



Kathrin Peter, PhD

Evaluationen
Spitalgasse 14
CH-3011 Bern

Fon 031 372 20 25
Fax 031 372 00 24

Info@evaluationen.ch
www.evaluationen.ch

MWSt.Nr. 509 369
PC Konto 30-213839-3

Flechtenuntersuchungen im Kanton Solothurn 2007

Indikation der Luftbelastung und Erfolgskontrolle Ammoniak

Auftraggeber: Amt für Umwelt, Kanton Solothurn

15. Mai 2008

Kathrin Peter, Andrea Troxler >Evaluationen
zusammen mit Martin Urech, puls Bern und Meteotest AG

Zusammenfassung

Flechten als Bioindikatoren der Luftverschmutzung

Flechten bestehen einerseits aus feinen Pilzfäden und andererseits aus Algen. Die Lebensgemeinschaft wird Symbiose genannt und ist sehr labil. Flechten haften oberflächlich auf Rinden oder anderen Untergründen und ernähren sich aus der Atmosphäre. Aufgrund ihrer Abhängigkeit von der Luft eignen sich Flechten als Bioindikatoren der Luftverschmutzung. Wo viele verschiedene Flechtenarten zu beobachten sind, ist die Luftqualität besser als an Orten ohne oder mit wenig Flechten.

Für das Schweizer Mittelland gibt es eine speziell entwickelte Flechtenmethode zur Erfassung der Luftverschmutzung. Sie wurde mit technischen Messdaten geeicht und heisst deshalb ‚Kalibrierte Flechtenindikationsmethode‘. Sie basiert auf der Auszählung der Vielfalt und Häufigkeit der Flechten auf ausgewählten, freistehenden Laubbäumen. Der Flechtenindex (IAP18, Index of Atmospheric Purity) ist ein Mass für die Luftgüte. Je höher der IAP-Wert, desto besser die Luftqualität. Mit den IAP-Werten wird die Luftgütekarte konstruiert. Diese zeigt in fünf Luftgütezonen die Auswirkungen der Luftbelastung auf die Flechten. Die Differenzkarte dient der Erfolgskontrolle und zeigt die Veränderungen zwischen zwei Zeitpunkten. Ausgewiesen werden Gebiete mit Verbesserungen, keinen Veränderungen und Verschlechterungen bei der Luftqualität seit der letzten Flechtenuntersuchung.

Nährstoffhaltige Immissionen bewirken eine Verschiebung der Flechtenvegetation in Richtung nitrophiler Arten. Aufgrund dieser Beobachtung wurde für die Anzeige von Ammoniak ein spezifisches Flechten-Mass entwickelt – der Flechten-Nitroindex. Dank seiner genauen Anzeige kann er zur Erfolgskontrolle von landwirtschaftlichen Massnahmen zur Reduktion von Ammoniakbelastungen eingesetzt werden.

Luftgüte in Hägendorf

Bereits 1987 wurden in Hägendorf Flechtenuntersuchungen durchgeführt. 1994 wurden die Untersuchungen wiederholt. Die Erfolgskontrolle belegt, dass dank bedeutenden Emissionsreduktionen eine verbesserte Luftqualität erzielt wurde. Die erneute Untersuchung der Flechtenvegetation von 2007 an den Standorten von 1987 und 1994 dient wiederum der Erfolgskontrolle und stellt die Veränderungen dar. Die Luftgütekarte von 2007 zeigt, dass der Dorfteil in der Ebene einer starken Gesamtbelastung ausgesetzt ist, bei der erfahrungsgemäss Grenzwerte von Immissionen überschritten werden, so dass Massnahmen zur Reduktion geprüft werden sollten. Den Jurahang hoch verbessert sich die Luftqualität mit zunehmender Höhe von mittlerer bis zu einer sehr geringer Belastung.

Die Differenzkarte zeigt die Entwicklung der Luftbelastung von 1994 bis 2007. Die starke Gesamtbelastung im Dorf in der Ebene hat sich nicht verändert. Ebenfalls keine Änderungen zeigen sich an den beiden höher gelegenen Standorten. Merkbar verschlechtert hat sich hingegen die Luft in den mittleren Lagen. Dies deutet auf eine veränderte Emissionssituation hin, wahrscheinlich durch die Ausdehnung der besiedelten Fläche und mit den damit verbundenen grösseren Emissionen aufgrund höherem Verkehrsaufkommen und einer Zunahme von Hausfeuerungen. Der Vergleich mit Flechtenuntersuchungen aus anderen Kantonen zeigt, dass die Belastung in der Talebene von Hägendorf derjenigen einer schweizerischen Kleinstadt entspricht.

Luftgüte in Egerkingen – Härkingen

Die Luftgütekarte zeigt, dass das Gebiet beim Autobahnkreuz stark belastet ist. Mit zunehmender Distanz zur Autobahn verbessert sich die Luft rasch. In den Dorfkernen bleibt die Luft mittel belastet. In un bebauten und landwirtschaftlich genutzten Gebieten ist die Luftbelastung gering. Der Vergleich mit Flechtenuntersuchungen aus anderen Kantonen zeigt, dass die Belastung am Autobahnkreuz in Härkingen derjenigen einer schweizerischen Kleinstadt entspricht. Massnahmen zur Verbesserung der Situation sind auf den Verkehr zu beziehen.

Luftgüte in Hessigkofen

Die Luftgütekarte zeigt, dass weite Gebiete auf dem Bucheggberg trotz lockerer Besiedlung nur über mittlere Luftqualität verfügen. Aus der Situation von Hessigkofen kann geschlossen werden, dass der ganze Bucheggberg in etwa ähnlich belastet ist.

Ammoniakbelastung in Hägendorf

In den höheren Lagen in Hägendorf ist die Immissionssituation nicht durch Ammoniak geprägt. Der Dorfstandort in der Ebene hingegen zeigt einen sehr hohen Nitroindex-Wert, der mit nachweislich stark von landwirtschaftlichen Ammoniakemissionen geprägten Regionen vergleichbar ist. Die Veränderung der Situation im Dorf in der Talebene seit 1994 ist eindrücklich. Der Nitroindex ist um ein Mehrfaches angestiegen. Die Veränderungen in Hägendorf lassen sich interpretieren als Folge der Zunahme eutrophierender Schadstoffe (Haupterklärung) einhergehend mit Verminderungen von Schadstoffkonzentrationen von SO₂, PM10 und NO₂.

Ammoniakbelastung in Egerkingen-Härkingen

Der Flechten-Nitroindex in der Nähe der Autobahn und in den Dörfern weist hohe Werte auf, deren Ursache nicht allein bei der Landwirtschaft liegen dürfte.

Ammoniakbelastung in Hessigkofen

Für Hessigkofen und Mühledorf sowie den Bockstein ergeben die Flechtenuntersuchungen hohe Nitroindex-Werte und zeigen damit örtlich hohe Ammoniakbelastungen an. Aetigkofen und Gächliwil sind insgesamt weniger stark belastet. In Gebieten mit intensiver Landwirtschaft insbesondere mit hoher Viehdichte sind meist hohe Ammoniakbelastungen zu finden. Die Flechtenuntersuchungen mit dem Nitroindex sind als Ausgangslage für eine Erfolgskontrolle von Ammoniak reduzierenden Massnahmen angelegt.

Inhaltsverzeichnis

1	Flechten als Indikatoren von Luftbelastungen	6
1.1	Lebewesen Flechte	6
1.2	Standardisierte Flechtenindikationsmethode-IAP18	6
1.3	Luftgüte- und Differenzkarten	8
1.4	Flechten-Nitroindex	9
2	Auftrag und Ziele	11
2.1	Frühere Flechtenuntersuchungen im Kanton Solothurn	11
2.2	Flechtenuntersuchungen 2007.....	11
3	Vorgehen	13
3.1	Wiederholungsuntersuchung in Hägendorf	13
3.2	Flechtenuntersuchungen in Egerkingen-Härkingen	13
3.3	Flechtenuntersuchungen in Hessigkofen	13
4	Luftqualität	14
4.1	Zustand der Luft in Hägendorf.....	14
4.1.1	Luftgüte 2007	14
4.1.2	Veränderung der Luftqualität seit 1987	16
4.2	Zustand der Luft in Egerkingen-Härkingen	21
4.3	Zustand der Luft in Hessigkofen	21
4.4	Innerkantonaler Vergleich.....	23
4.5	Vergleich mit ausserkantonalen Untersuchungen	24
5	Eutrophierung	25
5.1	Ammoniakbelastung in Hägendorf	25
5.1.1	Situation 2007	25
5.1.2	Veränderung der Eutrophierung seit 1994	25
5.2	Ammoniakbelastung in Egerkingen-Härkingen	27
5.3	Ammoniakbelastung in Hessigkofen	29
5.4	Vergleich mit ausserkantonalen Standorten	29
6	Biologische Daten	31
7	Literatur	33
8	Anhang mit den Flechtendaten	35

1 Flechten als Indikatoren von Luftbelastungen

1.1 Lebewesen Flechte

Flechten sind unscheinbare Lebewesen, denen wir im Alltag oft begegnen, ohne sie wirklich wahrzunehmen. Flechten sind Doppellebewesen. Sie bestehen einerseits aus feinen Pilzfäden und andererseits aus Algenkugeln. Diese Lebensgemeinschaft wird Symbiose genannt. Der Pilz umklammert die Alge und bildet ein Stützgewebe, welches für die Flechte formgebend ist. Die Alge baut mit Hilfe von Sonnenenergie aus einfachen Molekülen Zucker auf. Diese Stoffwechselprodukte liefert sie teilweise an den Pilz, der selbst nicht zur Photosynthese fähig ist.

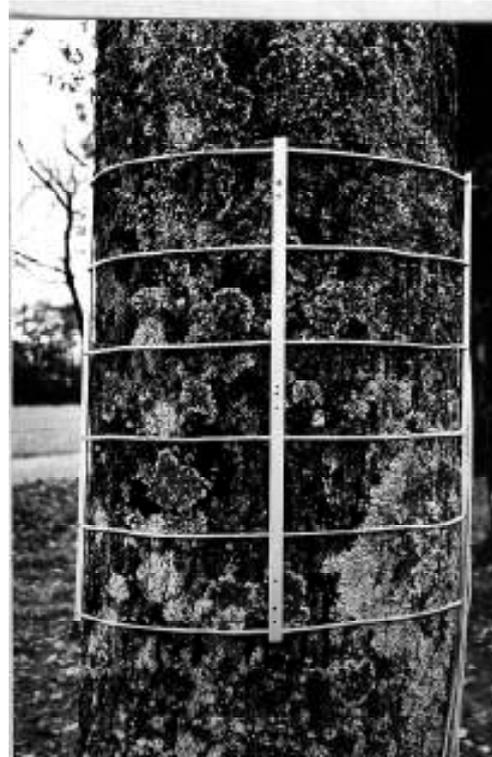
Flechten haben keine Wurzeln, sondern feine Haftfasern, mit denen sie sich an die Unterlage klammern können. Ihre Nährstoffe entnehmen sie aus der Luft, dem Regen, Nebel und Schnee. Schädliche und giftige Stoffe werden von den Flechten somit ebenso aufgenommen und wirken sich direkt auf den Zustand der Flechte aus. Flechten, welche die Rinde von Bäumen besiedeln, schaden den Bäumen nicht. Es handelt sich bei Flechten nicht, wie manchmal fälschlicherweise vermutet wird, um eine Baumkrankheit oder um Schmarotzer. Absterbende Bäume können stark von Flechten bewachsen sein, da sie wegen Blatt- oder Nadelverlust der Trägerbäume bessere Lichtverhältnisse vorfinden. Nie sind jedoch die Flechten der Grund für das Absterben der Bäume. Flechten haften oberflächlich auf der Rinde oder anderen Untergründen und ernähren sich ausschliesslich aus der sie umgebenden Atmosphäre.

Die Symbiose ist ein sehr labiles Gleichgewicht zwischen den beiden Partnern. Kleinste Verschlechterungen der Umweltbedingungen können dieses zu Fall bringen. Die Abhängigkeit von der Luft macht man sich zu Nutze, indem man die Flechten als Bioindikatoren der Luftverschmutzung einsetzt. Je stärker die Luft mit Schadstoffen belastet ist, desto weniger Flechten vermögen die Rinde von Baumstämmen zu besiedeln. Wo viele verschiedene Flechtenarten wachsen, ist die Luftqualität besser als an Orten ohne oder mit wenig Flechten.

