Gliederung natürlicher Baummikrohabitate in 7 Formen, 15 Gruppen und 47 Mikrohabitate nach Larrieu et al. (2018).

Table 1: Hierarchical classification of natural tree-related microhabitats into 7 forms, 15 groups and 47 microhabitats after Larrieu et al. (2018).

Form	Gruppe	Baummikrohabitat	
Höhlen	Spechthöhlen	Kleine Bruthöhle (Durchmesser < 4 cm)	
		Mittelgroße Bruthöhle (Durchmesser 4 – 7 cm)	
		Große Bruthöhle (Durchmesser > 10 cm)	
	Mulmhöhlen	Insektenlöcher	Höhlenetagen
			Mulmhöhle mit Bodenkontakt
			Mulmhöhle ohne Bodenkontakt
			Mulmhöhle halboffen
			Kaminartiger, hohler Stamm mit Bodenkontakt
			Kaminartiger, hohler Stamm ohne Bodenkontakt
	Vertiefungen	Freiliegendes Splintholz	Asthöhle
			Insektengalerie und Bohrloch
			Dendrotelme und wassergefüllte Baumhöhlung
			Fraßloch (Spechte)
			Rindenbedeckte Einbuchtung am Stamm
			Stammfußhöhle
Stammverletzungen und freiliegendes Holz	Freiliegendes Splintholz	Holz ohne Rinde	
		Brandverletzung	
		Rindentasche, unten offen	
		Rindentasche, oben offen	
		Stammbruch	
		Starkastbruch mit freiliegendem Kernholz	
	Freiliegendes Splintholz und Kernholz	Kronentotholz	Riss, Spalte
			Blitzrinne
			Riss bei Zwiesel
			Toter Ast
			Abgestorbene Kronenspitze
			Starkastabbruch
Wucherungen	Hexenbesen und Wasserreiser	Hexenbesen	
		Wasserreiser	
	Maserknollen und Baumkrebse	Maserknolle	
		Baumkrebs	
Feste und schleimige Pilzfruchtkörper	Kurzlebige Pilzfruchtkörper und Schleimpilze	Mehnjährige Pilzfruchtkörper	
		Mehnjährige Porlinge	
		Einjährige Porlinge	
		Ständerpilze	
		Große Schlauchpilze	
Epiphytische, epixylische und parasitische Strukturen	Pflanzen und Flechten, epiphytisch oder parasitisch	Schleimpilze	
		Moose oder Lebermoose	
		Blatt- oder Strauchflechten	
		Efeu oder Lianen	
		Farne	
	Nester	Misteln	
		Nest von Wirbeltieren	
		Nest von Wirbellosen	
	Mikroböden	Mikroböden (Rinde)	
		Mikroböden (Krone)	
Ausflüsse	Saft- und Harzfluss	Aktiver Saftfluss	
		Starker Harzfluss	

natürlichen BMH (Großmann, Pyttel 2019; Asbeck et al. 2021). Andere Maßnahmen zur Strukturanreicherung hingegen – wie das Belassen von Hochstubben, d.h. stehender Reste von Baumstämmen – werden zwar an die forstliche Praxis kommuniziert (Zahner et al. 2022), finden sich aber aktuell nicht in waldbaulichen Richtlinien wieder (z.B. ForstBW 2014). Hochstubben können ohne großen Zusatzaufwand im Rahmen von Harvestereinsätzen etwa bei der Durchforstung von Jungbeständen systematisch im Wald oder als Polterbäume an Holzlagerplätzen erhalten werden (Zahner et al. 2022).

Das Ziel des vorliegenden Beitrags ist, das bestehende Wissen zu künstlichen BMH zusammenzuführen, indem – aufbauend auf standardisierten Definitionen und Protokollen für natürliche BMH – das Portfolio der technischen Erzeugung von BMH dargestellt wird und die Wirkungen dieser Maßnahmen auf etwaige Zielarten beschrieben werden. Abschließend werden die Möglichkeiten allgemeingültiger waldbaulicher Praxisempfehlungen, Wege zu deren Implementierung und der dafür noch bestehende Forschungsbedarf diskutiert.

