



Konzept

Naturwald-Monitoring im Naturerlebnispark Sihlwald

Juli 2024

© Stiftung Wildnispark Zürich, alte Sihltalstrasse 38, 8135 Sihlwald

Zitierung

Stiftung Wildnispark Zürich (Hrsg.): Konzept Naturwald-Monitoring im Naturerlebnispark Sihlwald. Ryffel Andrea, Roth Isabelle, Schmidt Ronald, Hindenlang Clerc Karin. Sihlwald 2024.

Autoren

Andrea Ryffel	Stiftung Wildnispark Zürich
Isabelle Roth	Stiftung Wildnispark Zürich
Ronald Schmidt	Stiftung Wildnispark Zürich
Karin Hindenlang Clerc	Stiftung Wildnispark Zürich

Inhalt

Teil A – Konzept Naturwald-Monitoring	
A1	Forschung im Wildnispark Zürich Sihlwald..... 6
A2	Monitoring-Ziele im Sihlwald..... 7
A3	Massnahmen und Zeitplan 9
Teil B - Monitorings	
B1	Laufende Monitorings 12
B1.1	Steckbriefe: Projekte der Ebene Arten 12
B1.2	Steckbriefe: Projekte der Ebene Lebensräume 14
B1.3	Steckbriefe: Projekte der Ebene Prozesse und Funktionen 14
B1.4	Zurückgestellte Monitorings 15
B1.5	Fazit laufende Monitorings..... 15
B2	Neue Monitorings..... 16
Teil C - Grundlagen	
C1	Der Naturwald Sihlwald 19
C2	Einbettung in bestehende Konzepte 21
C2.1	Biodiversität und Naturschutz in der Schweiz 21
C2.2	Monitoring der Biodiversität..... 22
C2.3	Arten- und Lebensraumlisten..... 23
Literatur 28

Einleitung

Der Naturwald Sihlwald ist ein seit 2008 geschützter rund 1100 ha grosser Buchen-Laubmischwald, wie er ursprünglich auf rund 80 Prozent der Fläche Mitteleuropas vorkam. Er besteht heute aus einem Mosaik verschiedener Baumarten in unterschiedlichem Alter, darunter 46 % Buchen und 18% Fichten.

Seit dem Mittelalter ist der Sihlwald als Holzlieferant der Stadt Zürich verbrieft. Im Zuge der jahrhundertelangen Bewirtschaftung zur Holzproduktion wurde der ursprüngliche Buchen-Laubmischwald teilweise durch Nadelwald, insbesondere Fichtenwald, ersetzt. Im Jahr 2000 wurde die Holznutzung komplett eingestellt.

Seither darf sich der Sihlwald ungestört entwickeln und zu seiner natürlichen Walddynamik zurückkehren. Mit der Unterschutzstellung 2008 (Schutzverordnung Sihlwald) und dem Waldreservatsvertrag (2008) ist der Prozessschutz sowohl in der Kern- als auch in der Naturerlebniszone gewährleistet. Das strategische Ziel der Stiftung Wildnispark Zürich (nachfolgend Stiftung WPZ) für den Bereich Biodiversität und Landschaft (Managementplan 2020-2029) hält dies folgendermassen fest:

"Das Wirken natürlicher Vorgänge und die ungestörte Dynamik der Lebensgemeinschaften bleiben in der Kernzone und in der Übergangszone des Naturerlebnisparks Wildnispark Zürich Sihlwald zum Schutz von Natur und Landschaft langfristig gewährleistet."

Diese Vorgänge zu überwachen und besser zu verstehen ist ein Ziel des Wildnispark Zürich, auf das mit Monitoring- und Forschungsprojekten hingearbeitet wird.

Das Dokument gliedert ist in drei Teile gegliedert: Teil A enthält das Naturwald-Monitoring-Konzept. In Teil B sind die laufenden Monitoringprojekte, geplante Monitoringprojekte und Monitoringideen zusammengestellt. Dieser Teil wird periodisch aktualisiert. Teil C enthält ergänzende Grundlagen zum Konzept.

Teil A – Konzept Naturwald-Monitoring

A1 Forschung im Wildnispark Zürich Sihlwald

Im Sihlwald werden seit rund 30 Jahren diverse Monitorings und Forschungsarbeiten durchgeführt. Alle Arbeiten sind in der Forschungsdatenbank unter <https://www.parcs.ch/wpz> abrufbar. Bisher sind diese Arbeiten fast immer Einzelprojekte, die nie zu einer Gesamtstrategie zusammengeführt wurden. Dieses Konzept fasst nun bestehende und zukünftige Monitorings unter einem Dach mit klarer Zielsetzung zusammen und definiert den Rahmen für Monitoringprojekte im Naturerlebnispark Sihlwald.

Monitoring und Forschung lassen sich in vielen Fällen nicht exakt trennen. Projekte können oft beiden Kategorien zugeordnet werden. Die Stiftung WPZ unterscheidet nach Möglichkeit gemäss folgenden Kriterien: **Forschung** ist die systematische Suche nach neuen Erkenntnissen mit wissenschaftlichen Methoden. **Monitoring** ist die (langfristige) Überwachung von Vorgängen.

Monitoring dient der Gewinnung von Daten und Wissen, dem besseren Verständnis der überwachten Vorgänge, der Prüfung von Hypothesen und der Evaluierung von Massnahmen (Erfolgskontrolle). Monitoring ist nicht per Definition systematisch. Monitoring kann, wenn systematisch durchgeführt, Bestandteil der Forschung sein.

Grundsätze Monitoring

Beim Monitoring im Wildnispark Zürich liegt der Fokus auf dem Naturwald und seinen natürlichen Vorgängen und Vorkommnissen. Veränderungen zu erfassen und zu quantifizieren ist anspruchsvoll. Die Stiftung WPZ orientiert sich dabei an bestehenden Konzepten aus dem Naturschutzbereich (Kapitel C2). Monitorings werden sowohl intern von Mitarbeitenden des Wildnisparks Zürich als auch extern von Fachpersonen, Instituten etc. organisiert und durchgeführt. Monitorings dienen auch als Erfolgskontrollen für die Massnahme "Nichtstun/Umsetzung Prozessschutz".

Grundsätze Forschung

Forschung im Wildnispark Zürich erfolgt projektbasiert mit Projekten in allen Bereichen. Projekte werden von externen Instituten organisiert und durchgeführt, vom Wildnispark Zürich koordiniert und teilweise auch begleitet. Bei der Anregung von Forschungsprojekten und Wahl von Schwerpunkten orientiert sich der Wildnispark Zürich an der Parkforschung Schweiz. Das Parkmanagement kann Forschungsschwerpunkte und Fragestellungen, die für den Sihlwald interessant und relevant sind, definieren und an die Forschung weitergeben.

Die Stiftung WPZ sieht sich als stadtnahes Kompetenzzentrum für Wildnis. Erkenntnisse aus Monitorings und Forschungsprojekten dienen immer auch der internen Förderung von Wildniskompetenz und werden den Mitarbeitenden an entsprechenden Anlässen oder internen Weiterbildungen vermittelt. Die Mitarbeitenden wiederum geben ihr Wissen gemäss Bildungskonzept den Gästen weiter.

A2 Monitoring-Ziele im Sihlwald

Es gibt für alte Buchen-Laubmisch-Naturwälder mit zum Sihlwald identischen oder ähnlichen Standortbedingungen wenig Informationen zu Arten- und Lebensgemeinschaften. Bisherige Erkenntnisse beruhen auf 30jährigen Waldreservaten in der Schweiz und auf Urwäldern in Osteuropa (z.B. Uholka in der Ukraine). Für Buchenwälder existieren in der Schweiz keine prioritären Artenlisten (im Gegensatz zu anderen Lebensräumen wie z.B. Hochmooren), und es gibt nur wenige Infos aus dem Ausland (siehe urwaldspezifische Listen in Tabelle 5). Es ist also schwierig zu definieren, was überwacht werden soll, da nicht bekannt ist, was alles noch kommen wird. Der Fokus auf Totholz und seine Bewohner bei Buchen-Laubmischwald-Monitorings resultiert aus bisherigen Erkenntnissen in europäischen Buchenwäldern und wird im Sihlwald zum Teil bereits verfolgt (Haeler et al., 2019). Weiterführende Informationen zum Sihlwald siehe Kapitel C1.