1.2 Standardisierte Flechtenindikationsmethode–IAP18

Im Rahmen des Nationalen Forschungsprogramms 14 ‚Lufthaushalt und Luftverschmutzung in der Schweiz‘ wurde am Systematisch- Geobotanischen Institut der Universität Bern eine speziell an die Verhältnisse im Schweizer Mittelland angepasste Flechtenindikationsmethode zur Erfassung der Luftverschmutzung entwickelt (Urech, 1991). Die Methode wurde mit technischen Messdaten geeicht und wird deshalb ‚Kalibrierte Flechtenindikationsmethode‘ genannt. Räumlich ist die Flechtenindikationsmethode im Schweizer Mittelland in waldfreien Gebieten unterhalb etwa 1000 m.ü.M anwendbar. Die Anzeige der Luftbelastung durch die Flechtenvegetation erfolgt mit einer Verzögerungszeit von 1 bis 3 Jahren. Die Flechtenvegetation spiegelt demnach die Belastungssituation der letzten Jahre wider. Die Flechtenergebnisse entsprechen dem Integral der Gesamtluftbelastung, welche auch Spitzenbelastungen beinhaltet. Die Methode basiert auf der einmaligen Auszählung der Vielfalt und Häufigkeit der Flechten auf ausgewählten, freistehenden Laubbäumen. Zur Bestimmung des Flechtenindex (IAP18, Index of Atmospheric Purity) muss

keinerlei Flechtenmaterial entnommen werden, die Flechten werden nicht zerstört. Ideale Trägerbäume stehen frei, ausserdem sind sie möglichst senkrecht gewachsen und sie sollten keine tiefhängenden Äste sowie eine ungestörte Aufnahme­fläche aufweisen. Linden (Winter- und Sommerlinde), Eschen und Spitzahorne werden bevorzugt. In zweiter Linie kommen auch Eichen, Bergahorne und nicht-einheimische Linden als Trägerbäume in Frage. Die Kalibrierte Flechtenmethode erfasst die Flechtenvegetation innerhalb einer standardisierten Aufnahme­fläche am Baum. Diese ist durch das Frequenzgitter begrenzt, das immer auf dieselbe Weise am Baum befestigt wird (Abb. 1).



*Abb. 1:
Trägerbaum mit
Frequenzgitter*

Das Frequenzgitter ist 50 cm hoch, umfasst den halben Stammumfang und wird immer in Richtung des grössten Flechtenbewuchses am Baum befestigt. Die Aufnahme­fläche ist je nach Baumdicke unterschiedlich breit. Die 10 Flächen im Frequenzgitter sind jeweils an einem Baum gleich gross. Die Frequenz bezeichnet die Anzahl Felder im Frequenzgitter, in welchen eine bestimmte Flechtenart oder –artengruppe auftritt. Die Frequenz einer Art kann demnach einen Wert zwischen 0 (d.h. die Art ist nicht vorhanden) und 10 (d.h. die Art ist in allen Feldern vorhanden) annehmen. Der IAP18-Wert eines Trägerbaumes ist die Summe der Frequenzen aller berücksichtigten Flechtenarten. Dieser Flechtenwert charakterisiert die Luftgüte aufgrund der Häufigkeit von 49 verschiedenen Flechtenarten und –artengruppen in der Aufnahme­fläche an den untersuchten Bäumen.

Die Flechtenwerte der einzelnen Bäume werden in Gruppen von meist 5 Bäumen zu einem Mittelwert verrechnet. Diese Baumgruppen stehen in geographisch einheitlichen Räumen, den Georäumen. Es wird davon ausgegangen, dass Flechten innerhalb eines Georaumes einer vergleichbaren Luftbelastung ausgesetzt sind. Die Georäume stellen die >Evaluationen, Dr. Kathrin Peter in Zusammenarbeit mit puls, Dr. Martin Urech und Meteotest 15.05.08

statistisch gesicherten Aussagen zur Luftqualität dar. Mit ihnen werden die Luftgütekarten konstruiert.

1.3 Luftgüte- und Differenzkarten

Die Luftgütekarte ist flächendeckend und zeigt räumlich differenziert die Auswirkungen der Luftbelastung auf die Flechten. Die Karte beinhaltet fünf Zonen unterschiedlicher Beeinträchtigung der Flechten, welche als Zonen der Luftbelastung interpretiert werden (Abb. 2).

Die Luftgütekarte wird in Form einer Isolinienkarte erstellt. Die Isolinien werden konstruiert, indem durch lineare Interpolation die Zonengrenzpunkte auf der Verbindungsgerade zwischen zwei Georäumen ermittelt werden. Punkte gleicher Klassengrenzen werden anschliessend zu Polygonzügen verbunden und daraus eine abgerundete Isolinie gezogen.

Abb. 2:
Zoneneinteilung
der
Luftgütekarte

Flechtenzone	Gesamtluftbelastung	Farbe	IAP18
Flechtenwüste	kritisch	rot	0 bis 18.6
Innere Kampfzone	stark	orange	18.6 bis 31.7
Äussere Kampfzone	mittel	gelb	31.7 bis 44.8
Übergangszone	gering	grün	44.8 bis 57.9
Normalzone	sehr gering	blau	> 57.9

Die Zonengrenzen zwischen den einzelnen Zonen sind als Übergangsbereiche und deshalb nicht auf ihren metergenauen Verlauf hin zu interpretieren. Zudem sind alle am Rande des Untersuchungsgebietes liegenden Zonenverläufe schwierig zu interpretieren, da die fehlende Information im angrenzenden Gebiet eine gut abgestützte Linienführung erschwert. Linien mit unsicherem Verlauf werden daher in den Karten gestrichelt gekennzeichnet.

Die Differenzkarte visualisiert die räumliche Veränderung der Luftbelastung zwischen zwei Zeitpunkten. Für die Erstellung der Differenzkarte werden die aktuellen Luftgütwerte von den älteren Luftgütwerten substrahiert. Verschlechterungen der Luftqualität äussern sich durch negative Differenzen, Verbesserungen durch positive. Die Differenzen werden wiederum in fünf Klassen unterteilt, damit Zonen gleicher Veränderung gebildet werden können. Die IAP-Differenz von 0 entspricht dem Mittelpunkt der Differenzzoneneinteilung. Die Klassenbreite der Differenzkarte entspricht einer halben Klassenbreite der Luftgütekarte und umfasst 6.6 IAP-Punkte. Es ergeben sich folgende Differenzzonen:

Abb. 3:
Zoneneinteilung
bei der
Differenzkarte

IAP-Differenz	Veränderung	Farbe
> 9.8	starke Verbesserung	dunkelblau
9.8 bis 3.3	Verbesserung	hellblau
3.3 bis -3.3	keine wesentliche Veränderung	grau
-3.3 bis -9.8	Verschlechterung	hellrot
< -9.8	starke Verschlechterung	dunkelrot

Die Differenzkarte ist wie die Luftgütekarte eine Isolinienkarte und wird durch lineare Interpolation der Zonengrenzen konstruiert. Gebiete gleicher IAP-Differenzen befinden sich in der gleichen Zone. Verbesserungen der Luftqualität werden als blaue Zonen dargestellt. Verschlechterungen zeigen sich rot. Grau dargestellt sind Gebiete ohne wesentliche Änderung der Luftbelastung.

In Zentren und Städten konnten bei den Erstuntersuchungen Ende der 80er Jahre kaum mehr Flechten gefunden werden. Die Belastung der Luft in den dicht besiedelten und verkehrsreichen Orten war hoch. In abgelegenen und ländlichen Gebieten war die Schadstoffbelastung der Luft klein. An freistehenden Bäumen auf dem Lande war ein reicher Flechtenbewuchs in verschiedensten Formen und Farben zu bestaunen.

Seit diesen Erstuntersuchungen wurde viel für eine bessere Luftqualität unternommen. Jüngere Flechtenuntersuchungen bestätigen die Wirkungen dieser Massnahmen. In ehemals flechtenleeren Gebieten haben sich wieder Flechten angesiedelt.

Doch den Erfolgen in den ehemals belasteten Gebieten stehen bedenkliche Entwicklungen in ehemals kaum belasteten Gebieten gegenüber. Die Flechtenvielfalt geht zurück. Viele empfindliche Arten sind selten und verschwinden sogar. Unempfindliche Flechten breiten sich aus. Die Verschiebungen in der Zusammensetzung des Flechtenspektrums zeigen eine eindeutige Entwicklungstendenz: Es nehmen nitrophile Flechtenarten überhand, welche auf eine gute Nährstoffversorgung hinweisen.

1.4 Flechten-Nitroindex

Der Flechten-Nitroindex dient, dank seiner genauen Anzeige, der Erfolgskontrolle von landwirtschaftlichen Massnahmen zur Reduktion von Ammoniakbelastungen; er zeigt die tatsächlichen Depositionen an. Und er ist eine kostengünstige und einfache Messmethode für das Monitoring der Luftqualität. Messverfahren mit Flechten für Stickstoffbelastungen sind international anerkannt (VDI-Richtlinie 3957, 2004).

Nährstoffhaltige Immissionen bewirken eine Verschiebung der Flechtenvegetation in Richtung nitrophiler Arten. Mit steigender Eutrophierung der Luft nehmen Artenvielfalt und -zahl ab. Basierend auf diesen Beobachtungen wurde für die Anzeige von Ammoniak ein spezifisches Flechten-Mass entwickelt – der Flechten-Nitroindex.

Der Nitro-Index rechnet sich wie folgt: Die Frequenzen der vier anitrophilen Arten (*Evernia prunastri*, *Pseudevernia furfuracea*, *Hypogymnia physodes* und *Parmelia saxatilis*) werden subtrahiert von den Frequenzen der fünf nitrophilen Arten (*Physcia adscendens*,

Phaeophyscia orbicularis, *Physconia grisea*, *Xanthoria parietina* und *Xanthoria fallax*) und zusätzlich dividiert durch den Luftgütwert des Baumes. Es resultieren Nitroindex-Werte von -1 bis +1. Höhere Werte zeigen eine höhere Eutrophierung an.

Seit 2005 wird im Auftrag des BAFU der Zusammenhang zwischen Stickstoffverbindungen aus der Luft und dem Nitro-Index genauestens untersucht (puls et al. 2006 und 2008). Grundlage waren Flechtendaten aus den drei Kantonen Aargau, Zug und Schwyz zu verschiedenen Zeitpunkten und modellierte Schadstoffdaten von 1990 und 2000. Die wichtigsten Resultate der Auswertungen sind:

- Gasförmiges Ammoniak zeigt den weitaus grössten Zusammenhang zum Nitroindex. Es gibt eine hohe Spezifität des Nitroindex für Ammoniakimmission (siehe Abb. 4).

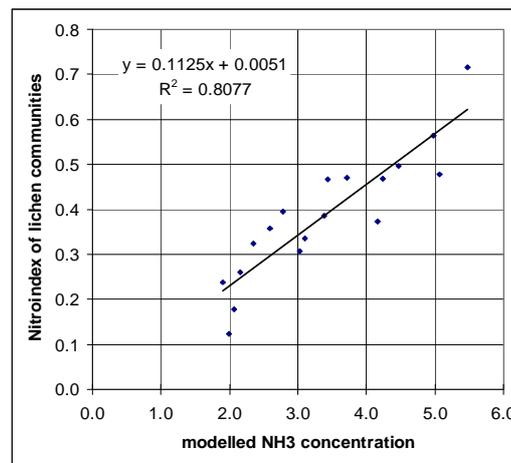


Abb. 4: Zusammenhang zwischen Flechten-Nitroindex und modellierten NH₃-konzentrationen

- Die Beeinflussung des Nitroindex durch andere Schadstoffe ist 2000 wesentlich geringer als 1990. Seit 2000 stagnieren die Immissionen der Hauptkomponenten SO₂, NO₂, Ozon (Ausnahme Hitzesommer 2003) und PM₁₀. Es kann deshalb davon ausgegangen werden, dass sich das Einflusspotenzial dieser Schadstoffe auf den Nitroindex nach 2000 klein bleibt und der Nitroindex nach wie vor primär die Ammoniakimmission abbildet.

Ammoniakemissionen lassen sich nicht direkt messen, sondern werden in der Schweiz mit Hilfe eines Modelles berechnet (Dynamo-Modell). Die modellierten Ammoniakemissionen haben zwischen 1990 und 2002 deutlich abgenommen.

Im Rahmen des Programms EMEP (European Monitoring and Evaluation Program) werden im NABEL (Nationales Beobachtungsnetz Luft) seit April 1993 stickstoffhaltige Gas- und Aerosolkomponenten gemessen. Die Messung umfasst für die reduzierten Komponenten die Summe von gasförmigem Ammoniak (NH₃) und partikelförmigem Ammonium (NH₄₊). Trotz der mit dem Modell Dynamo belegten Emissionsreduktion sind die gemessenen Immissionen gleich hoch geblieben und in der Tendenz sogar leicht steigend.

Wiederholungen von Flechtenerhebungen (Flechten-Nitroindex) in den letzten Jahren weisen ebenfalls auf eine zunehmende statt abnehmende Eutrophierung hin. Sie bestätigen die Tendenz der Immissionsmessungen auf der Wirkungsebene.

2 Auftrag und Ziele

2.1 Frühere Flechtenuntersuchungen im Kanton Solothurn

Bioindikationsuntersuchungen in Hägendorf

1987 wurden in Hägendorf im Rahmen der Raumverträglichkeitsprüfung von Reststoffdeponien durch die ETH Zürich (Schmid W. et al. 1989) an 5 Standorten Flechtenuntersuchungen an insgesamt 35 Bäumen durchgeführt.

1994 wurde an den gleichen Bäumen die Untersuchung erstmals wiederholt (AGB 1995). Die Erfolgskontrolle belegt, dass mit den bedeutenden Emissionsreduktionen im Rahmen der lufthygienischen Sanierung von drei Grosse mittlen in den Jahren 1990 bis 1993 eine verbesserte Luftqualität an den vier ehemals stärker belasteten Standorten einhergeht. Veränderungen im Artenspektrum werden im Bericht zur 1. Erfolgskontroll-Untersuchung nicht dargestellt.

