



Schweizerische Eidgenossenschaft
Confédération suisse
Confederazione Svizzera
Confederaziun svizra

Eidgenössisches Departement des Innern EDI
Bundesamt für Meteorologie und Klimatologie MeteoSchweiz

MeteoSchweiz

Fachbericht MeteoSchweiz Nr. 286

Bestimmung der wertvollsten Pollenmessstationen der Schweiz für das «National Basic Climatological Network Pollen» (NBCN-Pollen)

Regula Gehrig, Michael Begert, Bernard Clot, Thomas Konzelmann, Mischa Croci-Maspoli



ISSN: 2296-0058

Fachbericht MeteoSchweiz Nr. 286

Bestimmung der wertvollsten Pollenmessstationen der Schweiz für das «National Basic Climatological Network Pollen» (NBCN-Pollen)

Regula Gehrig, Michael Begert, Bernard Clot, Thomas Konzelmann, Mischa Croci-Maspoli

Empfohlene Zitierung:

Gehrig R, Begert M, Clot B, Konzelmann T, Croci-Maspoli M: 2024, Bestimmung der wertvollsten Pollenmessstationen der Schweiz für das «National Basic Climatological Network Pollen» (NBCN-Pollen), Fachbericht MeteoSchweiz, 286, 26 pp.

Herausgeber:

Bundesamt für Meteorologie und Klimatologie, MeteoSchweiz, © 2024

MeteoSchweiz

Operation Center 1
CH-8044 Zürich-Flughafen
T +41 58 460 99 99
www.meteoschweiz.ch

Zusammenfassung

Im NBCN-Pollen (Swiss National Basic Climatological Network Pollen) werden die wertvollsten acht Pollenmessstationen der Schweiz zusammengefasst, mit denen die langfristige Beobachtung der Veränderung des Pollenflugs aufgrund des Klimawandels sichergestellt wird. Mit diesen Pollendaten wird eine Grundlage geschaffen, um Auswirkungen des Klimawandels auf die Allergien und Allergiehäufigkeiten zu untersuchen. Sie ergänzen zudem die phänologischen Daten von MeteoSchweiz beim Aufzeigen der langfristigen Veränderungen der Vegetation.

MeteoSchweiz gehört weltweit zu den Ländern mit den längsten Pollenmessreihen. Im Jahr 2023 wurde das Pollenmessnetz automatisiert und die manuellen Hirst-Pollenfallen durch die automatischen Poleno-Messgeräte abgelöst. Dieser Wechsel der Messtechnik verursacht Brüche in den langen Datenreihen. Bis Ende 2023 stehen an allen Pollenstandorten ein bis zwei Jahre mit Parallelmessungen zur Verfügung, was jedoch für eine Homogenisierung dieser Brüche noch zu wenig lang ist. An den NBCN-Pollen-Stationen soll die Homogenisierung mit mindestens 3 Jahren Parallelmessungen sichergestellt werden.

Die folgenden Kriterien wurden für die Bestimmung der NBCN-Pollen Stationen festgelegt: eine gute räumliche Abdeckung der Schweiz mit je einer Station in den wichtigsten Pollenregionen, die Wahl einer zweiten Messstation in den Regionen des Mittellands und im Tessin, sowie die Länge und Qualität der Datenreihen. Die Pollenregionen wurden mit Korrelationen und Clusteranalysen bestimmt. Mit den acht NBCN-Pollen-Stationen kann der Pollenflug im Mittelland, in der Nordwestschweiz und im Tessin ausreichend beschrieben werden. Drei weitere Pollenfallen im Mittelland, die nicht zum NBCN-Pollen gehören, aber zusätzlich zur Beschreibung der Variabilität der Intensität der Pollensaison beitragen, sollen im Vergleich mit den NBCN-Pollen-Stationen ohne weitere Parallelmessungen homogenisiert werden. Die Automatisierung des Pollenmessnetzes hat die Konsequenz, dass lange Pollenmessreihen im Jura, in den Alpen und im Wallis nun unterbrochen werden. Der Pollenflug in diesen Regionen wird jedoch neben dem Klima durch mehrere Faktoren beeinflusst, so dass langfristige Änderungen schwierig zu interpretieren sind.

Swiss National Basic Climatological Network Pollen (NBCN-Pollen)	Dauer der Parallelmessung mit Hirst	Bemerkung
Basel, Buchs SG, Genève, Lugano, Zürich	Langfristig sicherstellen	Stationen gehören auch zu GCOS-Schweiz
Locarno, Luzern, Neuchâtel	3 Jahre oder mindestens bis eine sinnvolle Homogenisierung möglich ist, danach Weiterbetrieb nur noch automatisch	-

Abstract

The NBCN Pollen (Swiss National Basic Climatological Network Pollen) brings together the eight most valuable pollen monitoring stations in Switzerland to ensure long-term monitoring of changes in pollen concentrations due to climate change. These pollen data provide a basis for analyzing the effects of climate change on allergies and allergy frequencies. They also complement the phenological data from MeteoSwiss in showing the long-term changes in vegetation.

MeteoSwiss is one of the countries in the world with the longest pollen measurement series. In 2023, the pollen monitoring network was automated and the manual Hirst pollen traps were replaced by the automatic Poleno monitors. This change in measurement technology causes breaks in the long data series. By the end of 2023, one to two years of parallel measurements will be available at all pollen sites, but this is still not long enough to homogenize these breaks. At the NBCN pollen stations, homogenization should be ensured with at least 3 years of parallel measurements.

The following criteria were defined for determining the NBCN pollen stations: good spatial coverage of Switzerland with one station in each of the most important pollen regions, the selection of a second measuring station in the Swiss Plateau and Ticino regions, and the length and quality of the data series. The pollen regions were determined using correlations and cluster analyses. With the eight NBCN pollen stations, the pollen concentration on the Swiss Plateau, Northwestern Switzerland and Ticino can be adequately described. Three further pollen traps on the Swiss Plateau, which are not part of the NBCN pollen, but which also contribute to the description of the variability of the intensity of the pollen season, are to be homogenized in comparison with the NBCN pollen stations without further parallel measurements. The automation of the pollen monitoring network means that long pollen monitoring series in the Jura, the Alps and Valais are now interrupted. However, the pollen concentration in these regions is influenced by several factors in addition to the climate, making it difficult to interpret long-term changes.

Swiss National Basic Climatological Network Pollen (NBCN-Pollen)	Duration of the parallel measurement with Hirst traps	Remarks
Basel, Buchs SG, Genève, Lugano, Zürich	Ensure long-term measurement	Stations belong to GCOS-Switzerland
Locarno, Luzern, Neuchâtel	3 years or at least until meaningful homogenization is possible, after which continued operation is only automatic	-

Inhaltsverzeichnis

Zusammenfassung	V
Abstract	VII
1 Einleitung	1
2 Pollenmessstationen aufgeführt in GCOS-Schweiz	3
3 Die Repräsentativität der Pollenmessstationen	5
3.1 Analyse des täglichen Verlaufs der Pollensaison	5
3.2 Analyse der Intensität der Pollensaison	7
4 Auswahl der Swiss NBCN-Pollen-Stationen	11
4.1 NBCN-Pollen-Stationen	11
4.1.1 GCOS-Schweiz Stationen im NBCN-Pollen	11
4.1.2 NBCN-Pollen: restliche Stationen	12
4.2 Weitere Stationen des Pollenmessnetzes «Swiss Pollen»	13
5 Schlussfolgerung	19
5.1 Klimaaussagen für tiefe Lagen der Alpennordseite und des Tessins durch NBCN-Pollen	19
5.2 Konsequenzen für die weiteren Stationen	20
Literaturverzeichnis	21
A Anhang 1: Pollenregionen pro Pollenart für den Verlauf der Pollensaison (Korrelation der täglichen Pollenkonzentrationen 1997-2016)	23
B Anhang 2: Pollenregionen pro Pollenart für die Intensität der Pollensaison (Korrelation des SPIn 1990-2022)	25

1 Einleitung

1 Einleitung

Die Schweiz gehört weltweit zu den Ländern mit den längsten Pollenmessreihen. Pollenmessungen begannen in der Schweiz im Jahr 1969 in Basel (Gehrig & Clot 2021). In den 1980er Jahren wurde das Pollenmessnetz durch die Arbeitsgruppe für Aerobiologie laufende vergrössert. Seit 1993 wird das Messnetz durch das Bundesamt für Meteorologie und Klimatologie MeteoSchweiz betrieben. Bis im Jahr 2022 bestand es aus 14 Messstationen, die mit Hirst-Pollenfallen ausgerüstet waren (Gehrig 2012, Galán et al. 2014). Die Datenreihen von 13 dieser Stationen waren bis zu diesem Zeitpunkt über 30 Jahre lang. Analysen zu Veränderungen des Pollenflugs während der Normperiode 1991-2020 wurden publiziert (Glick et al. 2021). Die langen Datenreihen der Schweiz wurden auch in mehreren europäischen oder globalen Studien über Trends im Pollenflug verwendet (Ziello et al. 2012, Smith et al. 2014, Sikoparija et al. 2017, Matyasovszky et al. 2018, Ziska et al. 2019). Die Dokumentation der Veränderungen des Pollenflugs gehört zu den Grundlagen, um die Auswirkungen des Klimawandels auf die Allergien und Allergiehäufigkeiten zu untersuchen (Damialis et al. 2019, D'Amato et al. 2020). Die Veränderung im Startdatum der Pollensaison ist gut vergleichbar mit den Daten aus dem Phänologischen Beobachtungsnetz von MeteoSchweiz. Die beiden Messnetze ergänzen sich sehr gut und machen die Auswirkungen des Klimawandels auf die Vegetation sichtbar und für die Bevölkerung anschaulich erlebbar.