Der im Sihlwald bestehende Fokus auf das Monitoring einzelner Arten und Artengruppen soll zukünftig etwas geöffnet und auf die Ebene der Prozesse und Funktionen erweitert werden. Zu den prägendsten Prozessen gehören im Sihlwald die **Walddynamik** und das **Störungsregime**. Die **Walddynamik** umfasst die von klimatischen Bedingungen geprägte Sukzessionsabfolge der Wachstums-, Absterbe- und Verjüngungsprozesse auf Ökosystem-Ebene. **Störungen** sind zeitlich und räumlich diskrete Ereignisse, die zum Verlust von lebender Biomasse führen und die Verfügbarkeit von Ressourcen in Lebensgemeinschaften verändern. Störungen können natürlicher oder anthropogener Art sowie abiotischer oder biotischer Natur sein und eine unterschiedliche Intensität, Häufigkeit und Regelmässigkeit aufweisen. Betrachtet man die zeitliche und räumliche Dynamik aller in einer Landschaft wirkenden Störungen sowie ihrer Interaktionen über einen längeren Zeitraum hinweg, spricht man von einem **Störungsregime** (Wohlgemuth et al., 2019).

Mit sich ändernden Umweltbedingungen (z.B. durch den Klimawandel) können sich Störungsregimes wandeln und dadurch die Walddynamik und die Funktionen des Ökosystems verändern, was sich auch auf die Lebensräume und die Zusammensetzung der Lebensgemeinschaften im Sihlwald auswirkt. Das dynamische, aus Prozessen und Störungen bestehende Gleichgewicht des Ökosystems kann durch sehr grosse Störungen in ein Ungleichgewicht mit lokalen Aussterbeereignissen kippen (Wohlgemuth et al., 2019). Solche Störungen bezeichnen wir als **gravierende Störungen**.

Daraus ergeben sich zwei übergeordnete Fragestellungen und eine Zielsetzung für das Naturwald-Monitoring:

1. Fragestellung

Welche walddynamischen Prozesse finden im Sihlwald statt?

Wie wirken sich diese Prozesse auf das Ökosystem Sihlwald aus?

2. Fragestellung

Welche Störungen werden erwartet und/oder treffen ein?

Wie beeinflussen diese Störungen das Ökosystem Sihlwald und seine Funktionen?

Zielsetzung

Die Prozesse der Walddynamik und des Störungsregimes prägen den Sihlwald als Ökosystem mit vielfältigen Lebensräumen und damit auch die Zusammensetzung der Lebensgemeinschaften und das Vorkommen von Arten. Die relevanten Prozesse, Lebensräume, Lebensgemeinschaften und Arten im Sihlwald sowie ihre Veränderungen sind mit Monitoringprojekten begleitet, dokumentiert und ausgewertet.

Listen des Bundes, des Kanton ZH und wissenschaftlicher Arbeiten (Kapitel C2.3) bieten eine Basis für die Bestimmung relevanter Arten und Lebensräume. Als relevant versteht die Stiftung WPZ ausserdem Vorgänge und Ereignisse, die

- das Parkmanagement unterstützen,
- an anderen Orten nicht beobachtet werden können,
- Auswirkungen auf die Funktionen des Sihlwalds haben,
- neue wissenschaftliche Erkenntnisse ermöglichen,
- die Wildniskompetenzen der Stiftung WPZ fördern,
- dem wirkungsorientierten Monitoring der Schweizer Pärke dienen,
- das Controlling der Programmvereinbarung (Bund, Kanton) unterstützen.

A3 Massnahmen und Zeitplan

Eine Reihe von Massnahmen ist vorgesehen, um die Monitoring-Ziele im Sihlwald zu erreichen und die heutigen wie auch zukünftige Bedürfnisse bezüglich Monitorings abzudecken:

Evaluation

Die Monitorings haben unterschiedliche Zeithorizonte. Bestehende Projekte werden bei jeder Iteration evaluiert und auf ihre Weiterführung überprüft. Ebenso wird der Bedarf nach neuen Projekten (z.B. für Erfolgskontrollen von Artenförderungsmassnahmen, beim Auftreten neuer Schlüsselarten etc.) regelmässig geprüft.

Die Stiftung WPZ arbeitet darauf hin, alle Ebenen der Biodiversität abzudecken. Dies schliesst die bisher nicht berücksichtigte Ebene der Gene mit ein.

Zusammenarbeit

Die Stiftung WPZ macht ihr Monitoringkonzept nach aussen bekannt (Bund, Kanton Zürich). Anregungen durch und Zusammenarbeit mit externen Experten und Forschenden sind willkommen.

In Zusammenarbeit mit Fachspezialisten (Kanton Zürich oder ein Ökobüro) wird eine auf den Sihlwald zugeschnittene Liste von Ziel- und Leitarten definiert. Dafür ist für die Programmvereinbarung 25-28 ein Projekt eingereicht.

Die Stiftung WPZ nimmt Einsitz in der Fachkommission des Naturnetz Zimmerberg. Die Zusammenarbeit mit weiteren Partnern wird geprüft. Denn sowohl der Wald als auch die offenen Flächen sind in die Umgebung eingebettet und sollen nach Möglichkeit vernetzt betrachtet werden.

Finanzierung

Die Monitoringprojekte sollen mehrheitlich durch Kanton oder Bund oder Forschungspartner:innen finanziert werden. Die Stiftung WPZ verfügt selbst kaum über diesbezüglichen Mittel. Die Stiftung WPZ bringt jedoch personell Eigenleistungen ein.

Kompetenz-Erweiterung

Die Ergebnisse von Monitoring-Auswertungen dienen dem Kompetenzzentrum Wildnis, dargestellt durch die Stiftung WPZ, intern zur Weiterbildung der Mitarbeitenden und für die Kommunikation nach aussen. Das Parkmanagement nutzt die Ergebnisse als Entscheidungsgrundlage.

Bestehende Instrumente

Die Stiftung WPZ unterstützt bestehende grossskalige Monitorings, die Daten auf dem Gebiet des Sihlwalds erheben, bei der Planung und Koordination ihrer Erhebungen im Sihlwald und ist offen für neue Monitoringprojekte.

Auf strategisch übergeordneter Ebene greift die Stiftung WPZ wo möglich auf bestehende Methoden und Programme zurück und wendet diese an. Das Controlling der Programmvereinbarungen im Umweltbereich (BAFU, 2018) wird, soweit sinnvoll, mit Monitoringdaten unterstützt. In Zusammenarbeit mit SCNAT und anderen Pärken setzt sich die Stiftung WPZ für ein wirkungsorientiertes Monitoring der Schweizer Pärke (Reusser, 2023) ein.

Zeitplan

In Abbildung 1 ist der Zeitplan bestehender und bereits geplanter Monitorings bis ins Jahr 2040 dargestellt, mit Informationen zur Wiederholungsrate der Feldaufnahmen und zum Status der Finanzierung. Die detaillierten Steckbriefe aller laufenden und geplanten Monitorings befinden sich in Teil B – Monitorings. Teil B wird mindestens einmal pro Budgetperiode überprüft und aktualisiert.