Das Luftreinhaltekonzept des Kantons Solothurn von 1998 sieht vor, Bioindikation mit Flechten zur langfristigen Überwachung der Luftqualität für die Region Hägendorf als Erfolgskontrolle nach 5 bis 10 Jahren zu wiederholen und auch in anderen Regionen einsetzen (AfU 1998).

Der vorliegende Auftrag bezweckt die erneute Untersuchung der Flechtenvegetation in Hägendorf an den Standorten von 1987 und 1994 sowie die Darstellung der Veränderungen.

Biomonitoring mit Flechten in Niedergösgen

Flechten eignen sich aufgrund ihrer Fähigkeit zur Akkumulation von in der Luft angebotenen Stoffen auch sehr gut für das Biomonitoring. Im Stammbereich von ausgewählten Laubbäumen werden Proben von *Parmelia sulcata* (die relativ häufig verbreitete Runzelflechte) gesammelt und im Labor auf Elementgehalte analysiert.

1994 wurde mit dem Bau der Regionalen Entsorgungsanlage Niedergösgen (RENI) begonnen. 1995 nahm die Anlage den Betrieb auf. Als Ergänzung zu technischen Immissionsmessungen wurde ein biologisches Monitoringsystem mit Flechten zur Langzeitüberwachung eingerichtet. Ende 1994 wurden erstmals Biomonitoring-Untersuchungen mit Flechten zur Bestimmung des lufthygienischen Ausgangszustandes vor Inbetriebnahme durchgeführt (Herzig 2001). 2000 wurden die Biomonitoring – Untersuchungen mit Flechten wiederholt. Die Wiederholungsmessungen belegen, dass sich die örtliche Belastung mit Schwermetallen und anderen toxisch wirkenden Stoffen nach Betriebsanfang deutlich verringert hat. Eine erneute Biomonitoring-Untersuchung in Niedergösgen ist nicht Teil dieses Auftrages.

2.2 Flechtenuntersuchungen 2007

Die im Herbst 2007 durchgeführten Untersuchungen bezwecken die Erstellung von Grundlagen für den Luftmassnahmenplan 2008. Flechtenerhebungen wurden in drei Gebieten durchgeführt. Sie umfassten jeweils Luftgüteuntersuchungen mit der kalibrierten Flechtenindikationsmethode – IAP18 und Erhebungen der

Ammoniakbelastung mit dem Flechten-Nitroindex. Dabei standen je nach Untersuchungsgebiet spezifische Zielsetzungen im Vordergrund.

- Hägendorf: Die erneute Wiederholung der Flechtenuntersuchungen dient der Erfolgskontrolle der in den letzten 20 respektive 13 Jahren erfolgten lufthygienischen Massnahmen.
- Egerkingen-Härkingen: Die Flechtenuntersuchungen im Autobahnkreuz dienen der Erhebung der Luftbelastung, welche primär durch den Verkehr verursacht wird. Es ist eine Ersterhebung, welche in ein paar Jahren für die Erfolgskontrolle lufthygienischer Massnahmen herangezogen werden kann.
- Hessigkofen: Die Flechtenuntersuchungen dienen der Erfolgskontrolle von Ammoniak-reduzierenden Massnahmen in der Landwirtschaft. Da noch keine Flechtenuntersuchungen in diesem Gebiet existieren, ist es eine Ersterhebung, welche als Basis für Kontrolluntersuchungen dienen wird.

Der vorliegende Bericht beinhaltet die Zusammenfassung, die Beschreibung der Methoden mit Flechten sowie das Vorgehen und erläutert die Ergebnisse der Untersuchungen. Diese werden thematisch und nach Untersuchungsgebieten geordnet dargestellt.

3 Vorgehen

3.1 Wiederholungsuntersuchung in Hägendorf

- Die Flechtendaten für den IAP18 wurden analog zu denjenigen von 1987 und 1994 an 35 Bäumen erhoben (gleiche Bäume – gleiche Methode) und ausgewertet.
- Die Luftbelastung 2007 wurde räumlich differenziert erfasst und in Form einer aktuellen Luftgütekarte auf der Basis von 5 Georäumen illustriert.
- Die Veränderungen der Immissionssituation seit 1987 respektive 1994 wurden in zwei Differenzkarten dargestellt.
- Die aktuelle Ammoniakbelastung wurde mit dem Flechten-Nitroindex erhoben und die Entwicklung der Eutrophierung rückwirkend interpretiert. Die Ammoniakbelastung wurde mit den anderen Standorten und mit derjenigen von ausserkantonalen Untersuchungsgebieten verglichen.
- Die Entwicklung der Flechtenvielfalt wurde ausgewertet und im Kontext des nationalen Trends interpretiert.

3.2 Flechtenuntersuchungen in Egerkingen-Härkingen

- Die Flechtendaten wurden an 24 Bäumen in einer zusammenhängenden Gebietsfläche mit der Flechtenindikationsmethode IAP 18 erhoben. Um die Belastungssituation als Luftgütekarte darzustellen, wurden die Bäume zu 6 Georäumen zusammengefasst. Die Ergebnisse wurden mit denjenigen von Hägendorf, Hessigkofen und anderen Orten in der Schweiz verglichen. Die Karte dient ebenfalls als Ausgangslage für spätere Erfolgskontrollen
- Ebenfalls wurde der Flechten-Nitroindex berechnet und mit denjenigen von Hägendorf, Hessigkofen und Untersuchungsgebieten in anderen Kantonen verglichen. Der aktuelle Flechten-Nitroindex ist die Ersterhebung für die Erfolgskontrolle von Massnahmen für die Ammoniakreduktion.

3.3 Flechtenuntersuchungen in Hessigkofen

- Die Flechtendaten wurden an 25 Bäumen ebenfalls in einer zusammenhängenden Gebietsfläche mit der Flechtenindikationsmethode IAP 18 erhoben, um die Belastungssituation mit denjenigen von Hägendorf, Egerkingen-Härkingen und Untersuchungen in anderen Kantonen vergleichen zu können. Da die Verteilung der Trägerbäume lückig ist, musste eine grössere Gebietsfläche (mehr als 4 Quadratkilometer) und teilweise auf Bäume zweiter Priorität ausgewichen werden. Die Karte, basierend auf 5 Georäumen, dient als Ausgangslage für spätere Erfolgskontrollen von Luftreinemassnahmen.
- Ebenfalls wurde der Flechten-Nitroindex berechnet und mit anderen Standorten verglichen. Der aktuelle Flechten-Nitroindex dient als Ersterhebung für die Erfolgskontrolle von Massnahmen für die Ammoniakreduktion.

4 Luftqualität

4.1 Zustand der Luft in Hägendorf

4.1.1 Luftgüte 2007

Luftgütekarten unterscheiden fünf Flechtenzonen mit kritischer bis sehr geringer Luftbelastung (vgl. Abb. 5).

Flechtenzone	Gesamt-Luftbelastung
Flechtenwüste IAP18: 0 - 18	 kritisch
Innere Kampfzone IAP18: 19 - 31	 stark
Äussere Kampfzone IAP18: 32 - 44	 mittel
Übergangszzone IAP18: 45 - 57	 gering
Normalzone IAP18: > 58	 sehr gering

Abb. 5: Legende zur Luftgütekarte

Abbildung 6 zeigt die Luftgütekarte von Hägendorf mit dem Zustand von 2007. Ausser der roten Zone mit kritischer Belastung sind alle weiteren in der Karte 2007 vertreten.

Der Dorfteil in der Ebene ist einer starken Gesamtbelastung ausgesetzt. Erfahrungsgemäss sind in dieser Zone der starken Gesamtbelastung Grenzwerte von Immissionen, z.B. Stickstoffdioxid (NO₂) überschritten, so dass Massnahmen zur Reduktion geprüft werden sollten.

Den Jurahang hoch verbessert sich die Luftqualität mit zunehmender Höhe von mittlerer bis zu einer sehr geringer Belastung in Gnöd und am Spittelberg.

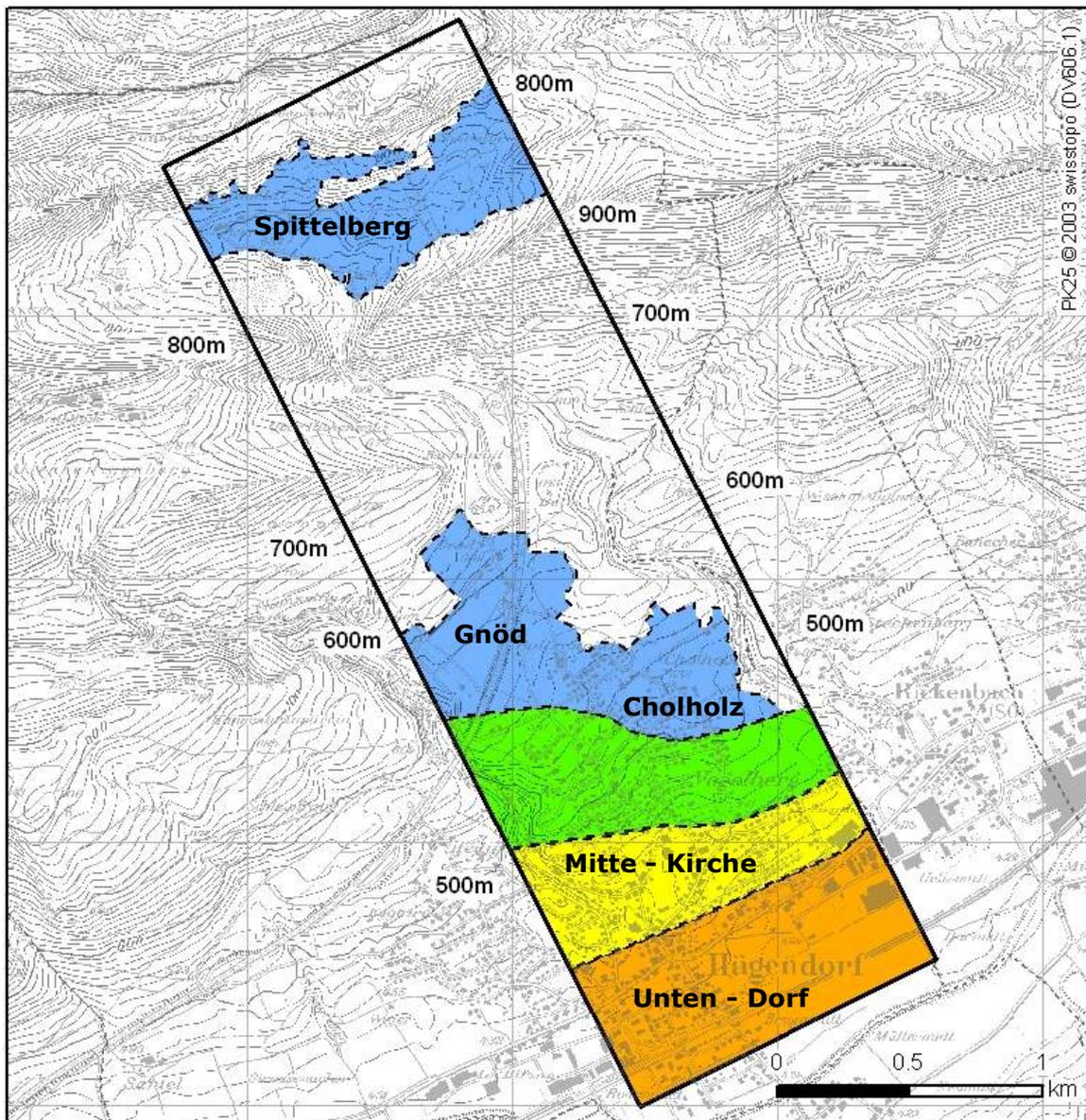


Abb. 6: Luftgütekarte Hägendorf 2007

4.1.2 Veränderung der Luftqualität seit 1987

1987 wurden erstmals Flechtenuntersuchungen in Hägendorf durchgeführt (Schmid W. et al. 1989). Abbildung 8 zeigt die Luftgütekarte von 1987.

Es fällt auf, dass die orange Zone zu dieser Zeit um einiges grösser war. Sie bedeckte den ganzen Talboden. Gebiete mit geringer und sehr geringer Gesamtbelastung finden sich in der oberen Hangzone. Und am Spittelberg.

1994 wurden an den gleichen Standorten die Flechtenzählungen wiederholt. Die Luftgütekarte 1994 (Abb. 9) zeigt, dass sich die orange Zone mit starker Gesamtbelastung stark verkleinert (AGB 1995) hat. Die Zonen mit mittlerer Belastung und geringer bis sehr geringer Belastung haben sich ausgedehnt. Die Emissionsreduktionen für Schwefeldioxid (SO₂), flüchtige organische Verbindungen (VOC), Stickoxide (NO_x) und Kohlenmonoxid (CO) zwischen 1987 und 1994 waren gross. Einerseits wurden Einzelemittenten saniert und andererseits brachten Massnahmen auf nationaler Ebene, wie die Einführung der Katalysatorpflicht bei Personenwagen, Temporeduktionen, Vorschriften für Feuerungsanlagen und die Entschwefelung von Treib- und Brennstoffen, grosse Emissionsreduktionen.

