

Multivariate Auswertung von Daten  
aus dem Umweltmonitoringprojekt FRABIMO  
über  
**Straßen- und flugverkehrsbedingte PAK-Gehalte und Metall-Gehalte  
in Bienenbrot und Honig  
von Bienenvölkern im Rhein-Main-Gebiet**

Eine Abschlussarbeit im Rahmen der postgradualen Weiterbildung zum Fachökotoxikologen ausgerichtet von  
der GDCh und der SETAC-Europe GLB

von

Diplom-Biologe Dr. Stefan Pantel

Wiesbaden, Januar 2011

Betreuer:

Herr Prof. Dr. Bernd Grünewald

Herr Prof. Dr. Jörg Oehlmann



# Inhalt

<b>1. Einleitung .....</b>	<b>5</b>
<b>2. Ziele der Arbeit .....</b>	<b>6</b>
<b>3. Methode der Analyse .....</b>	<b>8</b>
3.1 Auswahl von Methode und Software.....	8
3.2 Arbeitsweise bei multivariaten Analysen.....	8
<b>4. Analysenvorbereitungen .....</b>	<b>9</b>
4.1 Allgemeines.....	9
4.2 Einstellungen in der CANOCO-Prozedur.....	9
4.3 Vorliegende Daten.....	10
<b>5. Ergebnisse im Überblick .....</b>	<b>12</b>
<b>6. Besprechung der Einzelergebnisse.....</b>	<b>13</b>
6.1 Beschreibung der PCA-Diagramme.....	13
6.1.1 Allgemeines.....	13
6.1.2 Metalle im Honig (Abb. 1 und 7 oben links).....	13
6.1.3 PAK im Honig (Abb. 2 und 7 oben rechts).....	15
6.1.4 Metalle im Pollen (Abb. 3 und 7 mitte links).....	16
6.1.5 PAK im Pollen (Abb. 4 und 7 mitte rechts).....	17
6.1.6 Metalle in den Moosen (Abb. 5 und 7 unten links).....	18
6.1.7 PAK in den Moosen (Abb. 6 und 7 unten rechts).....	19
6.1.8 Übersicht über die mittlere Lage der gefundenen Gruppen.....	20
6.1.9 Kombination der Honig- und der Polleneinzelproben.....	21
6.1.10 Analyse aller Proben, gemittelt (Abb. 9).....	23
6.1.11 PAK-Gehalte der Honigproben.....	25
6.1.12 Metall-Gehalte in den Honigproben.....	26
6.2 Interpretation und Diskussion der Ergebnisse.....	27
6.2.1 Standortbezug der Proben.....	27
6.2.2 Honigzusammensetzung.....	28
6.2.3 Moose als Referenzorganismen.....	28
<b>7. Zusammenfassung .....</b>	<b>30</b>
<b>8. Schriftenverzeichnis .....</b>	<b>31</b>
<b>9. Anhang .....</b>	<b>32</b>



## 1. Einleitung

Seit dem Jahr 2006 führen Wissenschaftler des Instituts für Bienenkunde der Polytechnischen Gesellschaft an der Johann Wolfgang Goethe-Universität Frankfurt am Main spezielle Untersuchungen an Bienenhonig und Bienenbrot (Pollen) durch, ein so genanntes Umweltmonitoring mit Bienen. Sowohl Rückstände verschiedener Metalle als auch straßen- und flugverkehrsbedingte Rückstände aus der Gruppe der Polyzyklischen Aromatischen Kohlenwasserstoffe, kurz PAK genannt, werden untersucht. Beteiligt an dem Forschungsvorhaben sind neben dem Fachbereich Biowissenschaften, Abteilung Aquatische Ökotoxikologie der Universität Frankfurt, auch die Fachgruppe Umweltverfahrenstechnik des Internationalen Hochschulinstituts in Zittau (IHI-Zittau), die die Proben chemisch analysiert. Projektgebend unterstützt wird das Forschungsvorhaben aus Mitteln der Fraport AG. In dem zurzeit noch laufenden Projekt wurden bis zum Ende des Jahres 2008 jährlich jeweils 12 Bienenvölker drei ausgewählter Standorte beprobt.

In dem Fraport-Bienen-Monitoring, kurz FRABIMO genannt, lag das Augenmerk bislang auf der Frage, in wie weit mit Fremd- oder Schadstoffen belastete Standorte Auswirkungen auf die Qualität von Bienenprodukten haben.

Über die Standortqualität selbst bzw. über die Unterscheidbarkeit der ausgewählten Standorte waren bislang noch keine genaueren Aussagen möglich. Aufgrund der komplexen Datenzusammenhänge halten es die Beteiligten daher für erforderlich, die Daten zusätzlich einer multivariaten Betrachtungsweise zu unterziehen. Die vorliegende Arbeit<sup>1</sup> ist daher der Versuch, die Standorte näher zu charakterisieren und den Antworten auf einige Fragen näher zu kommen, die im nächsten Abschnitt aufgeworfen werden.