Übersicht und Zeitplan Naturwaldmonitoring			2. Managementper.							3. Managementperiode										
Thema	Status		2023	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030	2031	2032	2033	2034	2035	2036	2037	2038	2039	2040
Ebene der Arten																				
Arten mit Kerngebiet Sihlwald	Habicht	laufend																		
	Rothirsch	laufend																		
	Schliessmundschnecke	laufend			?															
	Zauneidechse	laufend		?																
Potenzielle Arten	Flusskrebse	Projekt						?	?	?										
	Biber, Fischotter, Wildkatze, Wolf, ...	potenziell																		
Artengruppen	Amphibien	laufend																		
	Fledermäuse	Konzept																		
	Vögel - Langzeitmonitoring Kt. ZH	laufend																		
	Vögel - Statusmonitoring	laufend																		
	Vögel - Trendmonitoring	Konzept																		
	Reptilien	Idee																		
Totholz-Artengruppen	Kleinsäuger, Nachtfalter, Orchideen, Schnecken	potenziell																		
	Pilze, Käfer	laufend																		
Baumarten	Moose, Flechten	laufend																		
	Forstliche Waldinventur SPI	laufend																		
Ebene der Lebensräume																				
Baumhabitate, Totholz	Naturwaldreservate-Inventur	laufend																		
Natürliche Entwicklung	Fotodokumentation	zurückgestellt																		
Ebene der Prozesse, Funktionen & Störungen																				
Natürliche und anthropogene Störungen	Naturereignisse	laufend																		
	Besuchermonitoring	laufend																		
	Invasive Neophyten	laufend																		
Funktionen	Wasserstand / Wasserführung in Seitenbächen	Idee																		
Sukzessionsprozesse	Käfersukzession auf Fichtenflächen	laufend																		
Finanzierung	gesichert	in Abklärung																		

Abbildung 1: Zeitplan bestehender und geplanter Monitorings bis 2040. Grün = Finanzierung für den Zeitraum gesichert. Rot = Finanzierung nicht gesichert. Gelb = Finanzierung unsicher. Stand Mai 2024.

Teil B – Monitorings

B1 Laufende Monitorings

Die Stiftung WPZ führt, zum Teil mit Partnern, auf verschiedenen Ebenen Monitorings durch. Die laufenden Monitoringprojekte im Sihlwald (Tabelle 1 und nachfolgende Steckbriefe) lassen sich in das Konzept und die Ebenen der Biodiversität (Kapitel C2.1) einordnen: Arten, Lebensräume, funktionelle Biodiversität (Prozesse und Funktionen). Die letzteren schliessen Störungen mit ein. Auf der Ebene der Gene werden im Sihlwald zurzeit keine Monitorings durchgeführt.

Tabelle 1: Übersicht laufende Monitoringprojekte, Stand Mai 2024

Projekt	Ebene der Arten	Ebene der Lebensräume	Ebene der Prozesse und Funktionen
Arten mit Kerngebiet Sihlwald	Habicht Rothirsch Amphibien Schliessmundschnecke	Rothirsch	
Totholzartengruppen-Monitoring (Naturwald-Monitoring)	Moose Flechten Pilze Käfer		
Avimonitoring	Vögel		
Forstliche Waldinventur im Kanton Zürich	Baumarten	Baumhabitats Totholz	
Inventur Naturwaldreservate		Baumhabitats Totholz	
Naturereignisse			Biotische und abiotische Ereignisse
Käfersukzession			Sukzessionsprozesse
Besuchermonitoring		Belastung durch den Menschen	Belastung durch den Menschen

B1.1 Steckbriefe: Projekte der Ebene Arten

Habicht	
Überblick	Der Habicht ist eine Schlüsselart im Sihlwald und wird seit 1986 überwacht (Lücke 2014-2020). Monitoring-Aufnahmen finden jährlich statt. Durchführung und Auswertung durch Ornithologe Martin Weggler für den WPZ.
Methode	Audioüberwachungsgeräte und traditionelle Suche
Leitung	WPZ
Projektinformation	Datacenter WPZ
Rothirsch	
Überblick	Räumliches und zeitliches Monitoring der Rothirschbestände in der Region. Projekt durchgeführt von der ZHAW, vom WPZ finanziell unterstützt.
Methode	Fotofallen und GPS-Besenderung von Rothirschen.
Leitung	ZHAW
Projektinformation	Datacenter WPZ

Schliessmundschnecke	
Überblick	Erfolgskontrolle der Umsiedlungs-Aktion Langenberg-Sihlwald von 2016. Durchführung jährlich, solange bis eine Aussage über den Erfolg möglich ist.
Methode	Zählung markierter Schnecken an Bäumen im Bereich Schnabelburg/Hochwacht.
Leitung	WPZ
Projektinformation	Datacenter WPZ
Amphibien	
Überblick	Amphibienkartierung, Erfolgskontrolle des WPZ. Erstaufnahme fand 2007/08 statt, erste Iteration 2018/19. Zweite Iteration ist für 2028/29 vorgesehen.
Methode	Kartierung der bekannten Standorte, Vergleich mit Zustand bei letzter Aufnahme. Ausserdem Bewertung der erfolgten Aufwertungsmaßnahmen und deren Auswirkung (Erfolgskontrolle).
Leitung	WPZ
Projektinformation	Datacenter WPZ
Vögel	
Überblick	Langzeitmonitoring Brutvogelatlas Kanton ZH Im gesamten Kanton werden flächendeckend Brutvögel mittels Linientaxierung in festgelegten Landschaftsräumen von 40 bis 60ha Grösse erfasst. Bisherige Aufnahmen 1986-88 und 2006-08.
Methode	Kartierung von 29 Landschaftsräumen im Sihlwald. Nächste Aufnahme 2026-28.
Leitung	Kanton ZH
Projektinformation	Datacenter WPZ
Vögel	
Überblick	Statusmonitoring Avifauna - Statusmonitoring: Nicht systematische Meldungen von Artensichtungen von Fokus-Arten der WPZ-Mitarbeitenden an die Vogelwarte Sempach.
Methode	Im Arbeitsalltag integriert. Datenpflege und Unterhalt sollen zukünftig im WPZ internalisiert werden.
Leitung	WPZ
Projektinformation	Datacenter WPZ
Käfer, Pilze, Flechten, Moose	
Überblick	Totholz-Artengruppen Entwicklung von Totholzarten (Pilze, Käfer, Moose, Flechten) im Sihlwald. Um die Belastung auf den Wald zu vermindern, werden jeweils zwei Artengruppen (s.u.) gemeinsam aufgenommen und das Projekt wird zeitlich mit der SPI des Kanton ZH und dem NWR-Monitoring der WSL koordiniert.
Methode	Methode: 70 x 314m ² -Plots (auf dem Raster der Kantonalen SPI). Erstaufnahme 2016/17.
Leitung	Koordinierte Projekte, Verantwortung in Zusammenarbeit: WSL, HAFL, WPZ.
Projektinformation	Datacenter WPZ

Bäume	Forstliche Waldinventur Kanton ZH (Stichprobeninventur SPI)
Überblick	Waldwirtschaftlich ausgerichtete Erhebung von Holzvorrat und -zuwachs sowie von Baumhabitaten und Totholz (letztere gehören zur Ebene Lebensräume). Verantwortung bei Kanton ZH, Durchführung koordiniert mit WPZ und WSL. Nächste Iteration 2027.
Methode	Regelmässiges Raster mit 491 Probeflächen à 300m ² , auf denen alle lebenden und stehenden toten Bäume mit ihren Merkmalen gemäss der kantonalen Standardaufnahme erhoben werden. Davon überschneiden sich 229 mit dem Naturwaldreservatemonitoring und 70 mit dem Artengruppenmonitoring.
Leitung	Kanton ZH
Projektinformation	Datacenter WPZ

B1.2 Steckbriefe: Projekte der Ebene Lebensräume

Lebensraum Wald	Naturwaldreservate-Inventur
Überblick	Teil des schweizweiten Naturwaldreservatemonitorings. Untersucht Entwicklung von Waldstruktur, Baumartenzusammensetzung und Totholz, Habitatstrukturen und Zusammensetzung der Baumverjüngung.
Methode	229 Plots à 314m ² (auf dem SPI-Raster), teilweise überlappend mit den 70 Plots des Artengruppenmonitorings. Aufnahme gemäss Standardmethode NWR.
Leitung	WPZ / WSL
Projektinformation	Datacenter WPZ

B1.3 Steckbriefe: Projekte der Ebene Prozesse und Funktionen

Störungen	Naturereignisse
Überblick	Erfassung biotischer und abiotischer Störungen bei Einzelbäumen und Vegetationsflächen sowie von Massenbewegungs- und Wasserereignissen.
Methode	Laufende manuelle Erfassung mit Field Maps bei Einzelereignissen in Sichtweite von Wegen durch die Ranger des WPZ. Erfassung grossflächiger Störungen mittels Satellitenbilddaufnahmen in den Jahren, in denen sich grössere abiotische oder biotische Störungen ereignen.
Leitung	WPZ
Projektinformation	Datacenter WPZ