Veränderung der Luftgüte Hägendorf

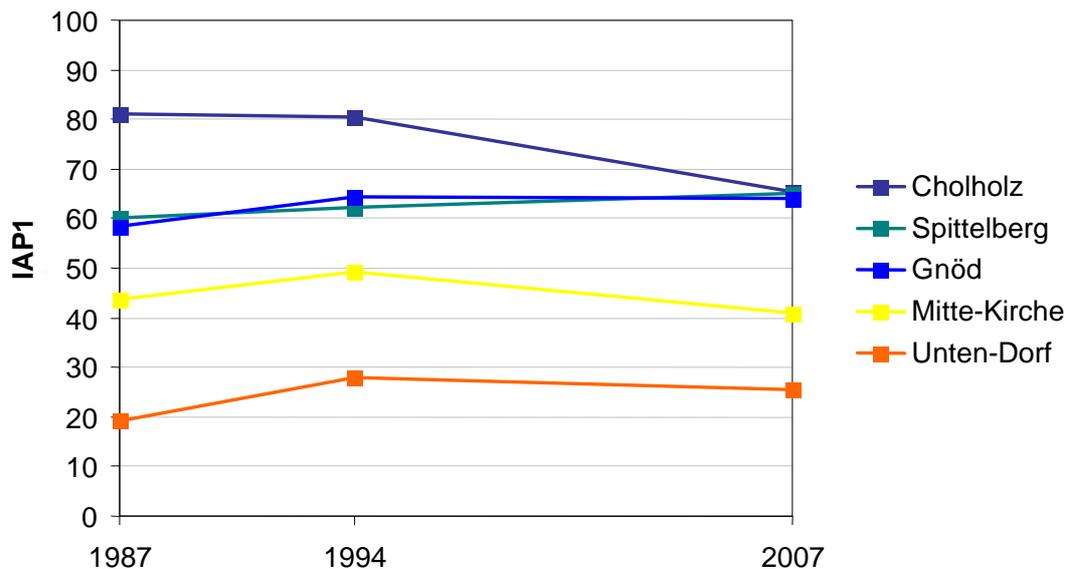


Abb. 7: Veränderung der Luftgüte an den fünf Standorten in Hägendorf 1987, 1994, 2007

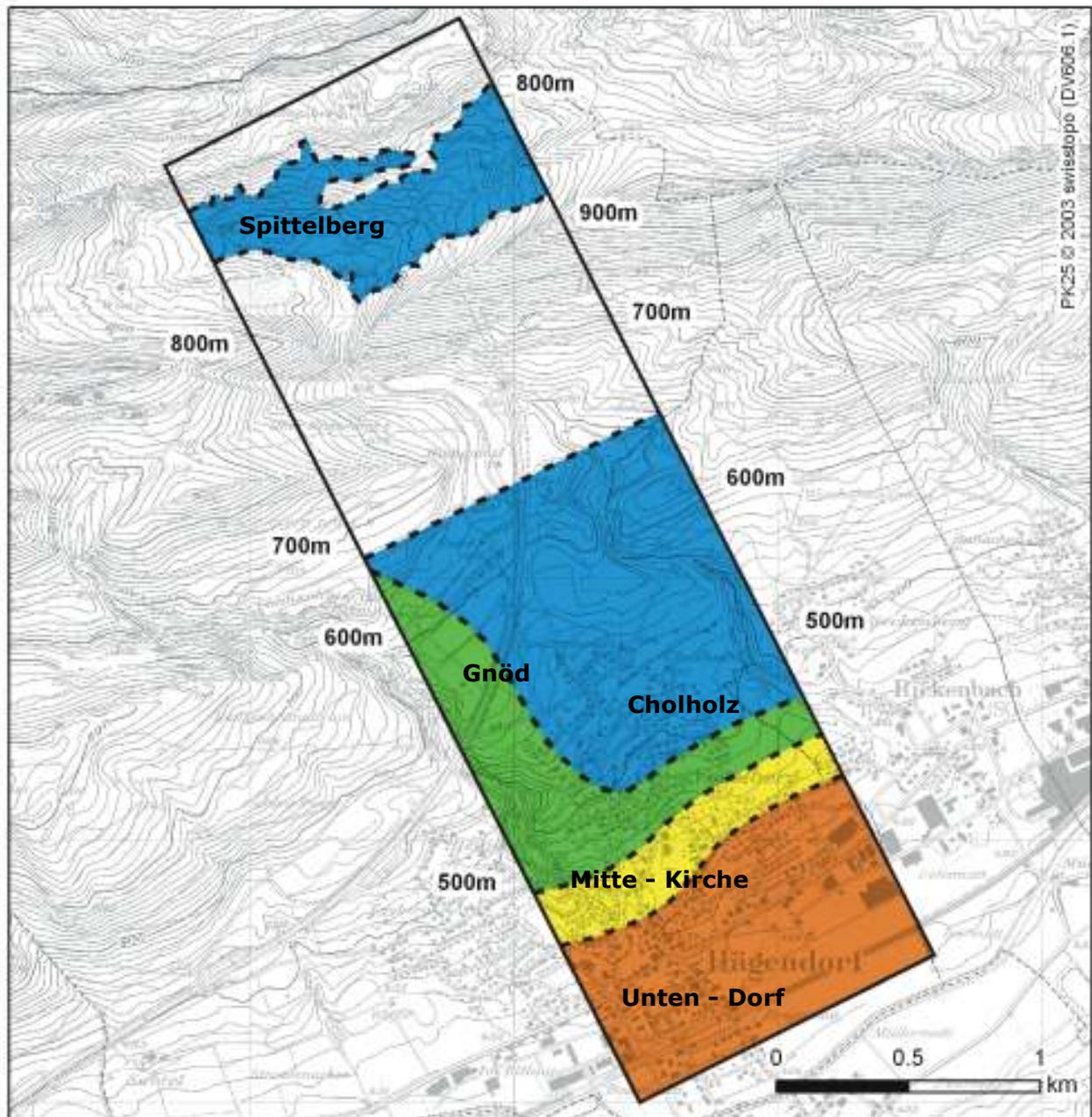


Abb. 8: Luftgütekarte Hägendorf von 1987

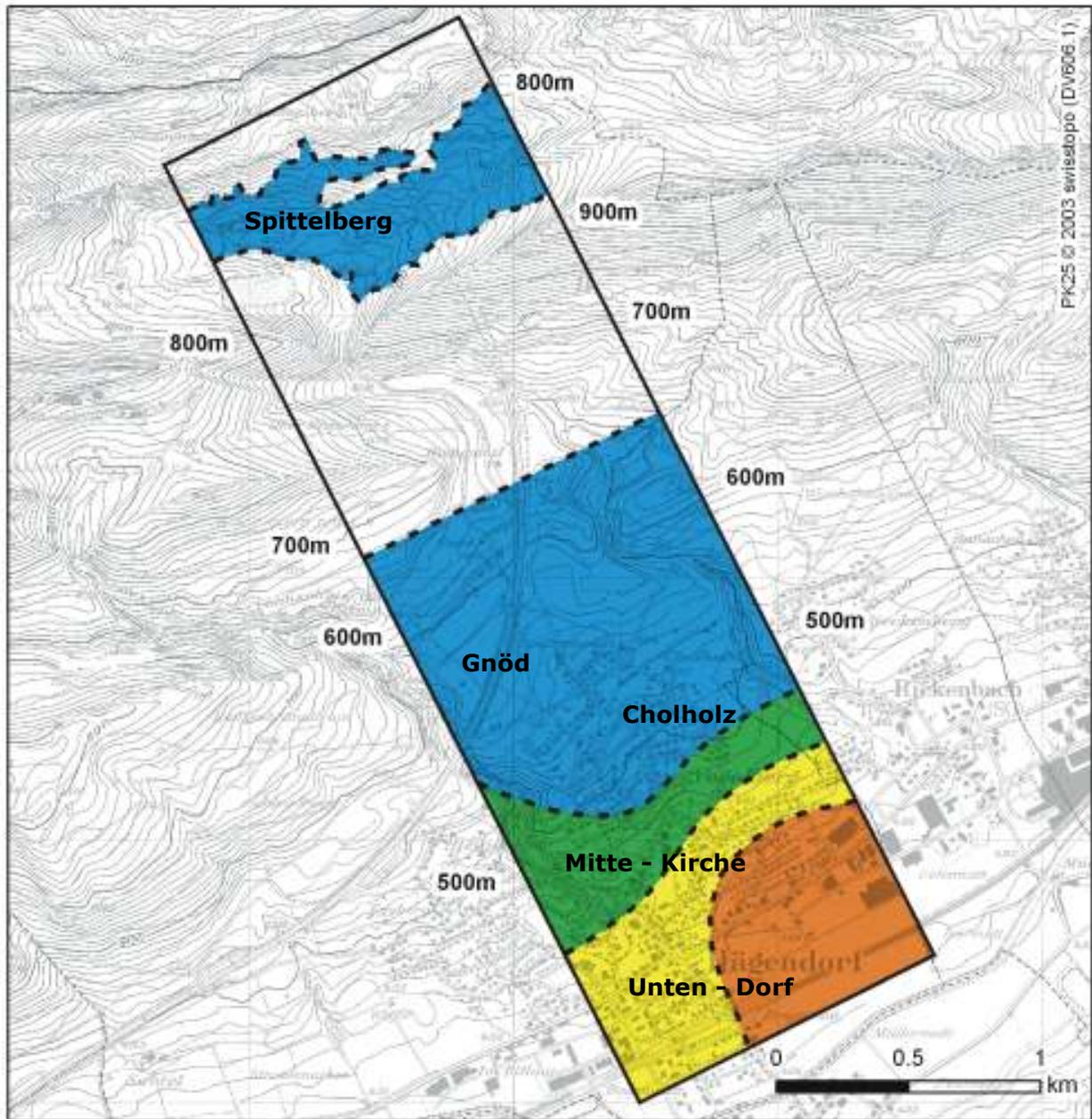


Abb. 9: Luftgütekarte Hägendorf von 1994

Abb. 7 zeigt die Luftgütewerte (als IAP18-Mittelwerte) der drei Flechtenuntersuchungen 1987, 1994 und 2007 nach Standorten geordnet. Die Standorte sind in der Abbildung 16 eingezeichnet.

Die Entwicklung der Luftgüte zwischen 1987 und 1994 war an den vier ehemals stärker belasteten Standorten Unten-Dorf, Mitte-Kirche, Gnöd und Spittelberg positiv. Die Luftqualität hatte zugenommen. Im Cholholz blieb sie ungefähr gleich hoch.

Andere Flechtenuntersuchungen aus diesem Zeitraum, z.B. von Winterthur 1988/89 bis 1995/96 dokumentierten ähnliche Veränderungsmuster: Die Luftverbesserung erfolgte grossräumig, vor allem in den ehemals stark belasteten Gebieten. Ende der 80er Jahre verminderte sich die Luftverschmutzung infolge der genannten Massnahmen stark. In dieser Zeit waren bei Erfolgskontrollen selten Gebiete mit Verschlechterungen zu beobachten.

Zwischen 1994 und 2007 ist in Hägendorf die Luftgüte, ausser am Spittelberg und in Gnöd, gesunken. Hägendorf ist mit diesem Trend nicht allein. Neuere Flechtenuntersuchungen bestätigen diese Umkehr zur Verschlechterung auch für weitere Gebiete in der Schweiz und in Liechtenstein.

Spittelberg kann als emissionsfernes Gebiet eingestuft werden, welches vorwiegend durch grossräumige Belastungen beeinflusst wird. Ähnliches gilt für Gnöd, ebenfalls in „geschützter“ Lage. Auch hier hat sich die Situation nicht stark verändert. Hingegen hat sich an den Standorten am bebauten Jurahang und in der Talebene die Situation seit 1994 verschlechtert.

Bereits 1994 deutete sich am Standort Cholholz an, was sich in der Zwischenzeit in zahlreichen Untersuchungen bestätigt hat: Die unbelasteten Standorte verlieren zunehmend ihre hohe Luftqualität. Luftbelastungen beginnen sich gleichmässiger über eine Region zu verteilen. Spittelberg und Gnöd sind aufgrund ihrer Lage nicht mit anderen Standorten aus weiteren Flechtenuntersuchungen vergleichbar.

Eine andere Form der Darstellung der Veränderung ermöglicht die Differenzkarte. Sie zeigt flächig die Entwicklung der Luftbelastung von 1994 bis 2007 (Abb. 10). Die Differenzkarte unterscheidet fünf Zonen (Abb. 11): Starke Verbesserung, Verbesserung, keine wesentliche Veränderung, Verschlechterung und starke Verschlechterung.

Die Gesamtbelastung im Dorf in der Ebene hat sich nicht signifikant verändert. Ebenfalls keine belegbaren Änderungen weisen die Luft-Situationen im Gnöd und am Spittelberg auf. Merkbar verschlechtert hat sich hingegen die Luft in der Dorf-Mitte und der oberhalb liegenden Quartieren sowie im Cholholz, im letzteren Gebiet sogar stark. Diese Ergebnisse deuten auf eine veränderte Emissionssituation hin, wahrscheinlich durch die Ausdehnung der besiedelten Fläche und mit den damit verbundenen grösseren Emissionen (Verkehrsaufkommen, Hausfeuerungen).