2 Entstehung und Typisierung von BMH

2.1 Natürliche BMH

Natürliche BMH (engl. tree-related microhabitats) sind charakteristische, gegeneinander abgrenzbare Kleinstlebensräume an, auf oder in lebenden oder abgestorbenen, jedoch noch stehenden Bäumen, die durch natürliche Prozesse entstanden sind. Sie lassen sich untergliedern in saproxyliche und epixyliche BMH. Saproxyliche BMH werden durch Verletzungen und Strukturen im Holzkörper initiiert, die zersetzende Prozesse nach sich ziehen. Beispiele hierfür sind Insektenlöcher, Brandverletzungen und Starkastabbrüche. Epixyliche BMH, z.B. Flechten und Moose, nutzen den Baum als tragende Struktur. Kategorisiert werden natürliche BMH aber zumeist nach ihrer Entstehung und/oder ihrer spezifischen Struktur/Lage; einige sind durch das Vorkommen typischer Substrate wie frisches Totholz, Mulm, Baumsaft und Pilzfruchtkörper definiert (Tab. 1, S. 237). Eine der ersten wissenschaftlichen Beschreibungen und Gliederungen von BMH erfolgte durch Winter, Möller (2008). Im Laufe der Jahre wurden verschiedene Kataloge von BMH entwickelt und international abgestimmt (Kraus et al. 2016). Larrieu et al. (2018) legten eine erweiterte Liste vor, die insbesondere die Beschreibung von Pilzfruchtkörpern sowie epiphytischen, epixylichen und parasitischen Strukturen verfeinerte.

BMH gelten als geeigneter Indikator für die Artenvielfalt in Waldlebensräumen (Larrieu et al. 2018; Paillet et al. 2018). Das Vorkommen, die Diversität und die ökologische Wertigkeit von BMH steigen erstens mit der Dimension und dem Alter eines Baumes (Ranius et al. 2009; Paillet et al. 2019) und zweitens mit der Häufigkeit bestimmter Störereignisse am Wuchsort (Brackhane et al. 2021). Die Initiale vieler BMH-Typen sind an Alterungsprozesse und an Mindestdimensionen der Bäume (Baumumfang, ggf. Höhe) gebunden. Sie werden bei einer natürlichen Entwicklung allerdings oft schon im Jugendstadium der Bäume oder länger vor der BMH-Ausbildung „angelegt“, z.B. Steiläste oder Zwiesel (d.h. Verzweigung des Hauptstamms in zwei oder mehr gleich starke Äste), die später mit hoher Wahrscheinlichkeit abbrechen, starke Äste, die später



Abb. 1: a) Aufbrechender Zwiesel an einer Rotbuche (*Fagus sylvatica*). b) Nach dem Zwieselabbruch liegt das Kernholz frei und stellt eine große Eintrittspforte für Pilze und andere Organismen dar. (Fotos: Josef Großmann)

Fig. 1: a) Splitting fork of a European beech tree (*Fagus sylvatica*). b) After crown breakage, stemwood is exposed and presents a large entry point for fungi and other organisms.

Kronentotholz bilden, sowie Baumkrebs oder Misteln, die später zum Absterben bestimmter Bereiche oder zu einem Stammbruch führen (Abb. 1).

Leicht zu veranschaulichen ist das Prinzip der an Dimension und Alter gekoppelten Entstehung von BMH am Beispiel von Baumhöhlen. Sie zählen zu den naturschutzfachlich bedeutsamsten



Abb. 2: Diese Mulmboxen werden aktuell in Schleswig-Holstein zum Transfer und zur Wiederansiedlung gefährdeter Urwaldreliktkäfer in der von der Stiftung Naturschutz Schleswig-Holstein und im LIFE-Förderprogramm der Europäischen Union kofinanzierten Pilot-Erprobung „Open Woods“ eingesetzt. (Fotos: Nicklas Jansson)

Fig. 2: These mouldboxes are used for transfer and recolonisation of endangered forest relicts in Schleswig-Holstein (Germany) in the “open woods” pilot trial co-financed by Stiftung Naturschutz Schleswig-Holstein and the European Union LIFE funding programme.