Störungen	Besuchermonitoring
Überblick	Monitoring von Besucherfrequenzen (Fussgänger- Velo- und Reitverkehr) an verschiedenen Standorten im ganzen WPZ. Kann als Proxy für die Belastung durch den Menschen dienen.
Methode	Permanente Erhebung mittels automatischer Zählstellen, je nach Standort für Fuss-, Velo- Reit- und Autoverkehr mit jährlicher Auswertung.
Leitung	WPZ
Projektinformation	Datacenter WPZ

Störungen	Invasive Neophyten
Überblick	Kartierung, Bekämpfung und Erfolgskontrolle der invasiven Neophyten auf dem Perimeter des Wildnisparks Zürich.
Methode	Laufende Erfassung und Bekämpfung von invasiven Neophyten. Jährlich stattfindende systematische Erfassung, Bekämpfung und Erfolgskontrolle auf Flächen entlang der Sihl und Bahngeleise mit Freiwilligen während der Neophytenantage.
Leitung	Kanton ZH / WPZ
Projektinformation	Datacenter WPZ

Prozesse	Käfersukzession in Fichtenbeständen
Überblick	Auswirkungen der walddynamischen Prozesse und der Störungen im Sihlwald auf die Lebensgemeinschaften am Beispiel xylobionter Käfer. Dieses Projekt läuft nur während der Sukzessionsphase (15 Jahre). Erstaufnahme mit zwei Feldsaisons 2024 und 2025.
Methode	60 Plots (davon 30 Kontrollflächen) mit Polytrap- und Barberfallen sowie Erfassung der der Waldstrukturen (analog Artengruppenmonitoring).
Leitung	HAFL / WPZ
Projektinformation	Datacenter WPZ

B1.4 Steckbriefe: Zurückgestellte Monitorings

Ebene Lebensräume	Fotodokumentation
Überblick	Langzeitprojekt mit dem Ziel, die Waldentwicklung systematisch fotografisch zu dokumentieren. Begründung der Zurückstellung: nur beschränkt aussagekräftig, keine quantitative Auswertung möglich. Standorte und Aufnahmen nur bedingt identisch.
Methode	Aufnahmen an immer den gleichen ca. 39 Standorten über mehrere Jahre hinweg oder zu verschiedenen Jahreszeiten,
Datenherr	WPZ
Projektinformation	Datacenter WPZ

B1.5 Fazit laufende Monitorings

Die bisherigen Monitorings haben sich als gut und wichtig erwiesen und sollen grösstenteils weitergeführt werden – insbesondere auch die Monitorings, bei welchen bisher nur die Erstaufnahmen durchgeführt wurden. Um die Belastung auf den Wald zu minimieren, ist es wichtig, die Durchführung der Wiederholungsaufnahmen verschiedener Projekte zeitlich zu koordinieren und alle Projekte regelmässig zu evaluieren.

Die laufenden Monitorings decken die Ebenen der Arten und Lebensräume breit ab. Die Ebenen der Gene und der Prozesse sind bisher noch unter- bzw. nicht vertreten. Um diese Lücke zu schliessen, werden im nächsten Abschnitt Projekte und Ideen für neue Monitorings vorgeschlagen. Weitere wichtige Artengruppen (gemäss Listen, z.B. Vögel und Fledermäuse) werden in Betracht gezogen, um Lücken auf der Ebene der Arten zu schliessen.

B2 Neue Monitorings

In den bisherigen Monitorings kommt die Ebene der Prozesse und Störungen, also der prägenden Elemente des Sihlwalds, zu kurz. In neuen Monitoringprojekten (Tabelle 2) soll diese Ebene zukünftig stärker berücksichtigt werden. Weiter gibt es im Sihlwald viele Arten und Artengruppen, die bisher nicht untersucht wurden, jedoch gemäss existierenden Listen von speziellem Interesse wären. Ausserdem gibt es auch Arten, die sich möglicherweise in Zukunft im Sihlwald verbreiten werden. Diese sollen berücksichtigt werden.

Tabelle 2: Ebenen der Arten, Lebensräume und Prozesse: Neue Monitoringprojekte

Projekt	Ebene	Erläuterung	Stand
Arten mit Kerngebiet Sihlwald	Arten: Kleinsäuger Reptilien Nachtfalter Orchideen Schnecken	Arten oder Artengruppen von speziellem Interesse gemäss Listen (Kapitel C2.3).	Ein Projekt für die Erarbeitung einer sihlwaldspezifischen Liste wurde in NFA 25-28 bei Kanton/BAFU eingegeben.
Potenzielle Arten, z.B.	Arten: Biber Fischotter Wolf Wildkatze Krebse	Arten von speziellem Interesse mit Potenzial für zukünftige Verbreitung.	Im Auge behalten. Der Biber ist bereits eingetroffen. Ein Wolf hält sich in Parknähe auf.
Avimonitoring	Vogelarten nach Listen	Systematisches Monitoring der Vogelarten gemäss Konzeptentwurf	Ein Konzeptentwurf liegt vor, wurde jedoch noch nicht in der GL besprochen.
Fledermaus	Arten	Systematisches Monitoring der Fledermausarten gemäss Konzeptentwurf. Monitoring im Sihlwald und im Langenberg (mit separater Finanzierung).	Ein Konzeptentwurf liegt vor, wurde jedoch noch nicht in der GL besprochen.

Auf der Ebene der Gene wurden im Sihlwald bisher keine Monitorings durchgeführt, es gibt jedoch bereits Ideen dazu (Tabelle 3). Genetische Analysen sind aufwändig und bisher teuer, werden aber mit der raschen technischen Entwicklung immer einfacher zugänglich und können sehr aufschlussreich sein. Genetische Untersuchungen könnten etwa bei der Erforschung von Grundlagen zu Phänomenen und Prozessen im Naturschutz, bei Einzeluntersuchungen von Populationen oder für Erfolgskontrollen eingesetzt werden (Naturschutzgenetik). Sie können als eigenständige Projekte durchgeführt werden oder bei anderen Projekten ergänzend zur Anwendung kommen.

Tabelle 3: Ebene der Gene: Neue Monitoringideen

Methode	Erläuterung	Anwendungs idee
Artenbestimmung	Bestimmung visuell schwer zu erkennenden / unterscheidenden Arten	Östliche und westliche Haselmaus
Zustand der Populationen von Arten von Interesse	Arten gemäss zu definierenden Artenlisten	
Erfolgskontrollen	Umwelt-DNA oder genetische Analyse: Erfolgskontrolle von Naturschutzprojekten oder als Monitoring für den Erfolg des Prozessschutzes	Flusskrebse
Vernetzungsanalysen	Genfluss-Analysen: wie gut ist die Vernetzung des Öl-Kerngebiets Sihlwald mit den nächsten grossen Kerngebieten für verschiedene Arten	Zauneidechse
Artenzusammensetzung des Lebensraums Sihlwald	Mit Umwelt-DNA lässt sich das Vorkommen (genetisch aufgeschlüsselter) bekannter Arten im Sihlwald nachweisen.	Wasserspitzmaus, Sumpfspitzmaus

Der Sihlwald bietet unzähligen Arten Lebensraum, womit auch unzählige Möglichkeiten für neue Monitoringprojekte entstehen. Die oben beschriebenen Vorschläge und Ideen sowie die in Kapitel C2.3 zusammengestellten Artenlisten bieten eine erste Basis für die Ergänzung des Monitoring-Netzes im Sihlwald. Schlüsselfaktoren bei der Einführung neuer Monitorings sind neben dem thematischen Fokus die Finanzierung, die Kapazität des WPZ und der Experten sowie der Zeitrahmen bzw. die Koordination mit bereits laufenden Projekten.



Sihlwald
Langenberg

Teil C - Grundlagen



Der Wildnispark Zürich Sihlwald ist vom Bundesamt für Umwelt mit dem Label «Naturerlebnispark – Park von nationaler Bedeutung» ausgezeichnet.