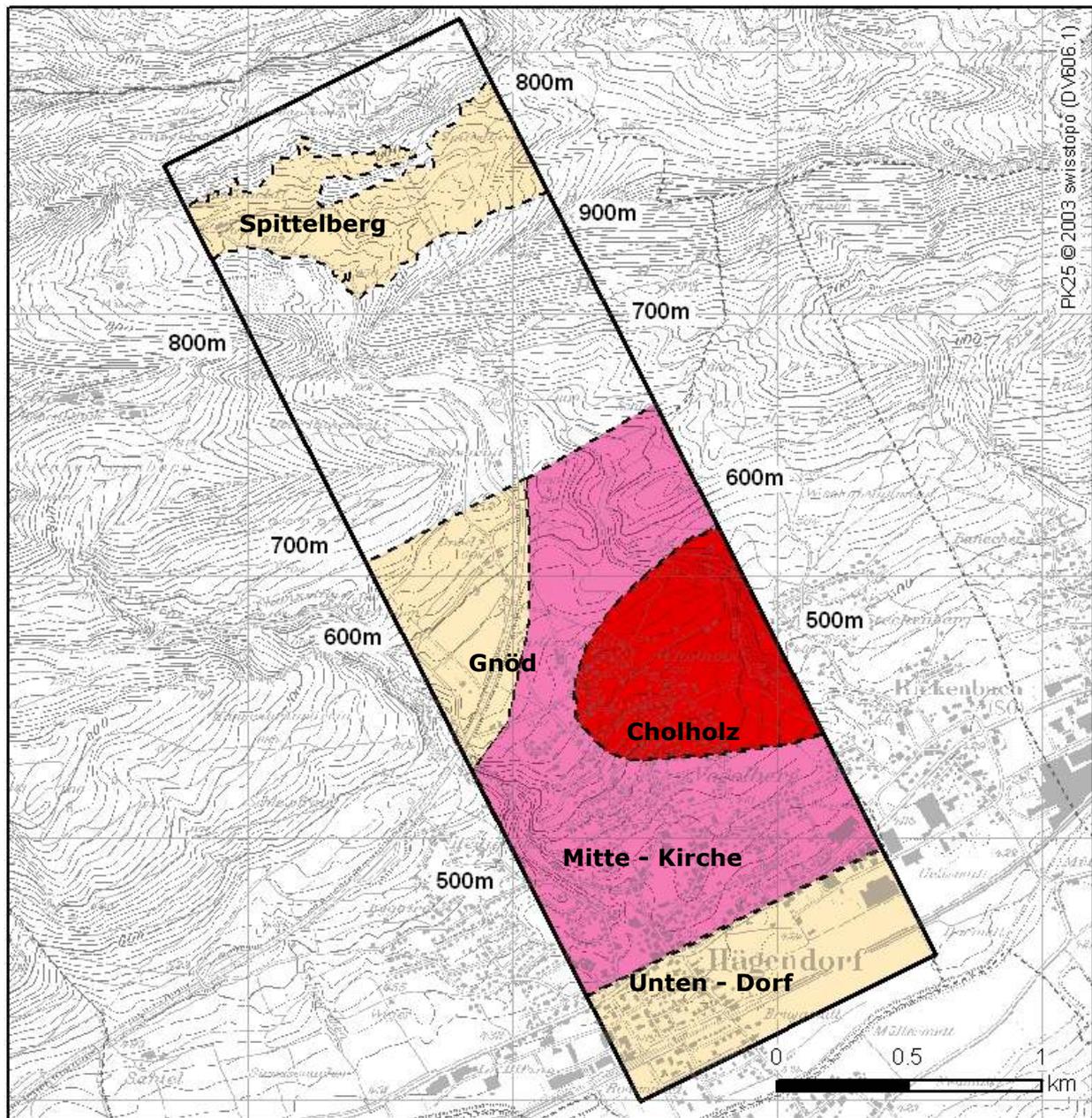


Abb. 10: Differenzkarte Hägendorf 1994 - 2007



Abb. 11: Legende zur Differenzkarte

4.2 Zustand der Luft in Egerkingen-Härkingen

Egerkingen – Härkingen ist ein stark durch Autoverkehr belastetes Gebiet. Das zeigt auch die Luftgütekarte von 2007 (Abb. 13). Die Zone mit starker Luftbelastung erstreckt sich entlang der Autobahn und dehnt sich über das Autobahnkreuz aus. Mit zunehmender Distanz zur Autobahn verbessert sich die Luft, trotz Talsituation, rasch. In den Dorfkernen bleibt die Luft mittel belastet. In unbebauten und landwirtschaftlich genutzten Gebieten ist die Luftbelastung gering. Abbildung 12 zeigt die Legende zur Luftgütekarte. Massnahmen zur Verbesserung der Situation sind auf den Verkehr zu beziehen.

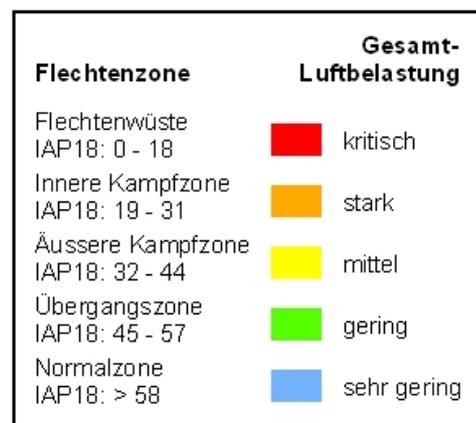


Abb. 12: Legende zur Luftgütekarte

4.3 Zustand der Luft in Hessigkofen

Die Luftgütekarte von Hessigkofen zeigt (Abb. 14), dass weite Gebiete auf dem Bucheggberg trotz lockerer Besiedlung nur über mittlere Luftqualität verfügen. Einzig der spärlich besiedelte, grösstenteils bewaldete und wenig befahrene „Bockstein“ hat eine geringe, jedoch nicht wie zu erwarten wäre, eine sehr geringe Belastungssituation. Abbildung 12 zeigt die Legende zur Luftgütekarte.

Aus der Situation von Hessigkofen kann geschlossen werden, dass der ganze Bucheggberg in etwa ähnlich belastet ist.

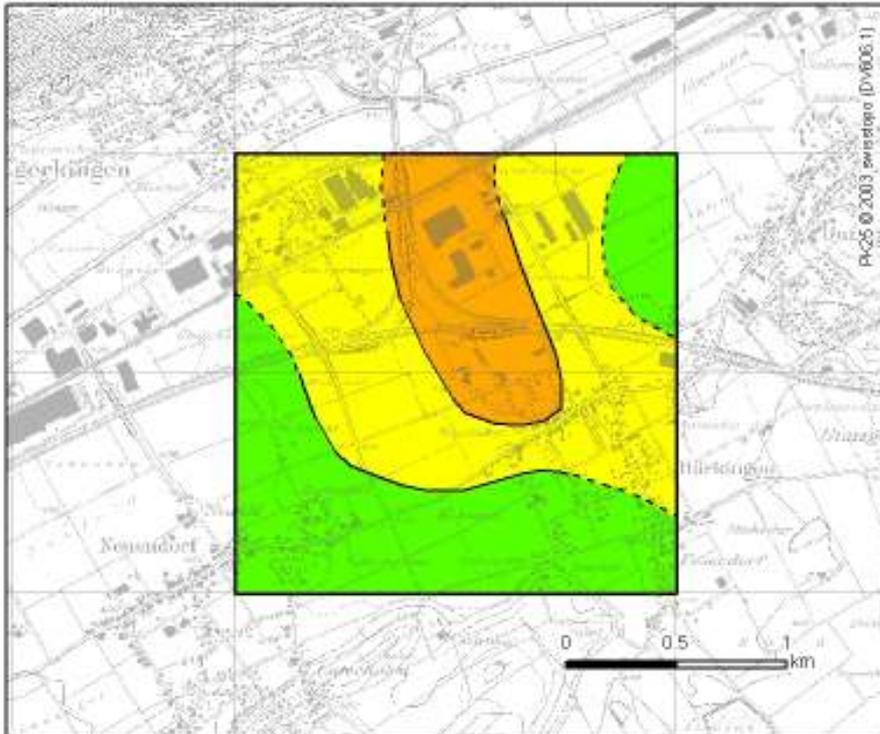


Abb. 13: Luftgütekarte Egerkingen-Härkingen 2007

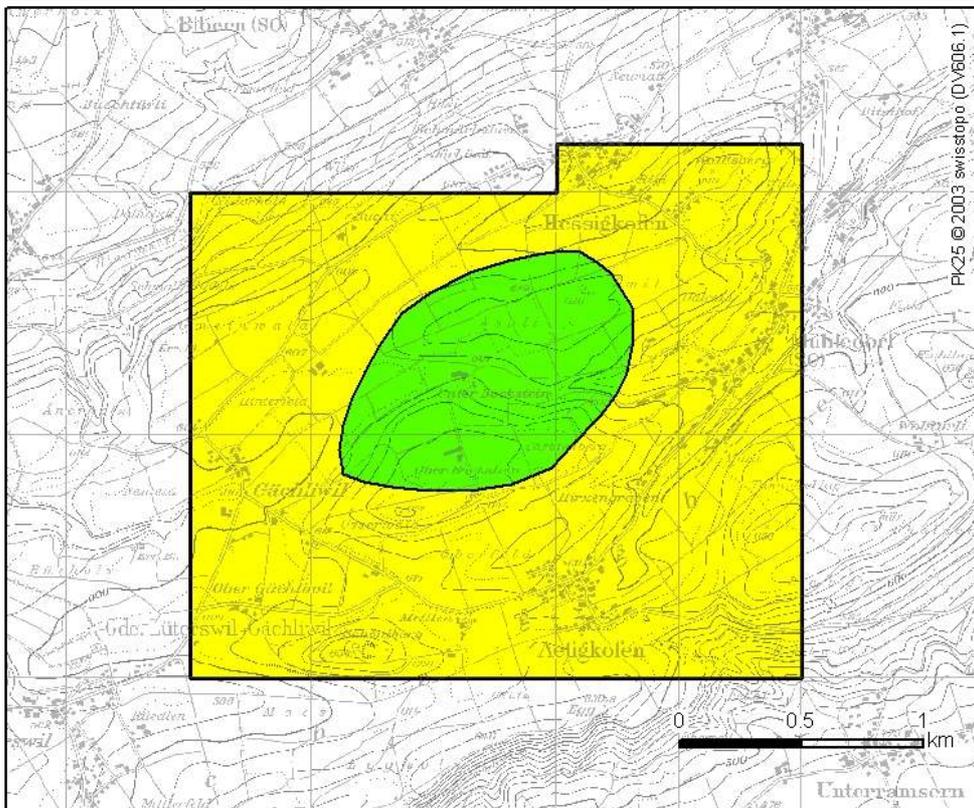


Abb. 14: Luftgütekarte Hessigkofen 2007

4.4 Innerkantonaler Vergleich

Der Vergleich der Luftgütwerte von ausgewählten Standorten aus den drei Untersuchungsgebieten (Abb. 15) verdeutlicht, dass

- die Luftgüte von der Höhe über Meer unabhängig ist,
- Hägendorf - Unten Dorf einer mit dem Autobahnkreuz Härkingen vergleichbaren Belastung ausgesetzt ist,
- die Belastung im Dorf Egerkingen vergleichbar ist mit dem spärlich bewaldeten Gebiet des Bucheggberges
- die Situation in Cholholz sehr gut ist und vergleichbar mit Spittelberg, trotz der starken Verschlechterung der Luftqualität seit 1994.

Luftgütevergleich Kanton Solothurn 2007

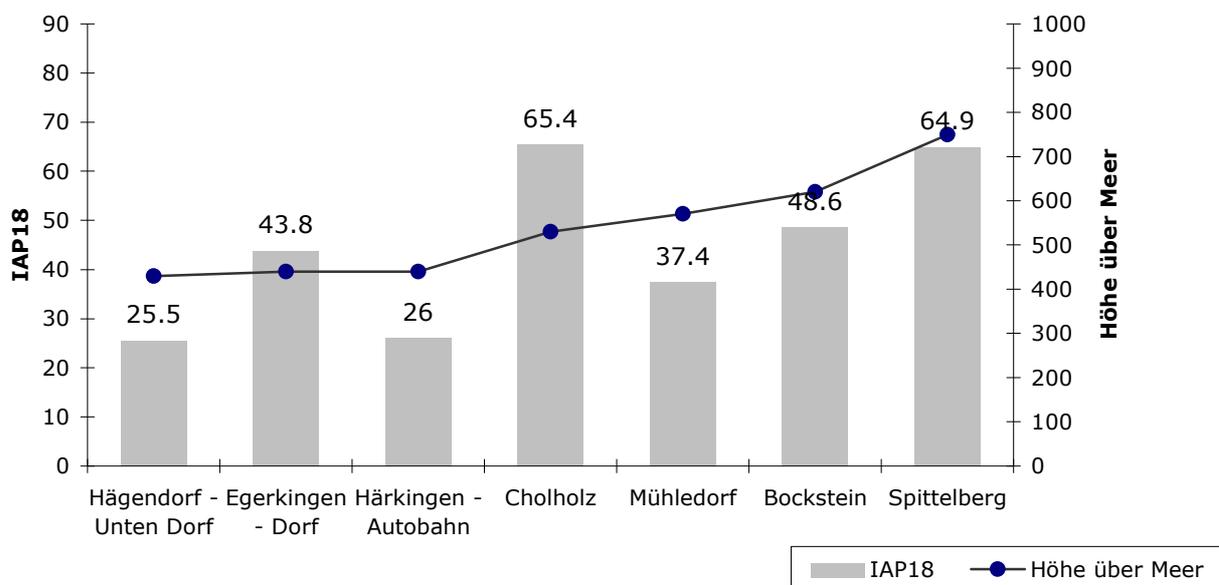


Abb. 15: Vergleich der Luftgüte an verschiedenen Standorten in den drei Untersuchungsgebieten in Bezug auf deren Höhenlage.