Seit dem Jahr 2023 ist das neue, automatische Pollenmessnetz «Swiss Pollen» mit Swisens-Poleno Messgeräten in Betrieb. Es besteht neu aus 15 Messstationen, und soll ab 2024 auf 18 Stationen ergänzt werden. Der Wechsel von der konventionellen Messung mit Hirst-Pollenfallen zur neuen, automatischen Messung mit Poleno-Geräten, verursacht Brüche in den langen Datenreihen, da sich die Messmethode stark geändert hat (Buters et al. 2022). Um weiterhin klimatologische Aussagen zur Veränderung des Pollenflugs machen zu können, ist eine Homogenisierung der langen Datenreihen für diesen Übergang geplant. Sie ist noch ausstehend, da bis Ende 2023 je nach Pollenstandort erst ein bis zwei Jahre mit Parallelmessungen zur Verfügung stehen. Für eine Homogenisierung ist das noch zu wenig lang. Es sollen deshalb Entscheidungsgrundlagen erarbeitet werden, wie die vorhandenen Ressourcen für Parallelmessungen möglichst effizient eingesetzt werden, um auch in Zukunft genügend gut abgestützte klimatologische Aussagen zum Pollenflug machen zu können.

Die Repräsentativität der Pollenmessstationen wurde von Gehrig (2012, 2019) untersucht und verschiedene interne Analysen wurden erstellt, um die Wichtigkeit der einzelnen Pollenmessstationen für die Klimatologie zu bestimmen. In den Berichten von GCOS-Schweiz wurden fünf, beziehungsweise sechs der Stationen als klimatologisch wichtig aufgeführt (Seiz & Foppa 2007, MeteoSwiss 2018). Bisher fehlt jedoch eine systematische Zusammenstellung der Wichtigkeit der Pollenmessstationen, so wie das in der Klimatologie mit dem Swiss National Basic Climatological Network (Swiss NBCN) gemacht wurde.

MeteoSchweiz definierte das Swiss NBCN zur Beobachtung und Analyse der Klimaentwicklung. Es umfasst die wichtigsten Referenzmessreihen, die räumlich gut verteilt und für das Klima repräsentativ sind und welche kontinuierlich und mit möglichst konstanten Messbedingungen betrieben werden. Swiss NBCN-Stationen wurden anhand der Temperatur und des Niederschlags definiert (Begert et al. 2007, Begert 2008). Erweitert wurde das Swiss NBCN mit Stationen für Totalisatoren (Scherrer 2010) und für die Schneemessung (Wüthrich et al. 2010).

Das Ziel dieses Berichtes ist es, bestehende Resultate zusammenzufassen und die klimatologisch bedeutendsten Pollenmessstationen als NBCN-Pollen in das Swiss NBCN aufzunehmen. Damit soll die Basis gelegt werden, um die Erhaltung, Weiterführung und Homogenisierung dieser NBCN-Pollenstationen sicherzustellen und zum Zeitpunkt der Automatisierung des Pollenmessnetzes und in Zukunft weiterhin verlässliche Aussagen zu Veränderungen im Pollenflug in ausgewählten Regionen der Schweiz machen zu können.

2 Pollenmessstationen aufgeführt in GCOS-Schweiz

GCOS (Global Climate Observing System) ist ein internationales Programm verschiedener Institutionen, unter anderem der WMO, mit dem Ziel, eine systematische und qualitativ hochwertige Klimabeobachtung langfristig zu garantieren. Die Umsetzung auf nationaler Ebene erfolgt im Rahmen von GCOS-Schweiz.

Die Datenreihen der Pollenmessungen werden in der Schweiz zu den wichtigen Klimavariablen (ECV Essential Climate Variables) gezählt. In den Berichten von GCOS-Schweiz «National Climate Observing System» (Seiz & Foppa 2007, MeteoSwiss 2018) wurden wichtige Pollenmessstationen der Schweiz festgelegt. Ohne vertiefte Analysen wurden für den Bericht von 2007 fünf Stationen mit langen Datenreihen ausgewählt, die in verschiedenen Klimaregionen der Schweiz liegen. Im Bericht von 2018 wurden die fünf Stationen Basel, Davos, Genève, Lugano, Neuchâtel mit Zürich ergänzt, um auch eine Station in der Zentral- und Ostschweiz zu haben (MeteoSwiss 2018). Für den neuen, aktualisierten Bericht, der in Vorbereitung ist, wurden fünf Stationen ausgewählt, für die eine langfristige Parallelmessung mit Hirst und Poleno geplant und finanzierbar ist. Es sind dies Basel, Buchs SG, Genève, Lugano und Zürich, welche den Hauptstationen von ausgewählten Pollenregionen entsprechen (Gehrig 2012, 2019). Neuchâtel wurde durch Buchs SG ersetzt, da Buchs SG eine der wenigen ländlichen Stationen des Messnetzes ist und in einer eigenen Klima- und Vegetationsregion liegt. Neuchâtel gehört zur Region westliches Mittelland, die bereits durch Genève repräsentiert wird.

Davos wird ab 2023 nicht mehr als wichtige Station in GCOS-Schweiz aufgelistet, da aufgrund der tiefen Pollenkonzentrationen und damit grossen Messfehlern der Hirst-Messung eine Homogenisierung der Daten beim Übergang von manueller zur automatischen Messung schwierig ist. Damit erfüllt Davos die Anforderungen von GCOS an Datenqualität und Homogenisierung nicht.

3 Die Repräsentativität der Pollenmessstationen

3 Die Repräsentativität der Pollenmessstationen

3.1 Analyse des täglichen Verlaufs der Pollensaison

Eine Einteilung in Pollenregionen der Schweiz wurde in Gehrig (2012, 2019) erarbeitet (**Abbildung 1**). Mit einem hierarchischen Clusterverfahren wurden Stationen gruppiert, die einen ähnlichen Verlauf der täglichen Pollenkonzentrationen für die wichtigsten allergenen Pollenarten aufweisen. Als Distanzmass zwischen den Stationen wurde die Korrelation (Pearson-Korrelation der logarithmierten Pollendaten) der mittleren täglichen Pollenkonzentration für die Jahre 1997-2016 berechnet (**Abbildung 2, Anhang A**). Mit derselben Methode wurden auch die NBCN-Stationen in der Klimatologie bestimmt (Begert 2008, Scherrer 2010, Wüthrich et al. 2010).

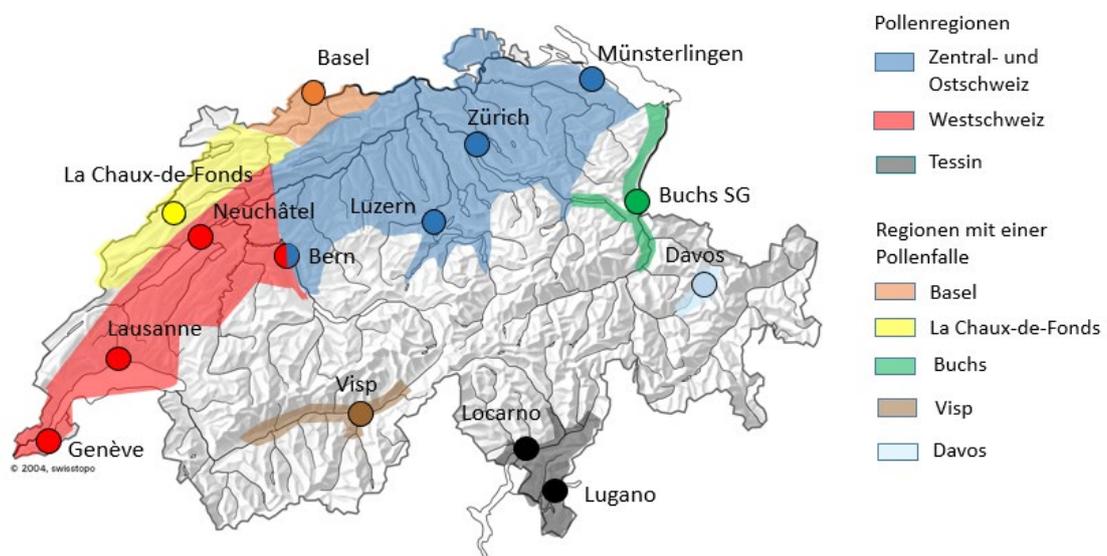


Abbildung 1: Einteilung der Schweiz in Pollenregionen (aus Gehrig 2012, 2019).

Im ganzen Schweizer Mittelland sind die Pollenmessstationen bezüglich des täglichen Verlaufs der Pollensaison gut vergleichbar. Anhand der Clusteranalyse lässt sich das Mittelland in zwei Regionen aufteilen, das zentrale und östliche Mittelland und das westliche Mittelland. Die Station Bern wird je nach Clustermethode einem der beiden Cluster zugeordnet. Im Mittelland gibt es demnach redundante Stationen, welche wichtig sind, um die Repräsentativität der Pollenfallen angeben zu können.

Die Station Buchs SG bildet ein eigenes Cluster, in dem sich ländliche und voralpine Einflüsse zeigen. Unter der Voraussetzung, dass die Pollenstationen derselben bioklimatischen Region angehören, sind die zeitlichen Muster der Pollensaison bis zu Distanzen von etwa 50 km sehr ähnlich. Bis etwa 150-200 km sind sie mit Korrelationen von über 0.8 immer noch recht gut vergleichbar. Es hat sich gezeigt, dass ein Korrelationskoeffizient von 0.85 ein sinnvoller Schwellenwert ist, um die Cluster aufzuteilen (Gehrig 2019, Oteros et al. 2019).

Einzelcluster werden durch Basel, Buchs SG, La Chaux-de-Fonds, Visp und Davos gebildet, alles Stationen in eigenen bioklimatischen Regionen. Bei diesen Einzelstationen lässt sich nicht beurteilen, ob sie repräsentativ für ihre Region sind.

Das Tessin ist deutlich verschieden von der Alpennordseite und bildet ein eigenes Cluster. Obwohl Locarno und Lugano im selben Cluster liegen, ist der Unterschied zwischen beiden Stationen grösser als im Mittelland. Sie werden erst bei einer Korrelation von 0.81 zu einem Cluster zusammengefasst.