Hauptsponsorin



C1 Der Naturwald Sihlwald

Der Lebenszyklus von Wäldern dauert natürlicherweise mehrere hundert Jahre. Den Phasen des Wachstums (vom Jungwald bis zur Etablierung) folgen die Phasen des Optimums, in welchen das Waldbild bestehen bleibt und die etablierten Bäume weiterwachsen. Gegen Ende des Lebenszyklus folgen Phasen mit absterbenden Bäumen und vermehrtem Zerfall. In den entstehenden Lücken können sich neue Jungbäume etablieren und der Zyklus beginnt von vorne. Während der verschiedenen Phasen im Lebenszyklus ändern sich die Lebensraumbedingungen, was sich auf den Artenreichtum und die Zusammensetzung der vorhandenen Fauna, Flora und Pilze auswirkt. Dadurch entsteht in Naturwäldern mit der Zeit ein heterogenes Muster aus gleichzeitig existierenden unterschiedlichen Phasen des Lebenszyklus mit den entsprechend unterschiedlichen Lebensraumbedingungen und Lebensgemeinschaften (Abbildung 2).

Lebenszyklus Buchenwald: 300-500 Jahre

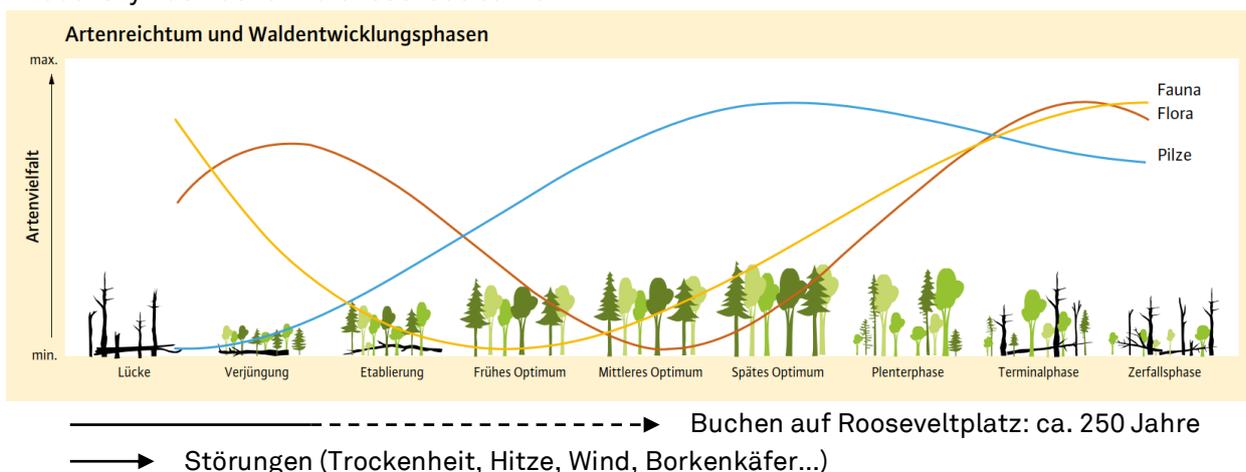


Abbildung 2: Artenreichtum und Waldentwicklungsphasen im Lebenszyklus eines Buchenwaldes. Quelle: Müller und Hilmers (2020)

Durch die Geschichte der intensiven Waldbewirtschaftung in der Schweiz sind insbesondere im Mittelland – so auch im Sihlwald – die späten Phasen des Lebenszyklus, d.h. die Terminal- und Zerfallsphase, seit langem kaum existent. Damit fehlen auch die Lebensräume für die entsprechenden Lebensgemeinschaften, speziell auch für diejenigen, die auf einen konstanten Alt- oder Totholzvorrat angewiesen sind. Mit der Aufgabe der Bewirtschaftung können sich diese späten Phasen der Waldentwicklung im Sihlwald wieder etablieren. Störungen wie z.B. Windwurf und Borkenkäferbefall nehmen die Zerfallsphasen und die nachfolgende Verjüngung lokal vorweg und beschleunigen dadurch die Rückkehr zu einem natürlichen Waldmuster.

Mit der Abkehr von der Waldbewirtschaftung und der Rückkehr der natürlichen Walddynamik haben sich auch die Funktionen und Ökosystemleistungen des Sihlwalds entwickelt. Während die Holzproduktion aufgegeben wurde, erfüllt der Wald nach wie vor seine Schutzfunktion (Schutzwaldgebiete, Tobelwälder). Die grösste Bedeutung liegt jedoch heute in seinen bereitstellenden und kulturellen Ökosystemleistungen (Erhalt und Förderung der Biodiversität, Naturerlebnisse, Erholung).

Der Sihlwald war ursprünglich ein Buchen-Laubmischwald und es kann unter den heutigen klimatischen Bedingungen davon ausgegangen werden, dass er sich zurück in diese Richtung bewegt. Der Lebenszyklus eines Buchenwalds dauert 300-500 Jahre. Die ebenfalls vertretenen Fichten und Weisstannen haben – in geeigneter Umgebung – das Potenzial, sogar noch älter zu werden. Der Sihlwald ist von seiner Altersstruktur her heterogen, insgesamt aber noch jung. Die ältesten Buchen sind ca. 250 Jahre alt. Grösstenteils sind die Bäume jedoch bedeutend jünger und befinden zwischen Etablierung und mittlerem Optimum. Die späten Waldentwicklungsphasen (Terminal- und Zerfallsphase)

fehlen. Die aktuellen Monitorings im Sihlwald widerspiegeln daher nur frühe Phasen im Lebenszyklus eines Urwalds.

Durch den Klimawandel beschleunigte intensive und disruptive Veränderungen bzw. Störungen nehmen im Sihlwald die Terminal- und Zerfallsphasen vorweg und können als Chance wahrgenommen werden, diese Phasen und die damit einhergehenden Entwicklungen der Waldökosystemleistungen bereits im jüngeren Wald zu beobachten und zu untersuchen.

C2 Einbettung in bestehende Konzepte

Die Monitoringprojekte im Sihlwald decken bereits eine grosse Vielfalt an Themen ab. Zukünftige Projekte können sich an verschiedenen Konzepten und Listen orientieren und so gezielt Lücken beim Monitoring von Arten von speziellem Interesse schliessen.

C2.1 Biodiversität und Naturschutz in der Schweiz

Basis der Naturschutz- und Naturförderungs Bemühungen in der Schweiz ist das Konzept der **Biodiversität**. Diese kennt drei Ebenen: Die **Vielfalt der Lebensräume**, die **Artenvielfalt** und die **Vielfalt der Gene**. Hinzu kommen mit der **funktionellen Biodiversität** die Wechselbeziehungen (d.h. Prozesse und Funktionen) innerhalb und zwischen den drei Ebenen. Letztere wird manchmal auch als vierte Ebene der Biodiversität bezeichnet (Abbildung 3 links).

Der Naturschutz in der Schweiz nutzt drei Ebenen zur Sicherung der Biodiversität, welche etwas stärker räumlich ausgerichtet sind (Abbildung 3 rechts). Der **Habitatschutz** als Basis fördert eine nachhaltige Nutzung auf der ganzen Fläche der Schweiz. Mit dem Konzept der **ökologischen Infrastruktur** baut die Biodiversitätsstrategie Schweiz den **Gebietsschutz** einzelner Lebensräume zu einem schweizweiten, durch sogenannte Trittsteine verbundenen Netzwerk von Flächen aus. Die Spitze bildet die **Artenförderung**, welche gezielt besonders gefährdete und schützenswerten Arten unterstützt. Im Wildnispark Zürich wird auf allen drei Ebenen Monitoring betrieben.