4.5 Vergleich mit ausserkantonalen Untersuchungen

In Abbildung 16 werden die IAP-Werte einzelner Standorte aus den drei Untersuchungsgebieten zusammen mit Standorten von Flechtenuntersuchungen aus dem Limmattal (puls 2004), dem Kanton Zug (puls et al. 2004), der Stadt Bern (AGB 2005) und Aarau (puls 2007) dargestellt.

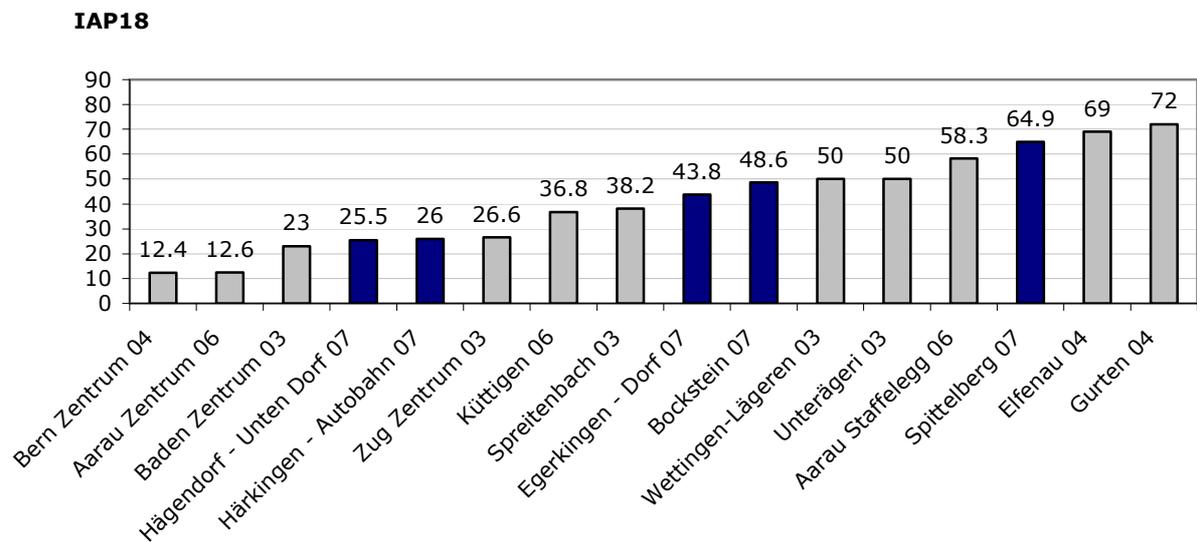


Abb. 16: Vergleich der IAP18-Werte aus den drei Untersuchungsgebieten mit anderen Flechtenuntersuchungen in der Schweiz

Aus dem Vergleich wird deutlich, dass die Belastung

- in Hägendorf – Unten Dorf vergleichbar mit einer schweizerischen Kleinstadt ist (Baden, Zug)
- in Egerkingen-Dorf ungefähr derjenigen einer Agglomerations-Gemeinde entspricht (zwischen Spreitenbach und Wettingen)
- auf dem Bockstein (Bucheggberg) vergleichbar mit ländlichen Dorfsituationen anderer Kantone ist
- am Spittelberg höher ist als in den stadtnahen Gebieten von Bern (Elfenau und Gurten).

5 Eutrophierung

5.1 Ammoniakbelastung in Hägendorf

5.1.1 Situation 2007

Abbildung 18 zeigt den aktuellen Flechten-Nitroindex an den Standorten in Hägendorf. Je grösser der Kreis, desto höher der Anteil an nitrophilen Arten und desto höher die Ammoniakbelastung.

Der Standort Gnöd hat mit einem Flechten-Nitroindex von 0 eine ausgeglichene Mischung von stickstoffliebenden (nitrophil) und stickstoffmeidenden (nitrophob) Flechtenarten. Es besteht kein Überhang an nitrophilen Flechten. Die Immissionssituation ist nicht durch Ammoniak geprägt. Die Standorte Cholholz, Spittelberg und Mitte-Kirche zeigen eine schwache Tendenz zum Vorherrschen von Ammoniakimmissionen. Der Standort Unten-Dorf zeigt mit 0.66 von maximal 1 hingegen einen sehr hohen Wert. Ein Flechten-Nitroindex mit vergleichbar hohen Werten lässt sich in nachweislich stark von landwirtschaftlichen Ammoniakemissionen geprägten Regionen finden (Abb. 21).

5.1.2 Veränderung der Eutrophierung seit 1994

Nitroindex Hägendorf Veränderung 94 - 07

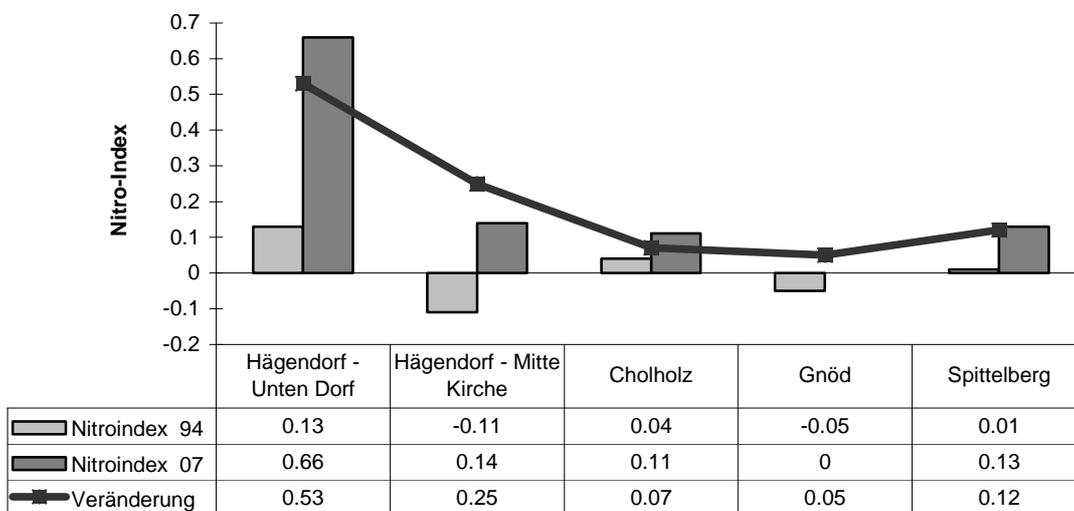


Abb. 17: Die Veränderung des Nitroindex-Wertes von 1994 bis 2007 an den Standorten in Hägendorf

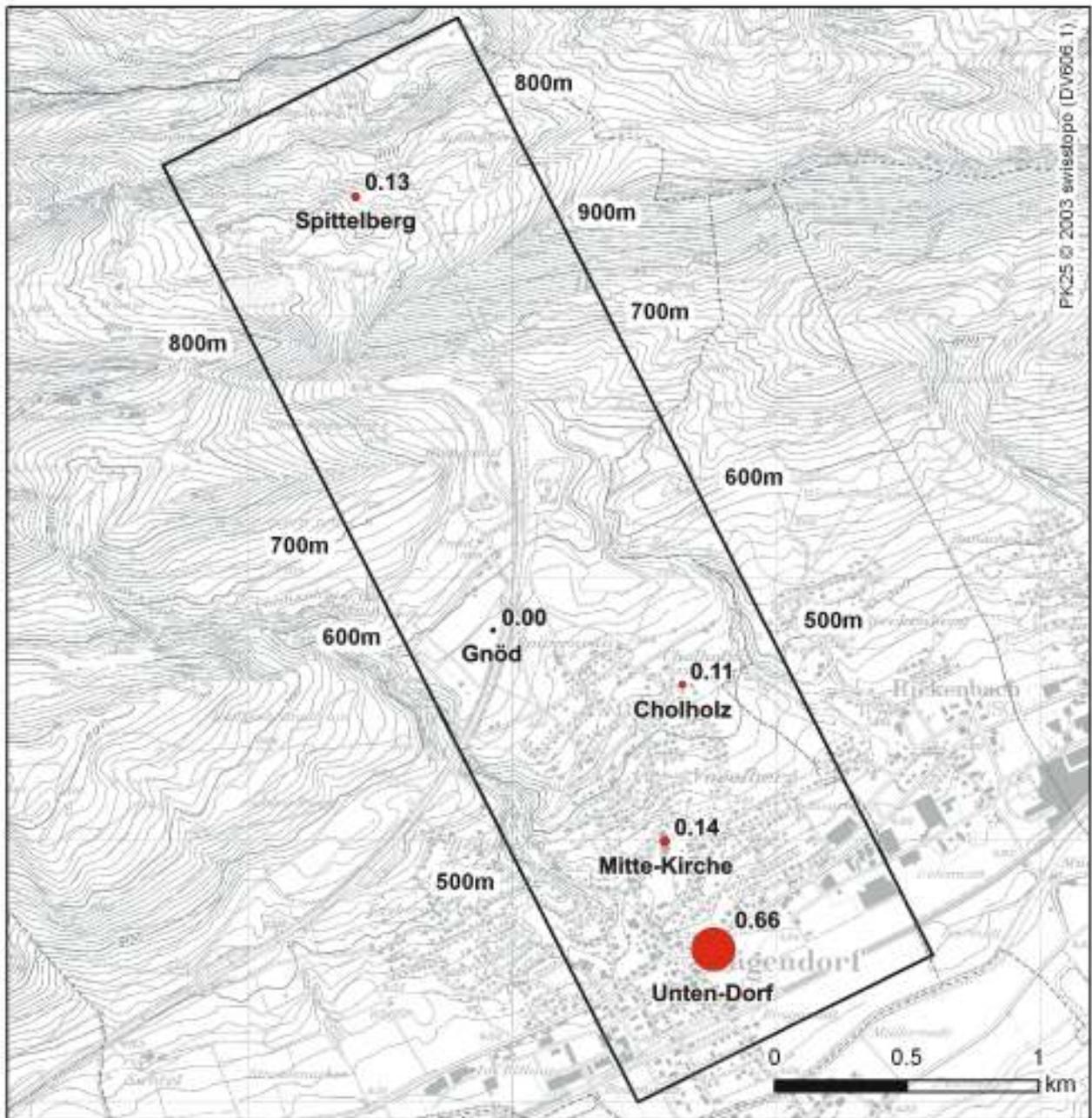


Abb. 18: Der Flechten-Nitroindex 2007 an den fünf Standorten in Hägendorf

Abbildung 17 zeigt an den fünf Standorten von Hägendorf die Werte des Nitroindex von 1994 und 2007 sowie deren Veränderungen. Noch waren 1994 nicht alle Standorte durch Ammoniakimmissionen geprägt. Gnöd und die Dorfmitte hatten sogar leicht negative Nitroindex-Werte. Bereits 1994 war der Dorfteil in der Talebene bereits am stärksten eutrophiert.

Eindrücklich ist die Veränderung der Situation in Hägendorf–Unten. Der Nitroindex von 1994 in der Talebene ist um ein Mehrfaches angestiegen. Der Nitroindex des leicht erhöht gelegenen Standortes Mitte-Kirche ist am zweitstärksten angestiegen, dann Spittelberg. Am wenigsten verändert haben sich die Situationen an den höher gelegenen Standorten Cholholz und Gnöd.

Untersuchungen zur Spezifität und der zeitlichen Entwicklung des Nitroindex bezüglich verschiedener Schadstoff- und Klimakomponenten von 1990 zu 2000 (puls et al. 2008) lassen folgende Schlüsse zu:

Die wichtigste Einflussgrösse für den Nitroindex ist 1990 und 2000 die Ammoniakimmission. Der Einfluss ist 1990 weniger stark als im Jahr 2000. Die Spezifität des Nitroindex auf die Ammoniakimmission ist also 2000 grösser als 1990. 1990 waren neben Ammoniak mehrere andere Schadstoffe für die Ausprägung des Nitroindex mitverantwortlich. Unter Vorbehalt der Datenqualität zeigt sich, dass die Komponenten SO_2 , PM10, NH_4DRY und NO_2 1990 einen grösseren Zusammenhang zum Nitroindex als 2000 ausweisen. Der Einfluss dieser Schadstoffe auf den Nitroindex war damals offensichtlich noch grösser. Im 2000 ist deren Einfluss nur noch marginal, für keine dieser Komponenten konnte 2000 noch ein signifikanter Zusammenhang zum Nitroindex nachgewiesen werden. Für die Jahre nach 2000 liegen leider noch keine Untersuchungen zur Spezifität und Entwicklung des Nitroindex vor.