Die Einteilung in Pollenregionen stimmt sehr gut überein mit den floristischen Regionen der WSL (Wohlgemuth 1996, WSL Swiss web flora) und den 12 Klimaregionen nach Schüepp und Gensler (1980).

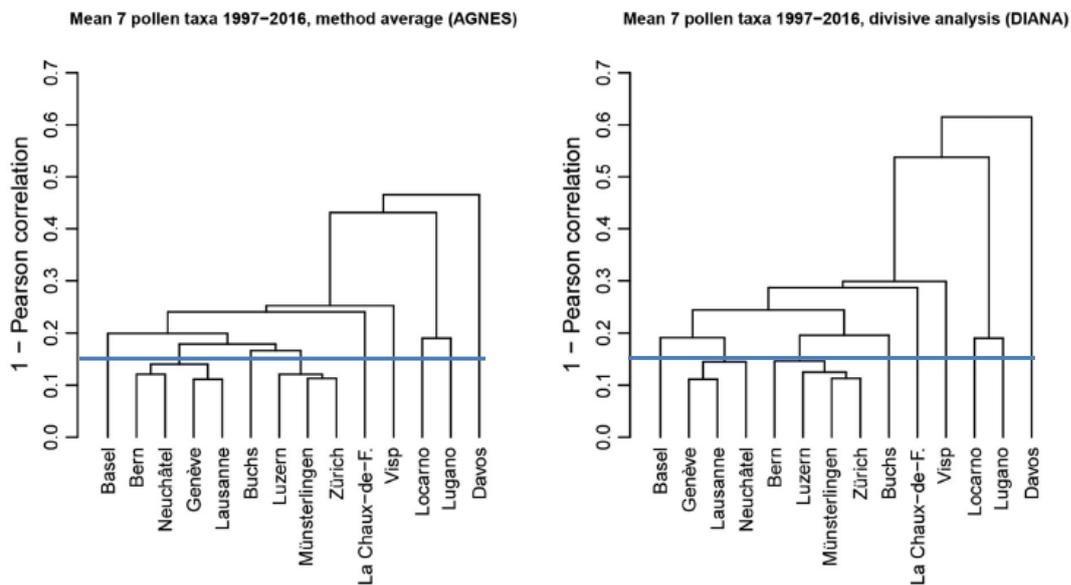


Abbildung 2: Clusteranalyse mit agglomerativem Clustering der Methode «average» (AGNES, links) und mit divisivem Clustering (DIANA, rechts) für den täglichen Verlauf der Pollensaison als Mittel der sieben wichtigsten allergenen Pollenarten. Agglomeratives Clustering ist geeignet, um kleine Cluster zu erkennen, während divisives Clustering verwendet wird, um die grossen Cluster besser zu erkennen. Als Grenze für die Clusterbildung wurde auf der Alpennordseite eine Korrelation von 0.85 gewählt (blaue Linie).

3 Die Repräsentativität der Pollenmessstationen

3.2 Analyse der Intensität der Pollensaison

Ein Indikator für die Intensität des Pollenflugs ist das Saisonale Pollenintegral SPIn, d.h. die Summe der täglichen Pollenkonzentrationen pro Jahr oder pro Pollensaison ($\text{Pollen} \cdot \text{day}/\text{m}^3$). Das SPIn ist jene Grösse, die in Trendanalysen untersucht wird, um die langfristige Veränderung des Pollenflugs aufzuzeigen. Das SPIn kann bei den Baumpollen von Jahr zu Jahr stark schwanken, da Bäume nicht in jedem Jahr gleich viele Blüten bilden. Bei der Birke ist häufig ein Zweijahresrhythmus zu sehen, während bei der Buche und Hagebuche Mastjahre nur alle paar Jahre vorkommen.

Die SPIn unterscheiden sich zwischen den Stationen. So ist das SPIn der Birke in Zürich, Buchs SG und Bern doppelt so hoch wie in Luzern, Neuchâtel und Basel. Bei den Gräserpollen haben Buchs SG und La Chaux-de-Fonds etwa doppelt so hohe Werte wie Zürich und Lausanne. Die Unterschiede der Intensität gehen über die Clustergrenzen der Pollenregionen hinweg.

Für den Vergleich der Ähnlichkeit der Stationen und der Gruppierung der Intensität mit Clusteranalyse wurde der Verlauf des SPIn von 1990-2022 untersucht. Als Distanzmass zwischen den Datenreihen wurde der Wert 1- Spearman Korrelationskoeffizient verwendet. Stationen eines Clusters zeigen demnach eine ähnliche jährliche Variation und ähnliche Trends in der Änderung der Intensität des Pollenflugs. Diese Analyse ist nicht Bestandteil von früheren Publikationen und wurde für den aktuellen Bericht erstellt.

Die Korrelationen des SPIn zwischen den Stationen sind deutlich tiefer als beim täglichen Verlauf der Pollensaison. Es zeigt sich jedoch eine ähnliche Gruppierung in die bekannten Pollenregionen. Beim Mittel von vier Baumpollenarten ist eine Gruppierung in acht Cluster sinnvoll, bei einer minimalen Korrelation von 0.73 (**Abbildung 3, Abbildung 4 links**). Die Stationen Basel, Münsterlingen, Davos, La Chaux-de-Fonds und Visp bilden Einzelcluster. Gruppieren werden das Tessin und die beiden Mittellandcluster. Das Cluster Zentral- und Ostschweiz enthält jedoch Buchs SG und nicht Münsterlingen. Diese wird erst bei einer Korrelation 0.67 mit dem Cluster Zentral- und Ostschweiz verbunden. Werden die Baumpollen einzeln analysiert, unterscheiden sich die Gruppierungen der Cluster im Mittelland (**Anhang B**). Jede Station wird mindestens einmal nicht in ein Cluster integriert. Beim SPIn der Esche wird Luzern mit Visp zusammen als Cluster zusammengeführt und nicht mit den Mittellandstationen. Bei der Birke korreliert Münsterlingen kaum mit den Mittellandstationen und bildet ein eigenes Cluster und auch Zürich korreliert schlecht mit Buchs SG und Luzern. Bern hat bei der Birke die grösste Ähnlichkeit mit Visp und nicht mit den Mittellandstationen. Die Korrelationen in der Westschweiz sind im Allgemeinen höher als in der Zentral- und Ostschweiz. Um die Variabilität der Intensität des Pollenflugs in der Schweiz für die verschiedenen Baumpollen zu dokumentieren, wären deshalb alle 14 Messstationen nötig.

Bei den Gräserpollen sind die Unterschiede zwischen den Stationen grösser (**Abbildung 5**). Die Intensität der Gräserpollensaison wird neben dem Klima auch durch die menschliche Nutzung und Siedlungstätigkeit beeinflusst. Lokale oder regionale Einflussfaktoren spielen deshalb eine grosse Rolle. Eine Einteilung in 10 Cluster, bei einer minimalen Korrelation von 0.68, erscheint sinnvoll (**Abbildung 4, rechts**). Cluster mit Korrelationen über 0.68 gibt es in der Westschweiz (Genève, Neuchâtel, La Chaux-de-Fonds) und in der Zentral- und Ostschweiz (Buchs SG, Luzern Zürich). Alle anderen Stationen bilden eigene Cluster. Um die Variabilität der jährlichen Veränderung des Gräserpollenflugs in der Schweiz zu beschreiben, wären deshalb mindestens 10 Pollenfallen notwendig.

SPIn 4 allergene Baumpollen 1990–2022, method average AGNES

SPIn 4 allergene Baumpollen 1990–2022, divisive analysis DIANA

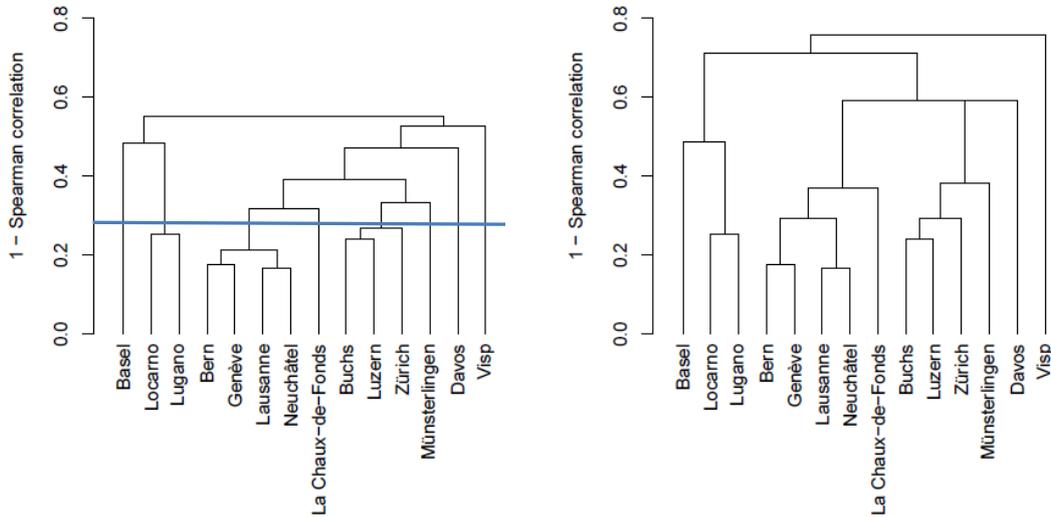
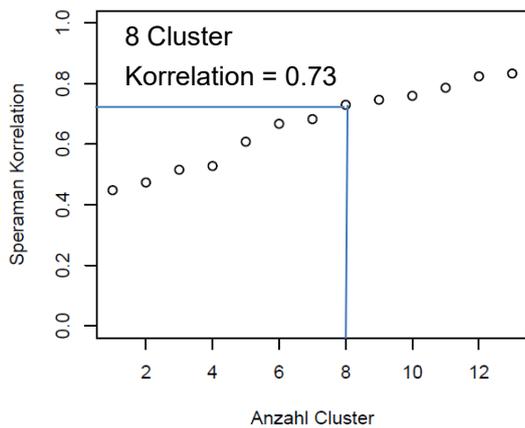


Abbildung 3: Clusteranalyse mit agglomerativem clustering der Methode «average» (AGNES, links) und mit divisivem clustering (DIANA, rechts) für das SPIn im Mittel der vier Baumpollenarten Hasel, Erle, Esche, Birke. Die blaue Linie zeigt die Grenze bei der Bildung von 8 Clustern, die bei einer Höhe von 0.27, oder einer Korrelation von 0.73 liegt.