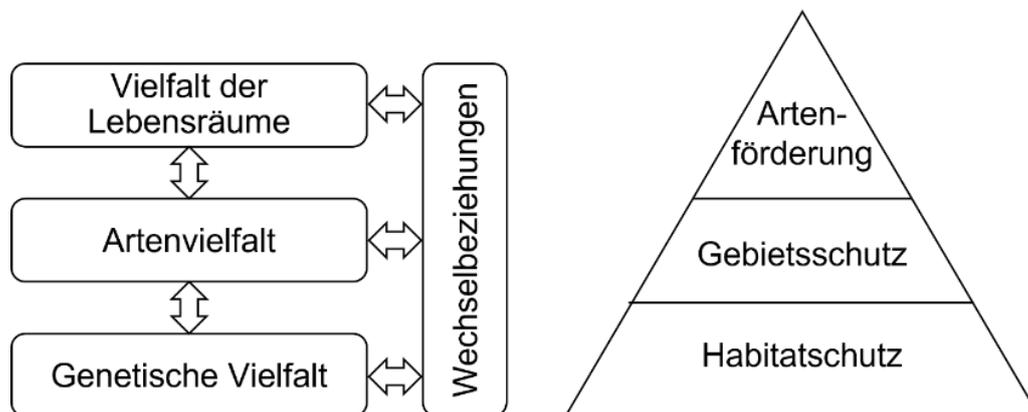


Abbildung 3: Die Ebenen der Biodiversität (links) und die Ebenen des Naturschutzes in der Schweiz (rechts)

Die **ökologische Infrastruktur** (Abbildung 4) ist eine Massnahme der Biodiversitätsstrategie Schweiz zur ökologischen Aufwertung und Vernetzung von Lebensräumen. Der Sihlwald bildet als grösstes Kerngebiet in der Region einen bedeutenden Baustein der ökologischen Infrastruktur.

Weiterführende Literatur: Der Bericht "Forest Biodiversity in Europe" des European Forest Institute (Muys et al., 2022) setzt sich vertieft mit dem Thema Waldbiodiversität und Massnahmen zum Erhalt derselben, inklusive Monitoring, auseinander.

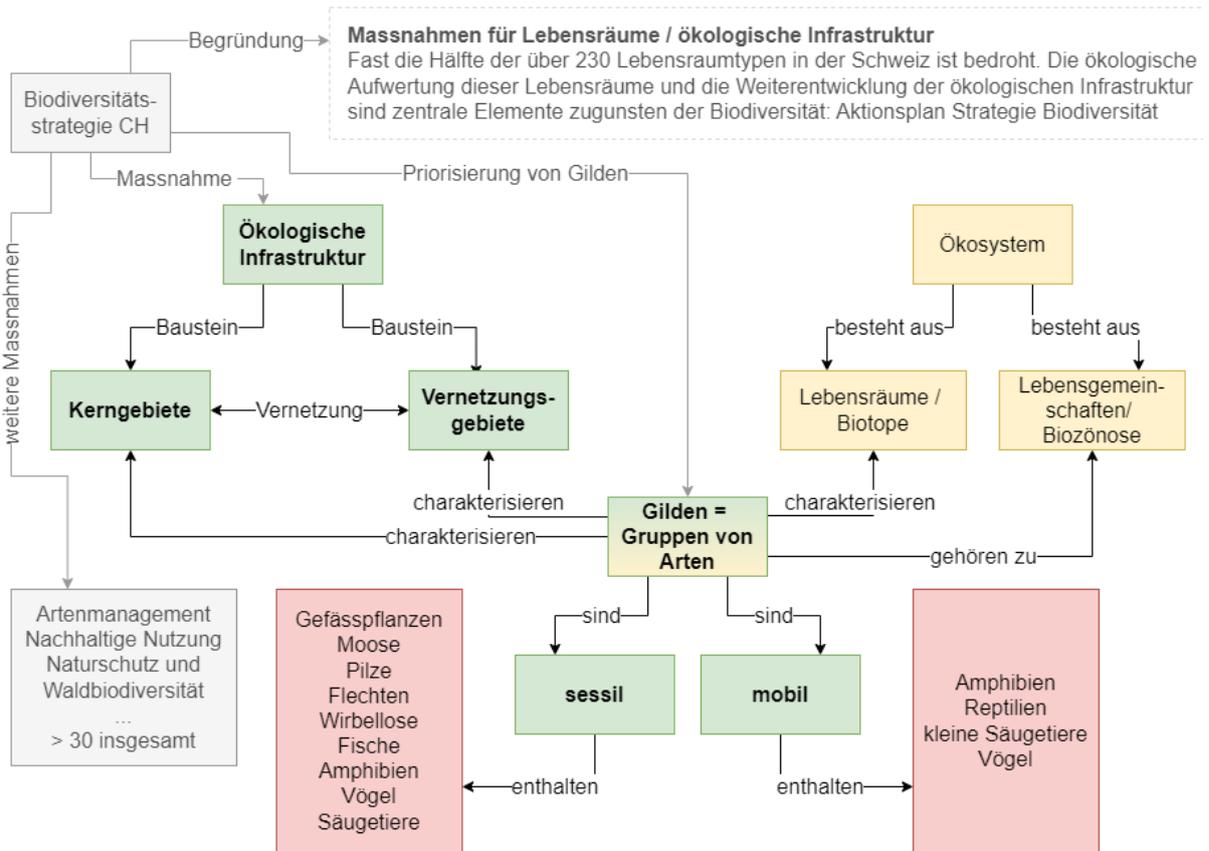


Abbildung 4: Komponenten der ökologischen Infrastruktur

C2.2 Monitoring der Biodiversität

In der Schweiz wird der Zustand der Biodiversität regelmässig dokumentiert. Abbildung 5 zeigt eine schematische Übersicht aller laufenden Monitorings eingeteilt nach den Ebenen der Biodiversität

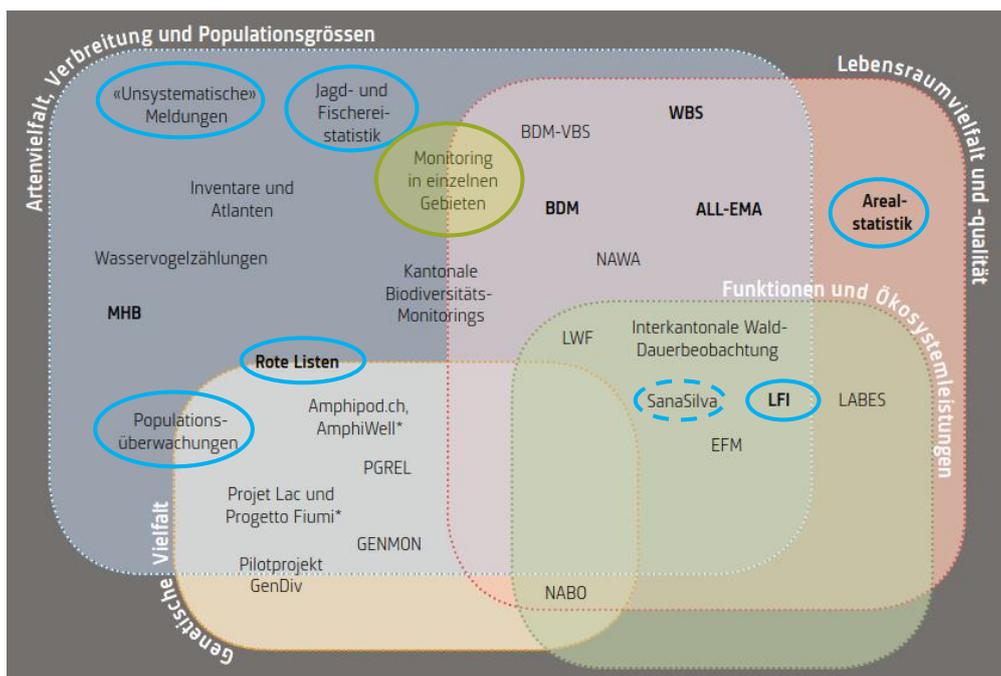


Abbildung 5: Biodiversitätsrelevante Monitorings in der Schweiz. Quelle: HOTSPOT 46/2022

(Hotspot 2022). Der Wildnispark Zürich ist Teil einiger dieser Monitorings (blau umrandete Einträge), z.B. auch des strukturellen Naturwaldreservate-Monitorings (Brang et al., 2008; Brändli et al., 2020). Dabei ist der Sihlwald das einzige Naturwaldreservat mit grossflächigem Buchen-Laubmischwald. Im Wildnispark Zürich werden auch gebietspezifische Monitorings (grün umrandet) durchgeführt.