Folglich scheint für Änderungen des Nitroindex zwischen 1994 und 2007 in Hägendorf ein möglicher Anstieg von Ammoniak zwar entscheidend, jedoch nicht allein mit entscheidend zu sein, sondern auch der Rückgang verschiedener nicht eutrophierender Schadstoffe.

Die Veränderungen in Hägendorf lassen sich daher interpretieren als Folge der Zunahme von eutrophierender Schadstoffe (Haupterklärung) zusammen mit Verminderungen von Schadstoffkonzentrationen, wie SO_2 , PM10 und NO_2 .

5.2 Ammoniakbelastung in Egerkingen-Härkingen

Abbildung 19 zeigt die Ammoniakbelastung an den Standorten in Egerkingen-Härkingen. Hier erstaunen die hohen Werte in der Nähe der Autobahn und in den Dörfern, vor allem in Härkingen. Dass Bauernbetriebe in Härkingen Schweinegülle einkaufen, erklärt jedoch nicht allein die hohe Belastung. Laut neueren Untersuchungen (Frahm 2006) ist der Nachweis erbracht, dass in den Abgasen von Benzinfahrzeugen mit Katalysator Ammoniak ausgestossen wird. Der Katalysator reduziert zwar Stickstoffoxide, produziert dabei aber Ammoniak. Zudem stossen auch Dieselfahrzeuge der neusten Generation infolge der Abgasnachbehandlung vermehrt Ammoniak aus. Dies könnte die hohen Nitroindexwerte erklären. Das Autobahnkreuz von Härkingen ist einer der am stärksten befahrenen Verkehrsknotenpunkte der Schweiz.

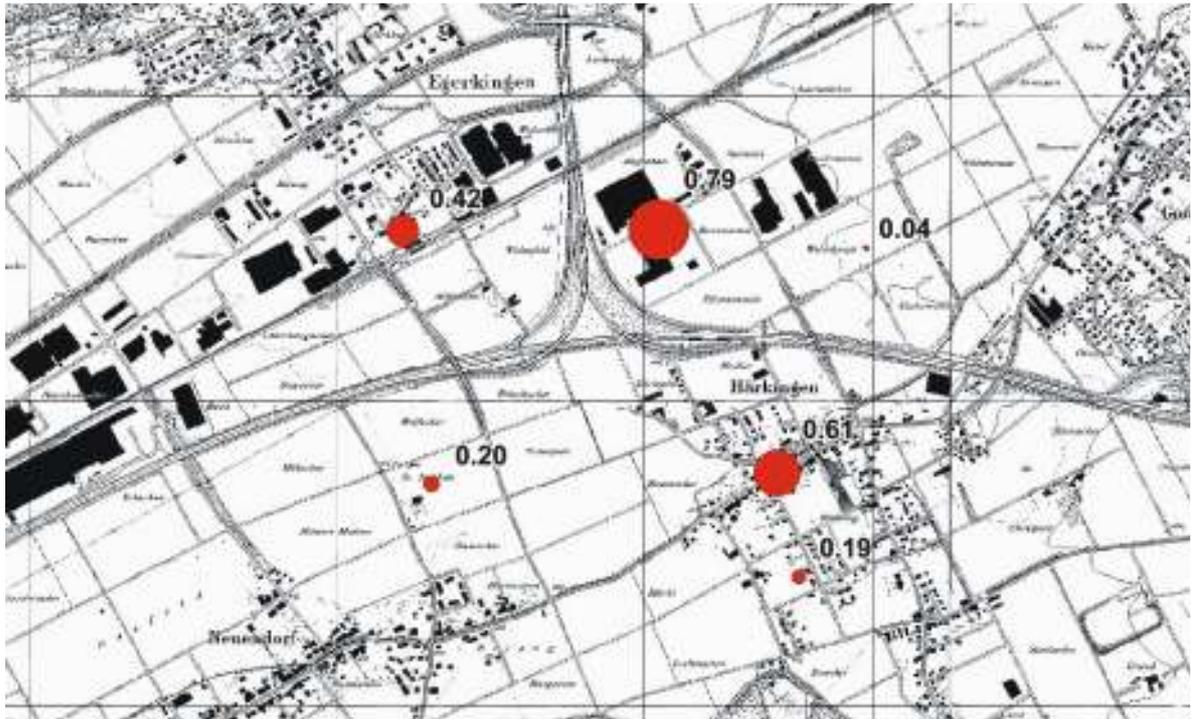


Abb. 19: Nitroindexkarte von Egerkingen-Härkingen 2007

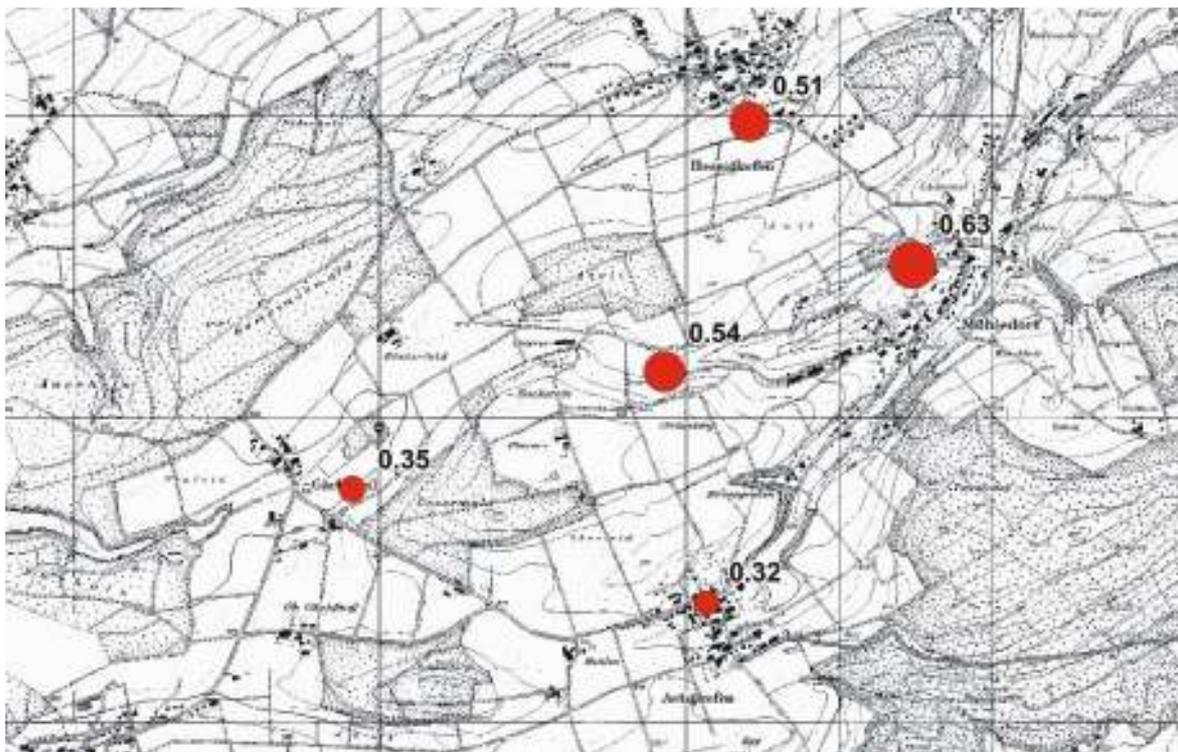


Abb. 20: Nitroindexkarte von Hessigkofen 2007

5.3 Ammoniakbelastung in Hessigkofen

Die hohen Nitroindexwerte für die Dörfer Hessigkofen, Mühledorf und den Bockstein belegen die örtlich hohe Ammoniakbelastung (Abb. 20). Aetigkofen und Gächliwil sind insgesamt weniger stark belastet.

Die Landwirtschaft ist mit einem Anteil von etwa 95% die wichtigste Emittentengruppe beim Ammoniak. Entsprechend treten die höchsten NH₃-Konzentrationen in Gebieten mit intensiver Landwirtschaft insbesondere mit hoher Viehdichte auf. Die Standorte der Landwirtschaftsbetriebe (Ställe und Hofdüngerlager) werden als Punktquellen betrachtet, die landwirtschaftlichen Nutzflächen (Ausbringung von Hof- und Kunstdünger) als Flächenquellen. Die Konzentration in der Luft nimmt mit dem Abstand zur Quelle relativ rasch ab. Im Durchschnitt wird etwa die Hälfte der Emissionen in einem Radius von einigen Kilometern wieder deponiert. Der Rest wandelt sich in Ammonium um, welches in der Atmosphäre über weite Strecken (hunderte von Kilometern) verfrachtet werden kann, bevor es mit dem Niederschlag oder als Staub wieder auf die Erdoberfläche gelangt.

Aus diesen Zusammenhängen kann für das Gebiet Hessigkofen geschlossen werden, dass einige Höfe eine hohe Tierzahl aufweisen. Die hohen Nitroindexwerte für das Gebiet stimmen mit den von Meteotest 2008 hergestellten, auf Modellen basierenden Karten zur Ammoniakkonzentration überein.

5.4 Vergleich mit ausserkantonalen Standorten

Die Flechten-Nitroindexwerte aus Untersuchungsgebieten in den Kantonen Aargau, Schwyz (Ausserschwyz) und Zug wurden aus Stichproben errechnet, die zwischen 10 bis 35 Bäume umfassen. Aus diesem Grund wurden für den gemeinsamen Vergleich die Nitroindexwerte (Indexwerte auf den Karten) der Gebiete Egerkingen-Härkingen und Hessigkofen zu je zwei Aussagen zusammengefasst. Der Nitroindexwert von Härkingen – Autobahnkreuz umfasst das Dorf Egerkingen und das Gebiet rund um und mit dem Autobahnkreuz. Der Nitroindex Umgebung Härkingen umfasst den Gürtel um das Gebiet des Autobahnkreuzes herum, dazu zählt das Dorf Härkingen. Das Untersuchungsgebiet Hessigkofen wurde zwei geteilt. Der Indexwert Bockstein-Hessigkofen-Mühledorf setzt sich aus dem Baumkollektiv des Gebietes Bockstein, Dorf Hessigkofen und Dorf Mühledorf zusammen und der Indexwert Aetigkofen-Gächliwil aus dem Baumkollektiv des Gebietes Aetigkofen und Gächliwil.

Aus dem ausserkantonalen Vergleich geht hervor (Abb. 21), dass die Ammoniakbelastung von Gnöd, Cholholz, Spittelberg, Hägendorf Mitte-Kirche und Härkingen-Umgebung vergleichbar ist mit dem Limmattal und auch im interkantonalen Vergleich als tief gilt.

Aetigkofen-Gächliwil im Mittelfeld liegt, vergleichbar mit weniger belasteten Standorten des Kantons Zug.

Hingegen Bockstein-Hessigkofen-Mühledorf, Härkingen-Autobahnkreuz und Hägendorf – Unten Dorf zu den belastetsten Standorten überhaupt gehören.