SPIn 4 allergene Baumpollen 1990–2022



SPIn Gräser 1990–2022

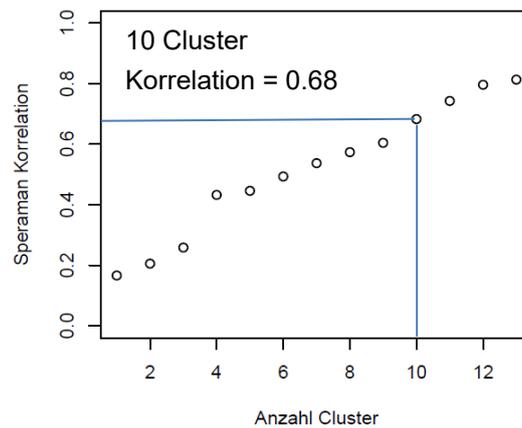


Abbildung 4: Die „mittlere gruppeninterne Korrelation“ in Abhängigkeit der Anzahl Cluster bei der hierarchischen Clusteranalyse „AGNES“ für das SPIn der vier allergenen Baumpollen (links) und der Gräser (rechts). Bei den Baumpollen ist ein Sprung der Korrelationen bei 8 Clustern sichtbar, wobei nachher der Anstieg der Korrelationen abflacht. Bei den Gräserpollen ist die Bestimmung der sinnvollsten Anzahl Cluster sehr schwierig. Bei 10 Clustern ist ein leichter Sprung der Korrelationen vorhanden, bei der auch die Korrelation für den Zusammenhang mit 0.68 noch akzeptabel ist.

3 Die Repräsentativität der Pollenmessstationen

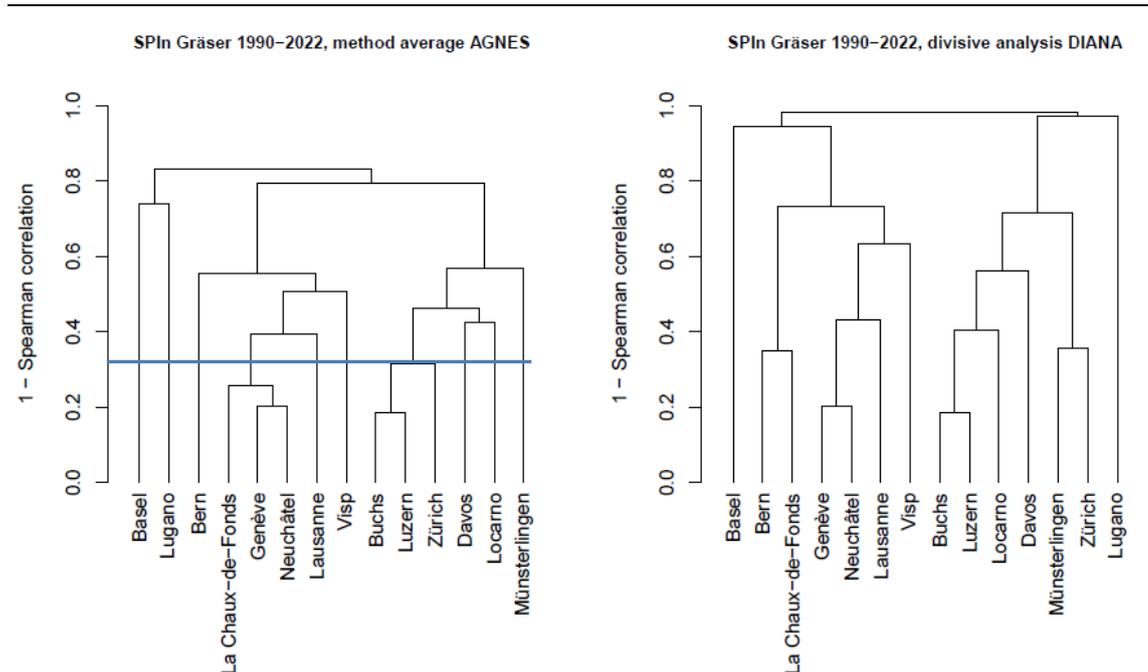


Abbildung 5: Clusteranalyse mit agglomerativem Clustering der Methode «average»(AGNES, links) und mit divisivem Clustering (DIANA, rechts) für das SPIn der Gräserpollen. Die blaue Linie zeigt die Grenze bei der Bildung von 10 Clustern, die bei einer Höhe von 0.32, oder einer Korrelation von 0.68 liegt.

4 Auswahl der Swiss NBCN-Pollen-Stationen

Mit den Stationen des NBCN-Pollen soll es möglich sein, die Veränderungen im Pollenflug in der Schweiz zu dokumentieren und langfristig zu quantifizieren. Die ausgewählten Messstationen sollen deshalb mit besonderer Sorgfalt betrieben werden.

Die folgenden Kriterien wurden für die Auswahl der NBCN-Pollenstationen festgelegt.

1. Gute räumliche Abdeckung der Schweiz – in den wichtigsten Pollenregionen (Klimaregion/floristische Region) mindestens eine Station
2. Zusätzliche Messstationen in den grösseren Clustern, um Trends der Hauptstationen der Cluster zu stützen und lokale Einflüsse zu entdecken
3. Lange Datenreihen
4. Hohe Datenqualität
5. Zeigen einer möglichst grossen Variabilität der Intensität und Muster der Veränderung der Pollensaison durch die gewählten Stationen

Die Auswahl der NBCN-Pollen-Stationen und die Beurteilung der Kriterien werden in **Tabelle 1** dargestellt und in Kapitel 4.1 beschrieben.

4.1 NBCN-Pollen-Stationen

Das NBCN-Pollen umfasst acht Stationen, wovon fünf auch Teil von GCOS-Schweiz sind (**Abbildung 6, 7**). Die GCOS-Schweiz Stationen unterscheiden sich von den restlichen NBCN-Stationen, indem für sie eine langfristige Parallelmessung mit Hirst-Pollenfallen geplant ist, während für NBCN-Stationen allgemein mindestens 3 Jahre festgelegt werden.

4.1.1 GCOS-Schweiz Stationen im NBCN-Pollen

Bei den in GCOS-Schweiz festgelegten Stationen handelt es sich um die Hauptstationen mit den längsten Messreihen in den Pollenregionen des Mittellands, in Basel und im Tessin, d.h. in den am dichtesten besiedelten Gebieten der Schweiz. Es sind dies die Stationen Basel (seit 1969), Buchs SG (seit 1984), Genève (1979-1984, seit 1989), Lugano (1985-1988, seit 1991) und Zürich (seit 1982). Weil die Stationen in unterschiedlichen Pollenregionen liegen, korrelieren sie untereinander nicht sehr hoch. Die Stationen werden möglichst unbefristet zusätzlich zur automatischen Messung

mit manuellen Hirst-Pollenfallen weiterbetrieben. Damit werden weitere Erfahrungen für die automatische Pollenmessung gewonnen, insbesondere für noch nicht erkannte Pollenarten und für das Erkennen von falsch bestimmten Arten. Die Hirstmessung dient zusätzlich dem Monitoring von neuen Pollenarten, die das automatische Messsystem ohne vorheriges Training neuer Partikel nicht erkennen kann. Die Weiterführung der langen, klimatologisch wichtigen Datenreihen ist gesichert. Mit dieser langfristigen Parallelmessung bestehen zudem sehr gute Chancen, dass die langen Datenreihen an die neue automatische Messung angepasst und homogenisiert werden können. Die in Zukunft entwickelten Transfermodelle können möglicherweise auch für andere Pollenmessstationen verwendet werden.

4.1.2 NBCN-Pollen: restliche Stationen

Das Vorhandensein von nur einer Messstation in einer Region ist nicht genügend aussagekräftig, denn es kann nicht gezeigt werden, ob die Hauptstation der Region repräsentativ für ihre Region ist oder ob sie durch lokale Faktoren beeinflusst wird. Deshalb ist das zweite Kriterium einer zusätzlichen, redundanten Messstation in den grösseren Clustern zentral für robuste klimatologische Aussagen. Damit können Veränderung der Hauptstationen der Cluster gestützt oder mögliche lokale Einflüsse der Station entdeckt werden. Sie erklären zudem zusätzliche Variabilität bei Veränderungen der Intensität der Pollensaison. Als klimatologisch wichtigste, zweite Stationen in den Clustern der Westschweiz, Zentral- und Ostschweiz und im Tessin werden folgende Stationen bezeichnet: Neuchâtel (seit 1982), Luzern (seit 1989) und Locarno (seit 1989). Eine Homogenisierung dieser Stationen soll sichergestellt werden. Dafür werden 3 Jahre Parallelmessungen Hirst und Poleno geplant, oder so lange bis eine sinnvolle Homogenisierung möglich ist.