C2.3 Arten- und Lebensraumlisten

Die Schweiz und die Kantone arbeiten zum Schutz und zur Erhaltung von Arten und Lebensräumen mit verschiedenen Listen (Tabelle 4). Die nachfolgende Zusammenstellung gibt einen Überblick über die Listen der Schweiz und beschreibt ihre Priorität bzw. ihr Potenzial für den Sihlwald.

Tabelle 4: Listen der Schweiz und des Kanton Zürich

Bezeichnung	Beschreibung	Priorität & Potenzial Sihlwald	Herausgeber / Link
Rote Listen	Rote Listen sind anerkannte wissenschaftliche Gutachten, in denen der Gefährdungsgrad von Arten dargestellt ist. Sie werden in der Schweiz im Auftrag des BAFU von Fachpersonen erstellt. Für 28 Organismengruppen liegen Rote Listen vor. Seit 2013 verfügt die Schweiz über eine Rote Liste der gefährdeten Lebensräume.	Wichtig. Beinhaltet jedoch nur Arten, die nachweislich in der Schweiz vorkommen oder früher vorkamen.	BAFU
National Prioritäre Arten und Lebensräume	Diese Liste beinhaltet einerseits die aktualisierte Liste der National Prioritären Arten und andererseits die erstmals erstellte Liste der National Prioritären Lebensräume. Die nationale Priorität der Arten und Lebensraumtypen wird durch eine Kombination von nationalem Gefährdungsgrad und internationaler Verantwortung der Schweiz bestimmt.	Offen. Mit Kanton diskutieren?	BAFU
National prioritäre Waldzielarten	Das BAFU hat die diejenigen Waldarten, welche auf Liste der National prioritären Arten stehen, als Waldzielarten definiert. Für diese reicht die allgemeine Lebensraumförderung nicht, sie benötigen spezifische, gezielte Fördermassnahmen.	Vor allem relevant für Fördermassnahmen und Erfolgskontrolle	BAFU
Zielarten	Zielarten sind lokal bis regional vorkommende, aber national gefährdete Arten, für die das Projektgebiet eine besondere Verantwortung trägt.	Liste des Kantons enthält keine Waldarten	Kanton Zürich
Leitarten	Leitarten sind Arten, die für das Projektgebiet charakteristisch und für einen bestimmten Lebensraum repräsentativ sind. Die Leitarten dienen damit als Messgrösse für die Qualität des Lebensraumes, den sie besiedeln.	Liste des Kantons enthält keine Waldarten. Ziel der Stiftung WPZ ist, eine sihlwaldspezifische Liste von Leitarten zu erstellen.	Kanton Zürich
Aktionsplanarten	Aktionsplanarten sind gefährdete Arten mit höchster kantonaler Priorität.	Interessant für Fördermassnahmen in der Naturerlebniszone, ev. mit Erfolgskontrolle auch in Kernzone. Aktionsplanarten für Aktion "Nichtstun zum Erhalt" existieren nicht.	Kanton Zürich
Gebietsfremde Arten in der Schweiz	Überblick über die in der Umwelt etablierten gebietsfremden Arten der Schweiz einschliesslich invasiver gebietsfremder Arten.	Grundlage für die laufende Erfassung und Bekämpfung invasiver Neophyten im WPZ durch die Ranger	BAFU Kanton Zürich

Eine Schwäche der nationalen und kantonalen Listen ist, dass sie nur bereits bekannte bzw. in der Schweiz nachgewiesene (gegenwärtige oder ausgestorbene) Arten enthalten. Es ist jedoch sehr wahrscheinlich, dass gerade in artenreichen Naturwäldern längst nicht alle existierenden Arten bekannt sind. Ausserdem ist bei vielen Organismengruppen die Datengrundlage zur Gefährdungsbeurteilung der zugehörigen Arten ungenügend (Abbildung 6).

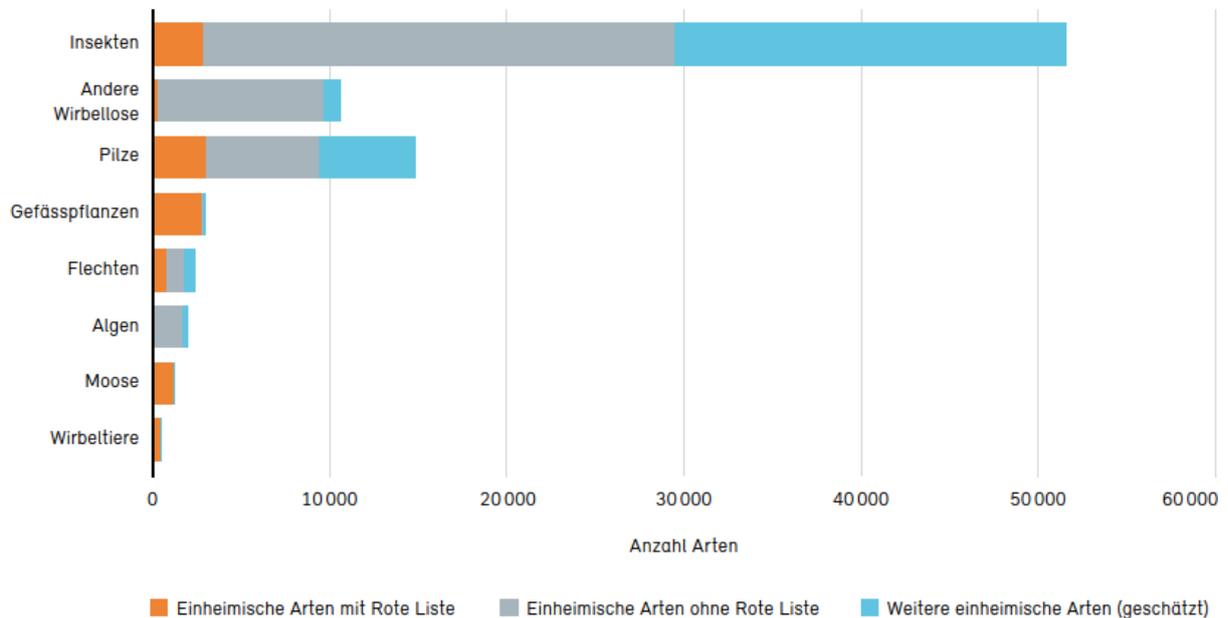


Abbildung 6: Anzahl bekannte (mit und ohne Rote Liste) und geschätzte einheimische Arten pro Organismengruppe. Orange: Arten, für die der Gefährdungsstatus beurteilt wurde, grau: Arten, bei denen die Datengrundlage für eine Beurteilung der Gefährdung nicht ausreicht, blau: Schätzung der Anzahl weiteren einheimischen unbekannter Arten. Quelle: BAFU, 2021).

Diesem Problem wirken die urwaldspezifischen Listen (Tabelle 5) entgegen. Die von Müller (2005) erarbeitete und von Eckelt (2018) erweiterte Liste der Reliktarten zentraleuropäischer Urwälder ermöglicht einen Vergleich mit den in der Schweiz bzw. im Sihlwald festgestellten Arten xylobionter Käfer. Christensen et al. (2004) schlagen eine Liste von 21 Indikatorarten für Buchenwälder vor, die sich eignen, um eine gute Habitatqualität oder Natürlichkeit der Wälder anzuzeigen.