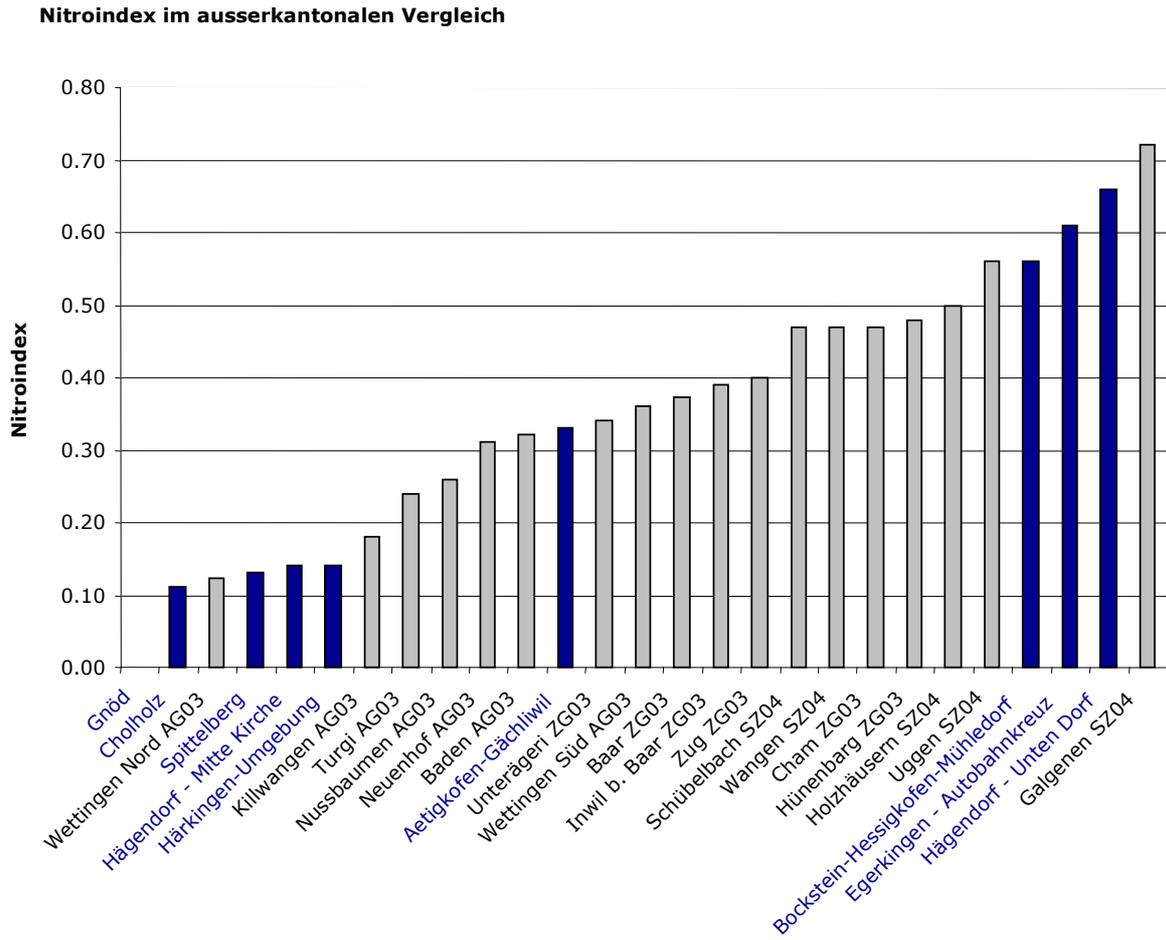


Abb. 21: Nitroindexwerte im Vergleich

6 Biologische Daten

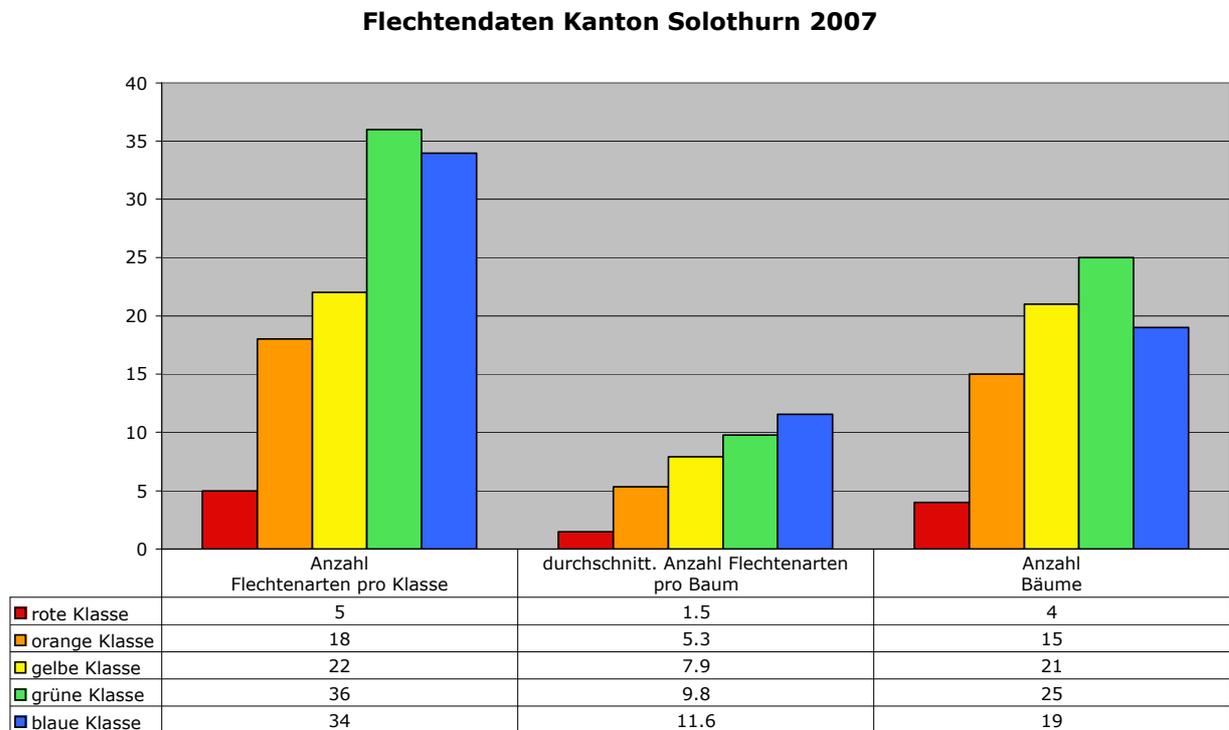


Abb. 22: Verteilungen von Flechtendaten pro Klasse (Zone) und Bäume pro Klasse

In den drei Untersuchungsgebieten wurden insgesamt 84 Bäume kartiert. Die Artenzahl pro Baum beträgt durchschnittlich 8.5 Arten.

In Abbildung 22 sind die Verteilungen der Flechtenarten pro Baumklasse (Zone), der durchschnittlichen Anzahl Flechtenarten pro Baum und die Verteilung der Bäume zu den Klassen (Zonen) dargestellt. Die Anzahl der Flechtenarten pro Klasse steigt mit der Luftgüte (Klasse) bis in die grüne Zone an.

Die durchschnittliche Anzahl Flechten pro Baum steigt kontinuierlich über alle Zonenklassen. Der IAP18 rechnet sich aus der Anzahl Flechtenarten multipliziert mit ihrer Häufigkeit. Es sind in der blauen Zone zwar weniger Flechten verfügbar, doch wird der höhere Luftgütewert damit erzielt, dass pro Baum mehr Flechtenarten häufiger vorkommen.

Die meisten kartierten Bäume sind den beiden mittleren Klassen (gelb und grün) zuzuordnen. Es gibt nur vereinzelt Bäume in der roten Klasse, die nur wenig Flechten tragen.

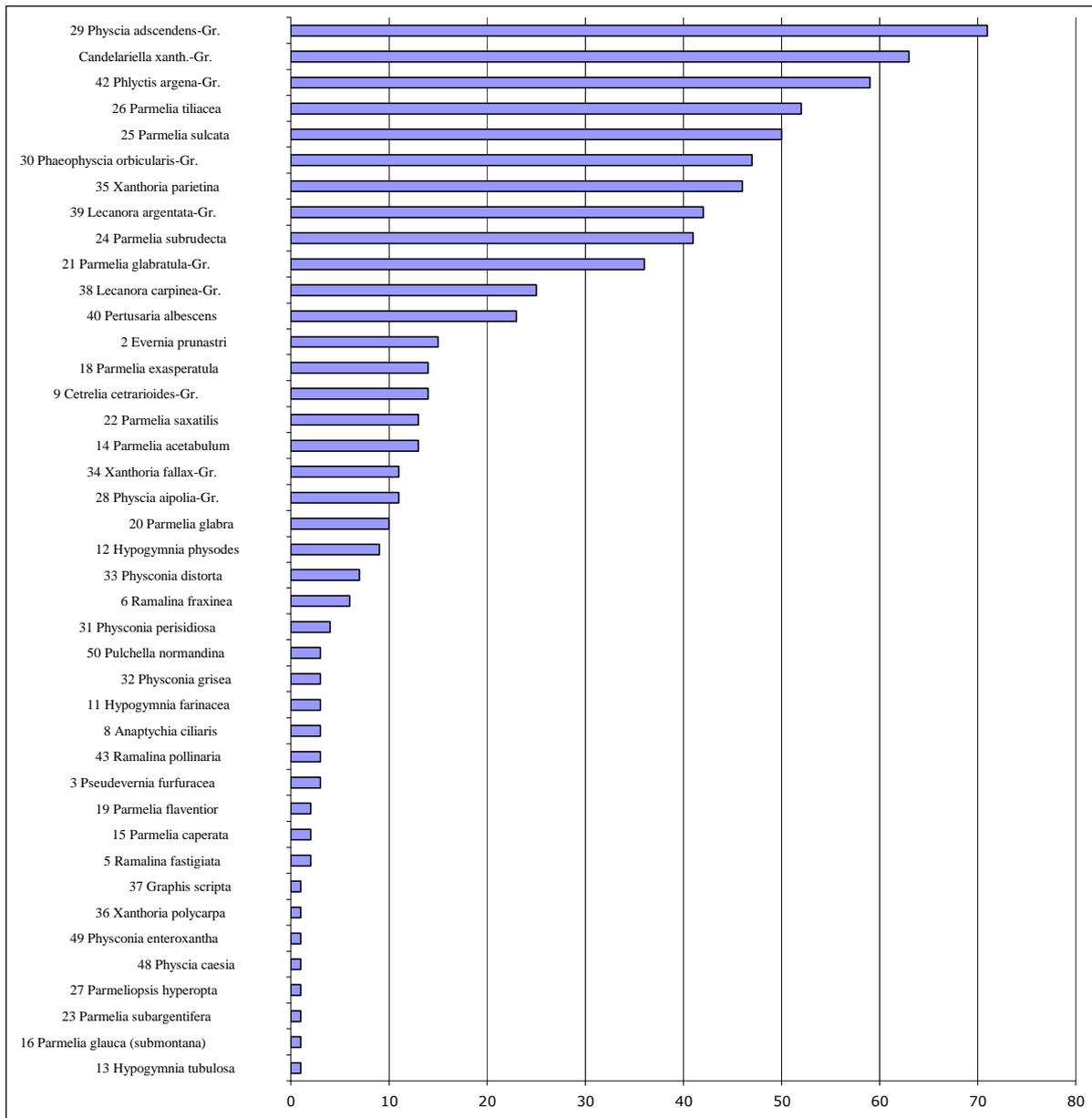


Abb. 23: Gefundene Flechtenarten, geordnet nach absteigender Häufigkeit

In den drei Untersuchungsgebieten wurden insgesamt 41 verschiedene Flechtenarten resp. Artengruppen kartiert. Die Abbildung 23 zeigt die Flechtenarten nach ihrer Häufigkeit absteigend geordnet. Am häufigsten sind die unempfindlichen Arten.

7 Literatur

AGB, Herzig Rolf 2005: Erfolgskontrolle zur Luftreinhaltung in der Stadt Bern 2004, Wiederholung der Untersuchungen mit Flechten nach 14 Jahren, Stadt Bern, Amt für Umweltschutz und Lebensmittelkontrolle (AfUL), beco – Berner Wirtschaft und Gemeinden Bremgarten und Köniz

AGB, Herzig Rolf 2001: Erste Erfolgskontrolluntersuchung zur Luftreinhaltung im Zeitraum 1994 – 2000 mittels Biomonitoring mit Flechten, Regionale Entsorgungsanlage Niedergösgen (RENI), Kurzbericht

AGB, Herzig Rolf 1995: Luftqualitätsuntersuchungen mit Flechten in Hägendorf. Erste lufthygienische Erfolgskontrolle im Zeitraum 1987/1994, Schlussbericht November 1995.

Amt für Umweltschutz 1998: Luftreinhaltkonzept Kanton Solothurn, Berichte, Nr. 45, Solothurn

Frahm J.P., 2007: Die Rolle von Ammoniak bei der eutrophierenden Wirkung von Luftschadstoffen auf Flechten. VDI-KRdL Schriftenreihe 37, 79-86.

Frahm J.P., 2006: Der Einfluss von Ammoniak auf Stickstoff liebende Flechten in verkehrsbelasteten Gebieten. Immissionsschutz 4/2006, 164-167.

Meteotest 2008: Luftbelastungskarten für den Kanton Solothurn Input-Daten, Methoden und Ergebnisse, Amt für Umwelt Solothurn

puls und K. Peter >Evaluationen, 2008: Flechtenvegetation und Stickstoffbelastung: Spezifität und zeitliche Entwicklung, Projektbericht zuhanden des BAFU, Abteilung Luftreinhaltung und NIS, Sektion Luftqualität, Bern

puls und K. Peter >Evaluationen, 2006: Räumlicher und zeitlicher Zusammenhang zwischen Flechtenvegetation und Stickstoffbelastung. Projektbericht, BAFU, Abt. Luftreinhaltung und NIS, Bern

puls et al 2004: Flechten als Bioindikatoren: Luftqualitätsuntersuchungen im Kantonsteil Ausserschwyz Ost. Amt für Umweltschutz, Kanton Schwyz.

puls et al. 2003: Flechten und Luftqualität im Kanton Zug: Wirkungskontrolle 2003. Amt für Umweltschutz, Kanton Zug.

puls, 2003: Flechten und Luftqualität im westlichen Limmattal: Erfolgskontrolle 2003. Baudepartement Kanton Aargau, Abteilung für Umwelt.

Schmid W. et al. 1989: Raumverträglichkeitsprüfung von Reststoffdeponien; ORL-Bericht 69/ 1989, Band 1 und 2

Urech, M. und Herzig, R., 1988: Flechten als Bioindikatoren. Integriertes biologisches Messsystem der Luftverschmutzung für das Schweizer Mittelland. Schlussbericht NFP14, Bern.

VDI, 2004: VDI-Richtlinie 3957 Blatt 13: Luftverunreinigungen auf Flechten (Bioindikation) - Kartierung der Diversität epiphytischer Flechten als Indikator für die Luftgüte. Beuth Verlag, Berlin, 27 S.