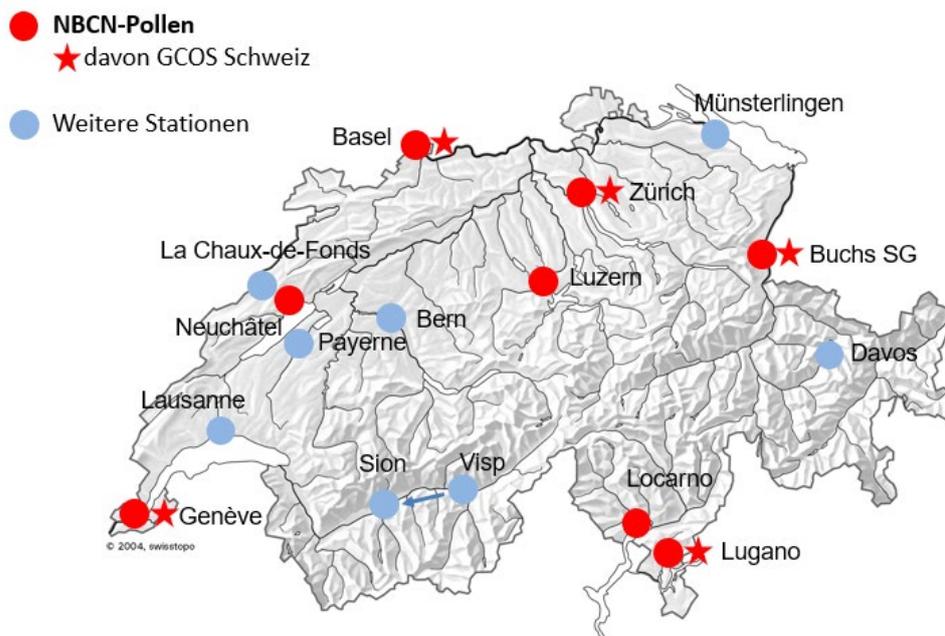


Abbildung 6: Das Schweizer Pollenmessnetz «Swiss Pollen» mit der Auswahl der NBCN-Pollen Stationen. Die Pollenmessstation Visp wurde 2023 nach Sion verschoben.

4 Auswahl der Swiss NBCN-Pollen-Stationen

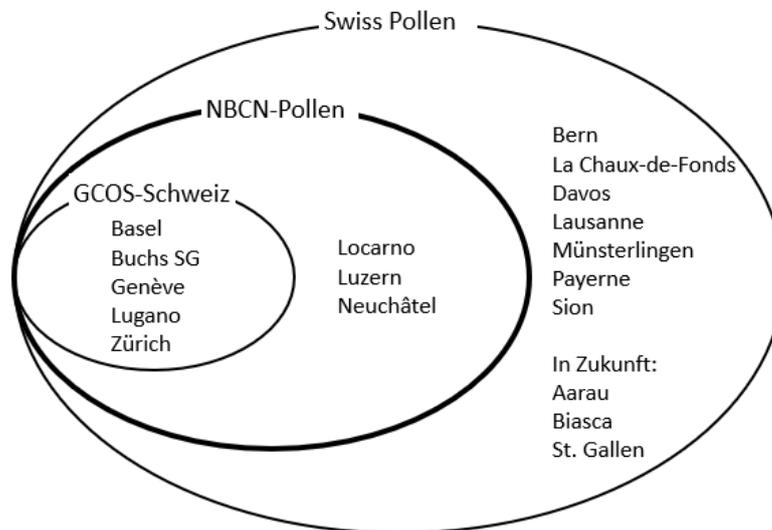


Abbildung 7: Zugehörigkeit der Stationen des Schweizer Pollenmessnetzes Swiss Pollen zu GCOS-Schweiz und NBCN-Pollen.

4.2 Weitere Stationen des Pollenmessnetzes «Swiss Pollen»

Die Pollenmessstationen Bern und Münsterlingen sind als dritte Stationen in den Pollenclustern des Mittellands für die Klimatologie erhaltenswert, da sie zusätzliche räumliche Variabilität des Pollenflugs erklären. Das ist besonders bei der Intensität der Pollensaison der Fall, da beide Stationen für einige Pollenarten eigene Muster der Veränderung zeigen. Die Datenreihen von Münsterlingen (seit 1987) und Bern (seit 1990) umfassen mehr als 30 Jahre mit meist guter Datenqualität. Für die Homogenisierung der Datenreihen soll versucht werden, zuerst ein Transfermodell mit den NBCN-Stationen für den täglichen Verlauf der Pollensaison zu erstellen und basierend darauf die Datenreihen ohne weitere Parallelmessungen zu homogenisieren. Ein erster Versuch mit der Modellierung der Birkenpollen anhand von Nachbarstationen und Wetterdaten wurde in Gehrig (2012) vorgestellt.

Die Station Lausanne korreliert sehr hoch mit Genève und Neuchâtel. Als Station mit der kürzesten Datenreihe (seit 1997) ist sie im Westschweizer Cluster am wenigsten wichtig für die Klimatologie. Es kann versucht werden, sie über ein Transfermodell mit Nachbarstationen zu homogenisieren.

Davos, La Chaux-de-Fonds und Visp sind Stationen, die aus klimatologischer Sicht verschiedene Einschränkungen haben. Zudem sind es Stationen in Einzelclustern, für welche die Repräsentativität für ihre Region nicht bekannt ist.

Für die Station Davos sind die täglichen Pollenkonzentrationen tief, so dass eine Homogenisierung schwierig ist und nur mit mehrjähriger Parallelmessung erreichbar scheint. Bei tiefen Konzentrationen ist die Messunsicherheit der manuellen Messung gross. Die Qualität der Daten ist deshalb geringer als an anderen Stationen. Die Station Davos ist zudem nicht repräsentativ für ein grösseres Gebiet in den Alpen, sondern zeigt hauptsächlich den Pollenflug im gut abgeschlossenen Hochtal von

Davos. Die Station ist aber wichtig für die Allergieforschung, die eine lange Tradition in Davos hat und als Zentrum für die Allergietherapie heute und in der Vergangenheit immer eine Rolle spielte. Zudem hat Davos eine besondere Stellung, weil es die höchstgelegene Pollenmessstation Europas mit einer langen Datenreihe ist. Von dieser Bedeutung her gehört Davos zu den wichtigen Messstationen im Schweizer Pollenmessnetz. Bei Verwendung der Daten für wissenschaftliche Studien ist deshalb klar zu kommunizieren, dass die Reihen einen Bruch aufweisen werden und die Konzentrationen mit alter und neuer Messung wahrscheinlich nicht mehr übereinstimmen.

Die Station La Chaux-de-Fonds weist je nach Wetterlage einen wechselnden Anteil an Fernflugpollen auf. Veränderungen des Pollenflugs und der Einfluss des Klimawandels sind schwierig zu interpretieren. La Chaux-de-Fonds liegt in einer eigenen Pollenregion und kann deshalb kaum mit Nachbarstationen homogenisiert werden. Für das Studium des Fernfluganteils ist La Chaux-de-Fonds jedoch hervorragend geeignet. Als Beispiel sind grössere Transportereignisse von Ambrosiapollen aus Frankreich zu nennen, die in La Chaux-de-Fonds besonders gut sichtbar sind. Zudem ist sie eine von nur zwei hochgelegenen Pollenmessstationen in der Schweiz.

Die Station Visp wird ab Ende 2023 aufgegeben. Die neue automatische Pollenmessstation steht seit Januar 2023 in Sion, wo mehr Leute von der Pollenmessung profitieren werden. In Sion wurden keine Parallelmessungen durchgeführt. Die Station Visp ist aufgrund ihrer Lage kaum repräsentativ für das Wallis. Die Station ist seit 1990 in Betrieb, aber hatte in früheren Jahren häufig Datenausfälle. Mit der Aufgabe der Station Visp verlieren wir Aussagen zum Beifusspollenflug im Wallis, da Poleno diese Pollen noch nicht erkennt. Das Wallis ist der einzige Ort in der Schweiz, wo Beifusspollen über längere Zeit hohe Belastungen erreichen und Allergien auslösen können.

4 Auswahl der Swiss NBCN-Pollen-Stationen

Tabelle 1: Liste der Pollenmessstationen und Aufteilung in NBCN-Pollen und weitere Stationen.

Station	GCOS Schweiz Station	Messbeginn / Anzahl Jahre	Pollen- region	Stationsver- schiebung	Daten- qualität	Poleno	Parallelmessung Hirst	Bemerkung
NBCN-Pollen								
Basel	ja	1969 / 55	NW-CH	1977 (ohne Einfluss)	gut		Langfristiger Weiterbetrieb	Längste Messreihe der Schweiz, weitest von Bedeutung,
Genève	ja	1979-1984, 1989 / 41	W-CH	1991 (oder 1994) vom Dach auf die Terrasse	gut	Standort- wechsel	Langfristiger Weiterbetrieb	Lange Messreihe, Warnstation ganzjährig, nah an Fernflugquellen aus W, Überwachung Ambrosia. Hauptstation im Cluster W-CH.
Lugano	ja	1985-1988, 1991 / 33 (37)	TI	1994	Bis 2012 nur 1 Linie gezählt, Phasen mit häufigen Daten- ausfällen		Langfristiger Weiterbetrieb	Hauptstation im Tessin, obwohl z.T. häufige Datenausfälle in der Vergangenheit, nah an Fernflugquellen aus Norditalien, Überwachung Ambrosia, alte Daten 1985-1988 passen nicht zum neuen Standort.
Zürich	ja	1981 / 43	Z+E-CH	1993, 2023 vom Dach auf den Turm	gut		Langfristiger Weiterbetrieb	Hauptstation im Cluster Z+E-CH, sehr lange Messreihe, Nachtteil Lage am Hang, lokale Beeinflussung durch Bäume im Quartier.
Buchs SG	ja	1984 / 40	St. Galler Rheintal, Alpenord- hang	keine	gut, Messbeginn erst im Februar bis 1999		Langfristiger Weiterbetrieb	Lange Messreihe, immer am selben Standort, eigenes Cluster. Eine der wenigen ländlichen Stationen.

Tabelle 1 Fortsetzung: Liste der Pollenmessstationen und Aufteilung in NBCN-Pollen und weitere Stationen.