Tabelle 5: (Ur-)waldspezifische Listen

Bezeichnung	Beschreibung	Priorität & Potenzial Sihlwald	Herausgeber / Link
Xylobionte Käfer	Urwaldreliktarten Eckelt et al. 2018: Primeval forest relict beetles of Central Europe (aufbauend auf Müller et al. 2005); Sanchez et al. 2016	Hohes Entwicklungspotenzial im Sihlwald für anspruchsvolle xylobionte Käferarten, solange diese sich von bestehenden Refugien ausbreiten können.	research-gate
Saprophytische Pilze	Emblematische Arten Christensen et al. 2004. Wood-inhabiting Fungi as Indicators of Nature Value in European Beech Forests. Liste von 21 Indikatorarten für Buchenwälder, die sich eignen, um eine gute Habitatqualität oder Natürlichkeit der Wälder anzuzeigen.	Hoch. Im Sihlwald wurden bisher 7 der 21 Arten nachgewiesen.	research-gate
Moose	Auskunft Ariel Bergamini , WSL: Ihm sind keine Listen mit Urwaldreliktarten bekannt, auch nicht mit Totholzspezialisten. Wichtig für Moose sind nicht nur alte Wälder, sondern auch ein konstanter Vorrat an Totholz. Viele seltene Moose kommen in den Kronen vor. Auskunft Thomas Kiebacher : "Mir ist für die Moose keine solche Liste bekannt. Es ist nicht ausgeschlossen, dass im Sihlwald eine in der CH noch unbekannte Art auftaucht, der Pool an typischen Zeigern alter Buchenwälder, die in der CH noch nie nachgewiesen wurden, ist meiner Einschätzung nach allerdings nicht sehr gross. Ein Erfolg wäre es, wenn z.B. Anacamptodon splachnoides oder Scapania apiculata sich ansiedeln. Die sind in der Schweiz schon bekannt."	Kronenuntersuchungen wären wertvoll, z.B. auch bei umgestürzten alten / älteren Bäumen. Da hätte man jeweils einige Monate Zeit, die liegenden Kronen zu untersuchen.	
Flechten	Auskunft Ariel Bergamini , WSL: Flechten wachsen v.a. in den Baumkronen und sind vom Boden aus schlecht erreichbar, daher wenig untersucht. Erster Ansatz zur Auflistung buchenwaldspezifischer Flechten Europas. Könnte mit Daten aus dem Sihlwald ergänzt werden.	Kronenuntersuchungen wären wertvoll, z.B. auch bei umgestürzten alten / älteren Bäumen. Da hätte man jeweils einige Monate Zeit, die liegenden Kronen zu untersuchen.	biodiversos

Fit für die Zukunft

Mit dem Klimawandel kommen neue Herausforderungen auf den Sihlwald zu: Extremwetterlagen mit Hitze, Trockenheit etc. wirken als Stressfaktor auf das Ökosystem und begünstigen das Auftreten bzw. die Ausbreitung neuer Krankheiten (Wohlgemuth et al. 2019). Zurzeit sind z.B. standortfremde Fichten stark von der Ausbreitung des Borkenkäfers betroffen. Auch Buchen leiden an vielen Standorten (etwa in Deutschland) seit längerem unter Trockenheit. Im Sihlwald ist dieses Phänomen bereits bekannt, jedoch noch nicht in diesem Ausmass. Ein Beispiel für eine neu aufgetretene Krankheit ist das Eschentriebsterben, verursacht durch einen aus Ostasien eingeschleppten Pilz. Die Stressresistenz von Arten gegenüber veränderten Umweltbedingungen und das Auftreten neuer Krankheiten lassen sich nur sehr bedingt vorhersagen. Gerade deshalb ist es wichtig, dass im Naturwald auch Monitorings betrieben werden, die nicht nur den bekannten Artenlisten folgen. **Basismonitorings**, die mehrere Arten(gruppen) abdecken, sind auch essenziell, um Veränderungen in der Artenzusammensetzung über die Zeit festzustellen. Ausgehend von den bestehenden (ur-)waldspezifischen Listen und auf den Ersterhebungen des Artengruppenmonitorings (Haeler et al., 2019) aufbauend möchte die Stiftung WPZ in Zusammenarbeit mit Experten eine **auf den Sihlwald zugeschnittene Liste von Ziel- und Leitarten** erstellen, anhand derer die Entwicklung des Sihlwalds untersucht und dokumentiert werden kann.

Literatur

Brändli, K., Stillhard, J., Hobi, M., Brang, P., 2020: Inventur 2017 im Sihlwald. WSL Ber. 93. 52 S.

Brang, P., Commarmot, B., Rohrer, L., Bugmann, H., 2008. Monitoringkonzept für Naturwaldreservate in der Schweiz. [published online February 2008] Available from World Wide Web. Birmensdorf, Eidg. Forschungsanstalt für Wald, Schnee und Landschaft WSL; Zürich, ETH Zürich, Professur für Waldökologie. 58 S.

Bundesamt für Umwelt BAFU (Hrsg.), 2018: Handbuch Programmvereinbarungen im Umweltbereich 2020–2024. Mitteilung des BAFU als Vollzugsbehörde an Gesuchsteller. Bundesamt für Umwelt, Bern. Umwelt-Vollzug Nr. 1817: 294 S.

Bundesamt für Umwelt, BAFU und Schweizerisches Informationszentrum für Arten, InfoSpecies (Hrsg.), 2023. Gefährdete Arten und Lebensräume in der Schweiz. Synthese Rote Listen. S. 47.

Christensen, M., Emborg, J., Hahn, K., Mountford, E.P., Ódor, P., Standovár, T., Rozenbergar, D., Diaci, J., Wijdeven, P., Meyer, P., Winter, S., Vrška, T., Heilmann-Clausen, J., Walley, R., Adamcik, S., 2005. Wood-inhabiting fungi as indicators of nature value in European beech forests. Monitoring and Indicators of Forest Biodiversity in Europe—from Ideas to Operationality. *EFI Proceedings* 51. 51. 229-237.

Eckelt, A., Müller, J., Bense, U., Brustel, H., Bußler, H., Chittaro, Y., Cizek, L., Frei, A., Holzer, E., Kadej, M., Kahlen, M., Köhler, F., Möller, G., Mühle, H., Sanchez, A., Schaffrath, U., Schmidl, J., Smolis, A., Szallies, A., Seibold, S., 2018. “Primeval forest relict beetles” of Central Europe: a set of 168 umbrella species for the protection of primeval forest remnants. *Journal of Insect Conservation*. 22. 10.1007/s10841-017-0028-6.

Forum Biodiversität Schweiz, SCNAT (Hrsg.), 2022. Biodiversität überwachen. *HOTSPOT*: 46/2022, S. 32.

Haeler, E., Lachat, T. und Hindenlang, K., 2019. Biodiversität und Habitatstrukturen im Wildnispark Zürich Sihlwald: Einrichtung eines intensiven Naturwald-Untersuchungsstandorts. Wissenschaftlicher Bericht zuhanden Bundesamt für Umwelt. 159 S.

Lachat, T., Wermelinger, B., Gossner, M. M., Bussler, H., Isacson, G., & Müller, J., 2012. Saproxylic beetles as indicator species for dead-wood amount and temperature in European beech forests. *Ecological Indicators*, 23, 323-331. <https://doi.org/10.1016/j.ecolind.2012.04.013>

Müller J., Bußler H., Bense, U., Brustel, H., Flechtner, G., Fowles, A., Kahlen, M., Möller, G., Mühle, H., Schmidl, J., Zabransky, P., 2005. Urwald relict species – Saproxylic beetles indicating structural qualities and habitat tradition. *Waldökologie online* 2:106–113

Müller, J. und Hilmers, T., 2020. Katastrophen für den Menschen – Segen für die Biodiversität. *LFW aktuell*: 4/2020, S. 13-15.

Muys, B., Angelstam, P., Bauhus, J., Bouriaud, L., Jactel, H., Kraigher, H., Müller, J., Pettorelli, N., Pötzelsberger, E., Primmer, E., Svoboda, M., Thorsen, B.J., Van Meerbeek, K., 2022. Forest Biodiversity in Europe. From Science to Policy 13. European Forest Institute. <https://doi.org/10.36333/fs13>

Reusser, L., 2023. Bedarfsanalyse Wirkungsorientiertes Monitoring Schweizer Pärke. Bericht zu Handen des BAFU.

Sanchez, A., Chittaro, Y., Monnerat, C., Gonseth, Y., 2016. Les Coléoptères saproxyliques emblématiques de Suisse, indicateurs de la qualité de nos forêts et milieux boisés. *Mitteilungen der Schweizerischen Entomologischen Gesellschaft*. 89. 261-280. [10.5281/zenodo.192638](https://doi.org/10.5281/zenodo.192638).

Wohlgemuth, T., Jentsch, A., & Seidl, R. (2019). *Störungsökologie*. UTB: Vol. 5018. Bern: Haupt Verlag.