Station	GCOS Schweiz Station	Messbeginn / Anzahl Jahre	Pollenregion	Stationsverschiebung	Datenqualität	Poleno	Parallelmessung Hirst	Bemerkung
NBCN-Pollen								
Locarno	nein	1989 / 35	TI	keine	Bis 2012 nur 1 Linie gezählt, Modifikation der Ansaugpumpe: ab wann und mit welchem Einfluss?		3 Jahre oder mindestens bis eine sinnvolle Homogenisierung möglich ist	Zweite Station im Tessin, Nachteile Lage am Hang
Luzern	nein	1989 / 35	Z+E-CH	1992 oder 1993	Messbeginn erst im Februar bis 2000	Standortwechsel	3 Jahre oder mindestens bis eine sinnvolle Homogenisierung möglich ist	Zweite Station im Cluster Z+E-CH, gewisse alpennahe Einflüsse vorhanden (ähnlich Buchs SG), welche die anderen Stationen des Clusters nicht zeigen, trägt bei zur Erklärung der Variabilität des SPIn, teilweise andere Trends der Intensität.
Neuchâtel	nein	1982 / 42	W-CH	Keine	gut	Standortwechsel	3 Jahre oder mindestens bis eine sinnvolle Homogenisierung möglich ist	Zweite Station im Cluster W-CH, Lange Messreihe, immer am selben Standort. Nicht klar, ob die tiefen Konzentrationen gewisser Arten repräsentativ für eine grössere Region sind.

4 Auswahl der Swiss NBCN-Pollen-Stationen

Tabelle 1 Fortsetzung: Liste der Pollenmessstationen und Aufteilung in NBCN-Pollen und weitere Stationen.

Station	GCOS Schweiz Station	Messbeginn / Anzahl Jahre	Pollen- region	Stationsver- schiebung	Daten- qualität	Poleno	Parallelmessung Hirst	Bemerkung
Weitere Stationen								
Bern	nein	1990 / 34	Z+E-CH, W- CH	1995, 1999, 2000	Messbeginn erst im Februar bis 2003	Standort- wechsel	1 Jahr Parallel- messung bis 2023, Homogenisierung mit NBCN Vergleich versuchen	Liegt zwischen den Mittellandclustern, trägt bei zur Erklärung der Variabilität des SPIn, teilweise andere Trends der Intensität
Münsterlingen	nein	1987 / 37	Z+E-CH	1993, 2014?	Messbeginn erst im Februar bis 2000	Standort- wechsel	1 Jahr Parallel- messung bis 2023, Homogenisierung mit NBCN Vergleich versuchen	Redundante Station im Cluster Z+E-CH, sehr ähnlich Zürich, ländliche Station, trägt bei zur Erklärung der Variabilität des SPIn, teilweise andere Trends der Intensität.
Lausanne	nein	1997 / 27	W-CH	keine	Messbeginn erst im Februar bis 2003	Standort- wechsel	2 Jahre Parallel- messung bis 2023 Homogenisierung mit NBCN Vergleich versuchen	Kürzeste Messreihe, hohe Korrelation mit Genève und Neuchâtel, aber wegen Standortwechsel aller drei Stationen vermutlich schwierig ein Transfermodell zu finden. Wichtigkeit für Klimatologie deshalb an letzter Stelle im W-CH Cluster.
Davos	nein	1983 / 41	Nicht repräsentativ für Alpen	Keine?	Später Messbeginn im März, früher häufig erst Mitte März oder April	Standort- wechsel	1 Jahr Parallel- messung bis 2023	Einzigste Station in den Alpen, lange Messreihe, nicht repräsentativ für grösseres Gebiet, aber wichtig für Allergieforschung. Konzentrationen evtl. zu tief für eine Homogenisierung – für Homogenisierung wäre mehr- jährige Parallelmessung nötig. Kommunikation mit der Wissenschaft beachten wegen Bruch in der Datenreihe.

Tabelle 1 Fortsetzung: Liste der Pollenmessstationen und Aufteilung in NBCN-Pollen und weitere Stationen.

Station	GCOS Schweiz Station	Messbeginn / Anzahl Jahre	Pollen-region	Stationsverschiebung	Datenqualität	Poleno	Parallelmessung Hirst	Bemerkung
La Chaux-de-Fonds	nein	1986 / 38	Jurahöhen	keine	Bis 1990 viele Datenausfälle, Messbeginn immer erst im Februar		2 Jahre Parallelmessung bis 2023	Repräsentativität für den Jura ungewiss, stark durch Fernflug beeinflusst, klimatologisch schwierig zu interpretieren. Interessant für Studium des Fernflug-Anteils und von Fernflugereignissen.
Visp	nein	1990 / 34	VS, aber kaum repräsentativ	1997	In den ersten Jahren viele Datenausfälle	Aufgabe der Station ab 2024, Poleno in Sion ab 2023		Einzigste Station im Wallis, aber nicht zentral gelegen, Lage im engen Tal mit Einfluss der Seitentäler, vermutlich nicht repräsentativ für das Wallis, deshalb Verlegung nach Sion. Verlust der Information über Beifusspollen solange Poleno sie nicht erkennt
Payerne	nein	1991-1993, 2002, ab 2018					Weiterbetrieb	Referenzstation für automatische Messungen und Vergleichstests, keine lange Datenreihe

5 Schlussfolgerung

5.1 Klimaaussagen für tiefe Lagen der Alpennordseite und des Tessins durch NBCN-Pollen

Das NBCN-Pollen umfasst acht Messstationen in den tiefen Lagen der Alpennordseite und des Tessins. Es handelt sich dabei um acht Stationen, die über die ganze Schweiz verteilt sind, wobei fünf Stationen auch GCOS-Schweiz-Stationen sind. Diese stellen die Basis dar, damit auch in Zukunft verlässliche Aussagen zu Änderungen des Pollenflugs für diese Regionen gemacht werden können. Dafür soll sichergestellt werden, dass die Stationen langfristig erhalten bleiben und die Homogenität der Messreihen sichergestellt werden kann. Bei den fünf GCOS-Stationen ist eine möglichst unbeschränkte Parallelmessung mit Hirst geplant, die neben dem Weiterführen der klimatologischen Reihe auch der Qualitätssicherung der Pollenmessung dient. Bei den drei weiteren Stationen werden 3 Jahre Parallelmessungen geplant, oder bis eine sinnvolle Homogenisierung möglich ist.

Zweite Stationen in Pollenregionen wurden gewählt, weil nur mit einer Pollenmessstation pro Region nicht überprüft werden kann, ob die Station repräsentativ für die Region ist oder über die Zeit repräsentativ bleibt. Lokale Änderungen des Pollenflugs an einer Pollenfalle können nicht als solche erkannt werden. Zudem weisen die Pollenfallen einer Region unterschiedliche Intensitäten und teilweise auch unterschiedliche Trends auf. Begert (2008) beschreibt die Wichtigkeit von redundant vorhandenen Messstationen: „Die redundant vorhandenen Stationen bringen aber Vorteile z.B. bei der Homogenisierung der Datenreihen, der Charakterisierung des mittleren Klimas und auch der Erfassung von allfällig unterschiedlichen zukünftigen Entwicklungen innerhalb einer Region“.

Die NBCN-Pollen-Stationen erlauben das Erstellen von gut gestützten Klimaanalysen über die Veränderungen im zeitlichen Ablauf der Pollensaison. Um die ganze Variabilität der Intensität des Pollenflugs aufzuzeigen (Kriterium 5), wären jedoch mehr Stationen als die acht NBCN-Pollen-Stationen notwendig. Im Mittelland liefern Bern, Münsterlingen und Lausanne zusätzliche Informationen zu Veränderungen der Intensität. Deshalb wird versucht, diese Stationen ohne zusätzliche Parallelmessungen im Vergleich mit den gut korrelierenden NBCN-Pollen-Stationen zu homogenisieren.

Die Beschränkung der NBCN-Pollen-Stationen auf die tiefen Lagen der Alpennordseite und des Tessins erfolgte aufgrund einer Priorisierung basierend auf der Qualität und Repräsentativität der Stationen, der Aussagekraft für klimabedingte Veränderungen und auf begrenzten Ressourcen für die Weiterführung der Parallelmessungen. Die räumliche Repräsentativität der Pollenmessstationen ist nur in den ausgewählten Regionen bekannt, da sie nur in Pollenregionen mit mehreren Stationen abgeschätzt werden kann. Gleichzeitig sind es die am dichtesten besiedelten Regionen der Schweiz, für die die Nachfrage nach Polleninformationen besonders hoch ist.

5.2 Konsequenzen für die weiteren Stationen

Für diese Stationen ist eine Homogenisierung der Datenreihen nicht erforderlich, kann aber gemacht werden, falls die Möglichkeit dazu besteht. Das trifft für Bern, Münsterlingen und Lausanne zu, für die eine Homogenisierung im Vergleich mit den gut korrelierenden, benachbarten NBCN-Pollenstationen versucht wird. Diese Stationen können zusätzliche Variabilität der Intensität des Pollenflugs im Mittelland erklären und dienen als weitere redundante Stationen zu den NBCN-Pollen Stationen.

Für die Stationen Davos und La Chaux-de-Fonds ist momentan keine Homogenisierung der Datenreihen beim Übergang von der manuellen zur automatischen Messung möglich. Im Wallis wurde mit dem Standortwechsel von Visp nach Sion im Jahr 2023 eine neue Datenreihe begonnen, die nicht mit der langen Datenreihe von Visp verbunden werden kann. Für diese Stationen fällt mit der Automatisierung der Pollenmessungen ein Vergleich der aktuellen Pollensaison mit der Klimatologie und ihre langfristige Einordnung weg. Dies ist vor allem bei Medienauskünften und Informationen für die Bevölkerung zu beachten, für die eine Einordnung der Stärke der Pollensaison im Vergleich mit der Vergangenheit und dem Auftreten der Symptome sehr wichtig ist. Verschiedene klimatologische Pollenprodukte können ab 2023 nicht mehr aufdatiert werden, z.B. die lokalen Pollenkalender. Analysen zur erwarteten Zunahme des Pollenflugs in den Alpen werden für die Zeitperioden der manuellen (bis 2022) und der automatischen Messung (ab 2023) getrennt gemacht werden müssen.

Die Möglichkeit einer Homogenisierung von La Chaux-de-Fonds und Davos ist abzuklären, sobald die beiden Messgeräte Poleno und Hirst kalibriert sind und sich möglicherweise eine Transferfunktion aus der Messcharakteristik beider Geräte ableiten lässt. Die Kalibrierung der Poleno-Messgeräte durch das METAS (Eidgenössisches Institut für Metrologie) wird für das Jahr 2025 erwartet, eine Kalibrierung der Hirst-Messgeräte wurde nie exakt gemacht und ist erst in Planung.

Literaturverzeichnis

Begert, M., Seiz, G., Foppa, N., Schlegel, T., Appenzeller, C., Müller, G., 2007. Die Überführung der klimatologischen Referenzstationen der Schweiz in das Swiss National Basic Climatological Network (Swiss NBCN), Arbeitsberichte der MeteoSchweiz, 215, 43 p.

Begert, M., 2008. Die Repräsentativität der Stationen im Swiss National Basic Climatological Network (Swiss NBCN). Arbeitsberichte der MeteoSchweiz, 217, 40pp.

Buters, J., Clot B., Galán, C., Gehrig, R., Gilge, S., et al., 2022. Automatic detection of airborne pollen: an overview. *Aerobiologia*. <https://doi.org/10.1007/s10453-022-09750-x>

D'Amato, G., Chong-Neto, H. J., Monge Ortega, O. P., Vitale, C., Ansotegui, I., et al., 2020. The effects of climate change on respiratory allergy and asthma induced by pollen and mold allergens. *Allergy*, 75(9), 2219-2228.

Damialis, A., Traidl-Hoffmann, C., Treudler, R., 2019. Climate change and pollen allergies. In: Marselle, M.R., Stadler, J., Korn, H., Irvine K.N., Bonn, A. (Eds.), *Biodiversity and health in the face of climate change*, Springer Nature Switzerland AG, 47-66.

Galán, C., Smith, M., Thibaudon, M., Frenguelli, G., Oteros, J. et al., 2014. Pollen monitoring: minimum requirements and reproducibility of analysis. *Aerobiologia* 30, 385-395. <https://doi.org/10.1007/s10453-014-9335-5>.

Gehrig, R., 2012. Die Repräsentativität der Pollenmessstationen des Schweizer Pollenmessnetzes, Arbeitsberichte der MeteoSchweiz, 237, 76 pp.

Gehrig, R., 2019. Representativeness of pollen traps: a review of the national pollen network of Switzerland. *Aerobiologia* 35, 577–581. <https://doi.org/10.1007/s10453-019-09593-z>

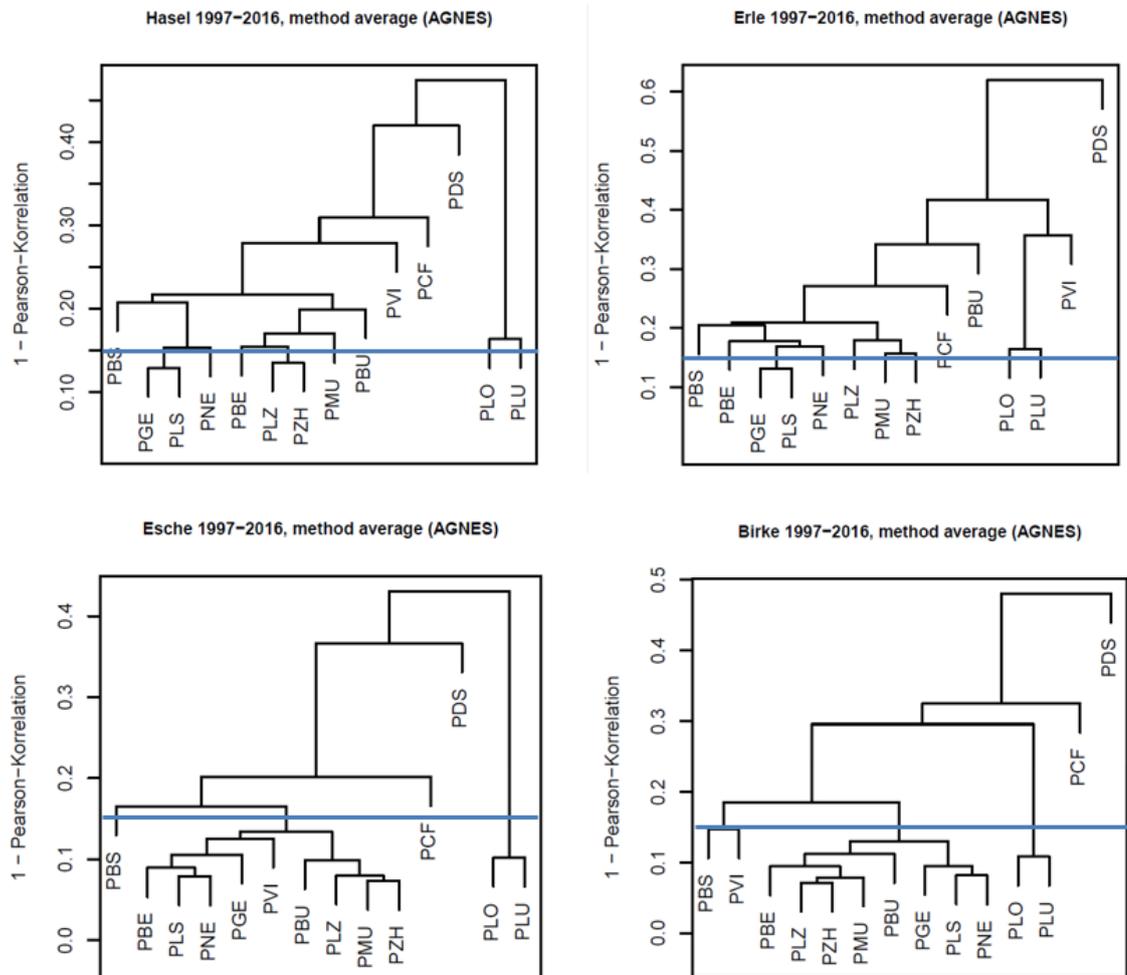
Gehrig, R., & Clot, B., 2021. 50 years of pollen monitoring in Basel (Switzerland) demonstrate the influence of climate change on airborne pollen. *Frontiers in Allergy*, 2, 677159. <https://doi.org/10.3389/falgy.2021.677159>

Glick, S., Gehrig, R., & Eeftens, M., 2021. Multi-decade changes in pollen season onset, duration, and intensity: A concern for public health? *Science of the Total Environment*, 781, 146382. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2021.146382>

- Matyasovszky, I., Makra, L., Tusnady, G., Csepe, Z., Nyul, L. G., et al., 2018.** Biogeographical drivers of ragweed pollen concentrations in Europe. *Theoretical and applied climatology*, 133, 277-295.
-
- MeteoSwiss, 2018.** National Climate Observing System (GCOS Switzerland). Update 2018.
-
- Oteros, J., Sofiev, M., Smith, M., Clot, B., Damialis, A., et al., 2019.** Building an automatic pollen monitoring network (ePIN) selection of optimal sites by clustering pollen stations. *Sci. Total Environ.* 688, 1263–1274. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2019.06.131>.
-
- Scherrer, S., 2010.** Die Niederschlagstotalisatoren der Schweiz – Eine basisklimatologische Netzanalyse und Bestimmung besonders wertvoller Stationen, Arbeitsberichte der MeteoSchweiz, 231, 35 pp.
-
- Schuepp, M. & Gensler, G., 1980.** Klimaregionen der Schweiz. In: Muller G. (ed.), Die Beobachtungsnetze Schweizerischen Meteorologischen Anstalt. Konzept 1980. Arbeitsbericht der Schweizerischen Meteorologischen Zentralanstalt, 93. Anhang Ib. Schweizerischen Meteorologischen Anstalt, Zurich.
-
- Seiz, G. & Foppa N., 2007.** Nationales Klima-Beobachtungssystem (GCOS Schweiz). Publikation von MeteoSchweiz und ProClim, 92 S.
-
- Sikoparija, B., Skjoth, C. A., Celenk, S., Testoni, C., Abramidze, et al., 2017.** Spatial and temporal variations in airborne Ambrosia pollen in Europe. *Aerobiologia*, 33, 181-189.
-
- Smith, M., Jager, S., Berger, U., Šikoparija, B., Hallsdottir, M., et al., 2014.** Geographic and temporal variations in pollen exposure across Europe. *Allergy*, 69(7), 913-923.
-
- Wohlgemuth, T., 1996.** Ein floristischer Ansatz zur biogeographischen Gliederung der Schweiz. *Bot. Helv.* 106: 227-260.
-
- WSL Swiss Web Flora,** Floristische Muster: <https://www.wsl.ch/land/products/webflora/wcmini-de.html>. Abgerufen am 4.1.2024.
-
- Wuthrich, C., Scherrer, S., Begert, M., Croci-Maspoli, M., Marty, C., et al., 2010.** Die langen Schneemessreihen der Schweiz – Eine basisklimatologische Netzanalyse und Bestimmung besonders wertvoller Stationen mit Messbeginn vor 1961, Arbeitsberichte der MeteoSchweiz, 233, 33 pp.
-
- Ziello, C., Sparks, T. H., Estrella, N., Belmonte, J., Bergmann, K. C., et al., 2012.** Changes to airborne pollen counts across Europe. *PloS one*, 7(4), e34076.
-
- Ziska, L. H., Makra, L., Harry, S. K., Bruffaerts, N., Hendrickx, M., et al., 2019.** Temperature-related changes in airborne allergenic pollen abundance and seasonality across the northern hemisphere: a retrospective data analysis. *The Lancet Planetary Health*, 3(3), e124-e131.
-

Anhang

A **Anhang 1: Pollenregionen pro Pollenart für den Verlauf der Pollensaison**
(Korrelation der täglichen Pollenkonzentrationen 1997-2016)



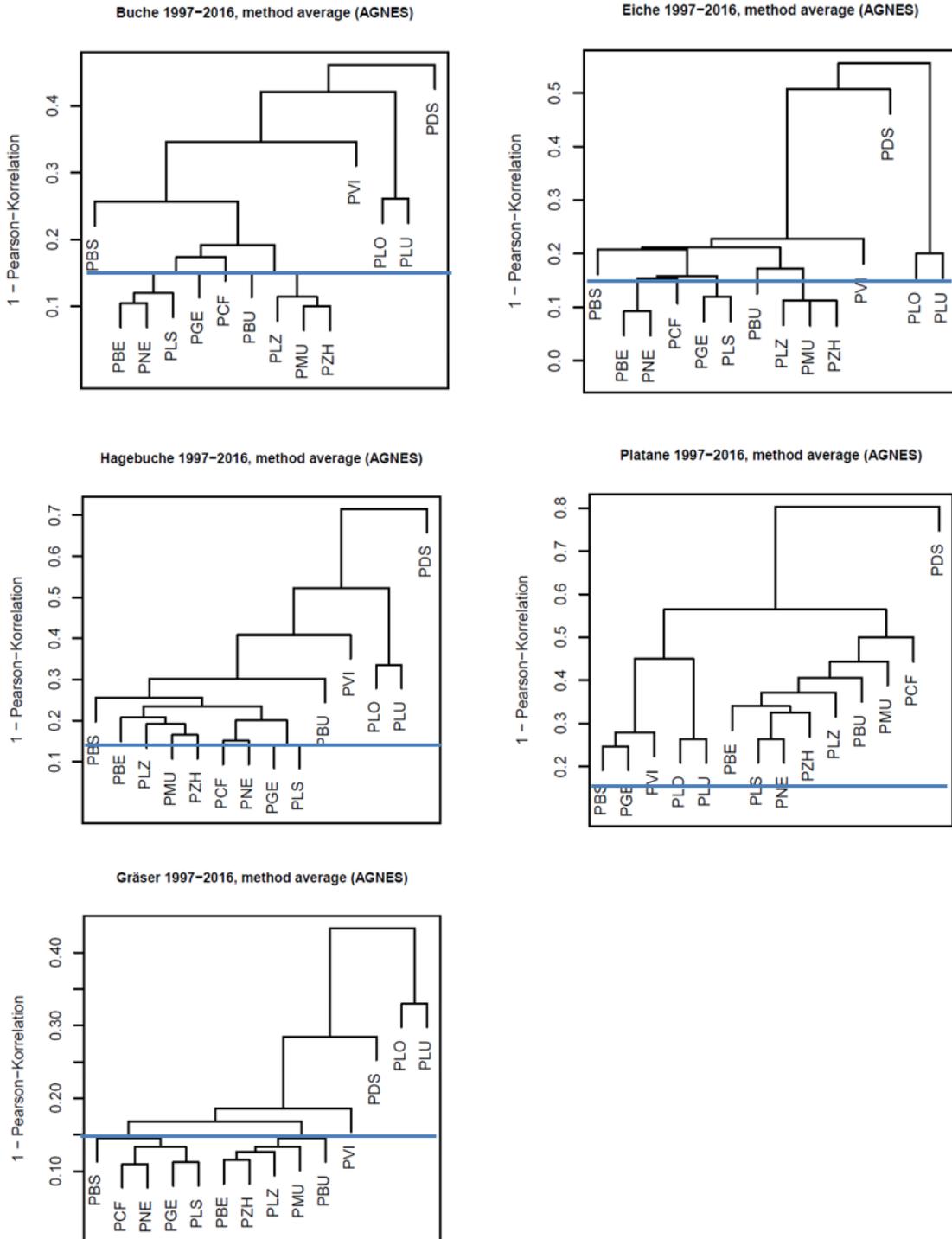


Abbildung Anhang 1: Pollenregionen pro Pollenart für den Verlauf der Pollensaison

Abkürzungen der Stationen: PBS Basel, PBE Bern, PBU Buchs SG, PCF La Chaux-de-Fonds, PDS Davos, PGE Genève, PLS Lausanne, PLO Locarno, PLU Lugano, PLZ Luzern, PMU Münsterlingen, PNE Neuchâtel, PVI Visp, PZH Zürich

Die blaue Linie zeigt eine Korrelation von 0.85 (oder die Clusterdiagrammhöhe 0.15), die für die Abgrenzung der Cluster der täglichen Pollenkonzentration als sinnvoll bestimmt wurde.

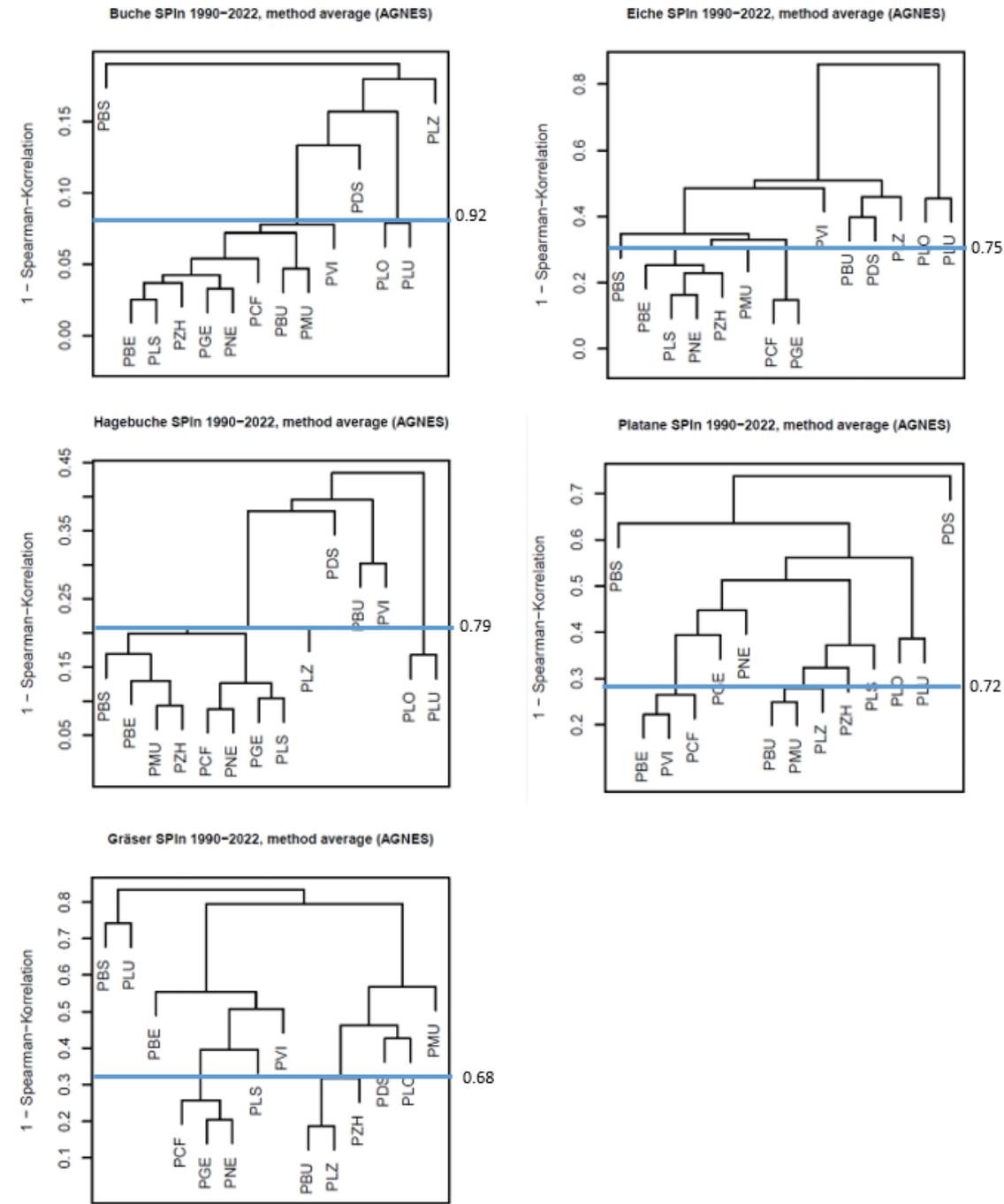


Abbildung Anhang 2: Pollenregionen pro Pollenart für die Intensität der Pollensaison

Abkürzungen der Stationen: PBS Basel, PBE Bern, PBU Buchs SG, PCF La Chaux-de-Fonds, PDS Davos, PGE Genève, PLS Lausanne, PLO Locarno, PLU Lugano, PLZ Luzern, PMU Münsterlingen, PNE Neuchâtel, PVI Visp, PZH Zürich

Die blauen Linien zeigen die Korrelationen, die als sinnvollste Aufteilung der Cluster bestimmt wurden. Die tiefste clusterinterne Korrelation sollte wenn möglich grösser als 0.7 sein, um noch genügend hohe Ähnlichkeit anzugeben.

Anhang

MeteoSchweiz
Operation Center 1
CH-8044 Zürich-Flughafen
T +41 58 460 99 99
www.meteoschweiz.ch

MeteoSvizzera
Via ai Monti 146
CH-6605 Locarno Monti
T +41 58 460 97 77
www.meteosvizzera.ch

MétéoSuisse
7bis, av. de la Paix
CH-1211 Genève 2
T +41 58 460 98 88
www.meteosuisse.ch

MétéoSuisse
Chemin de l'Aéroglogie
CH-1530 Payerne
T +41 58 460 94 44
www.meteosuisse.ch