---

<sup>1</sup> Sie ist Teil der postgradualen Weiterbildung zum Fachökotoxikologen und bildet den schriftlichen Abschluss einer über zweijährigen berufsbegleitenden Qualifizierung. Die Weiterbildung wird ausgerichtet von der Gesellschaft Deutscher Chemiker (GDCh), gemeinsam mit der Society of Environmental Toxicology and Chemistry – Europe, German Language Branch e. V. (SETAC GLB). Führende Ökotoxikologen Deutschlands aus Lehre, Wirtschaft und Verwaltung bieten hierfür Kurse an.

## 2. Ziele der Arbeit

Die Daten, die dieser Arbeit zu Grunde liegen, wurden bereits unter verschiedenen Gesichtspunkten ausgewertet. Ein Ergebnis ist, dass keine der untersuchten 16 PAK-Komponenten<sup>2</sup> klar einzelnen straßenverkehrs- oder flugverkehrsbedingten Emissionsquellen zugeordnet werden können (NOWAK 2010). Eine Auswertung des Moosmonitorings für das Jahr 2006 hat zwar für die Standorte einige signifikante Unterschiede in der Metallbelastung ergeben: z.B. finden sich erhöhte Konzentrationen von Cadmium, Kupfer, Naphtalin und Fluoranthen in den Proben vom Flughafen im Vergleich zu den beiden anderen Standorten (OEHLIMANN ET AL. 2006, siehe S. 5). Die Belastungsspektren der Metalle und der PAK in den Proben ließen sich bislang aber noch nicht ausreichend zu den Probennahmestandorten in Beziehung setzen. Untersuchungen von Unterschieden der Summen-PAK-Gehalte in den Honig- und Pollenproben (ANOVA, zweiseitig) waren nur zum Teil und nur im zeitlichen Verlauf, d.h. zwischen den Probennahme-Kampagnen, signifikant. Von den 21 erfassten Metallen und Metalloiden wurden insbesondere die Probengehalte von As, Cd, Cr, Ni, Pb und Pd genauer ausgewertet. Das vorläufige Fazit: Die Rückstände im Honig sind unter den für Nahrungsmittel geltenden Gesichtspunkten als unbedenklich einzustufen. Die gefundenen Werte liegen deutlich unter den Grenzwerten, die für Nahrungsmittel festgelegt sind (GRÜNEWALD 2009).

Um auch unterhalb dieser „Alarmschwelle“ zu einem besseren Verständnis der Schadstoffkorrelationen und Schadstoffspektren in den Proben an den Standorten zu gelangen, benötigt es weiterer Analysen. Häufig verfügen Daten von Umweltproben, so wie auch in diesem Fall, über eine hohe Varianz (Streuung der Daten), besonders bei einer hohen Anzahl gemessener Parameter (Stoffkonzentrationen). Diese Varianz besteht immer aus zwei Teilen: zum einen aus einem „Grundrauschen“ und zum anderen aus einer „Information“ darüber, wie die Daten untereinander in Beziehung stehen. Diese Informationen zu extrahieren und Datenmuster aufzuzeigen, ist ein wichtiges Anliegen dieser Arbeit. Die Ziele sind daher, die bis zum Jahr 2008 aufgelaufenen Daten mit multivariaten Methoden statistisch zu ordnen. Es sollen Verteilungsmuster der Daten ergründet werden, die Rückschlüsse darauf zulassen, ob im Belastungsspektrum der Proben Standortunterschiede feststellbar sind, oder ob die Probennahmezeiten einen Einfluss auf die Zusammensetzung der Proben haben (die Konzentrationen von 16 statistisch relevanten Metallen und die 16 PAK-Komponenten in den Honig-, Pollen- und Moosproben [Ho, Po, Mo] werden geprüft).

Ein weiteres Ziel der Arbeit ist es, eine Antwort auf die Frage nach den Unterschieden in den Metall- und PAK-Spektren im Honig im Einzelnen zu finden und aufzuklären welche wichtigen Komponenten bei Ihnen eine Rolle spielen.

Die drei Standorte wurden zu Beginn des Projekts nach sorgfältiger Prüfung der theoretischen Kriterien einer möglichen Belastung durch PAK-Immissionen ausgewählt. Es sind dies ein nicht (oder kaum?) verkehrsbelasteter Standort im Hinteren Taunus (I) bei Altweilnau und zwei sehr stark verkehrsbelastete Standorte an der Autobahn 5 bei Niederursel (N) sowie auf dem Gelände des Frankfurter Flughafens im Bereich der CargoCity Süd (F).

Als Referenz für die lokale Immissionsbelastung der an diesen Standorten aufgestellten Bienenvölker sammeln die Wissenschaftler unter anderen das Gemeine Grünstängel-, das Rotstängel-, das Zypressenschlaf- oder das

---

<sup>2</sup> gemäß der Liste der US-amerikanischen Umweltbehörde (Environmental Protection Agency, EPA)

Schöne Widertonmoos als standorttypische Laubmoose. Ein weiteres Ziel ist es daher, eine Aussage über diese Referenzorganismen zu treffen. Sind Moose zur Standorttypisierung bei den untersuchten Stoffgruppen überhaupt geeignet? Im Vordergrund stehen bei allen Analysen die Aspekte: Was zeigen die Proben und wie stehen die Proben und die Parameter (Stoffkonzentrationen) untereinander in Beziehung? Auf der Grundlage der Ergebnisse werden abschließend Hinweise und Denkanstöße gegeben.

Das Wetter beeinflusst grundsätzlich das Sammelverhalten und die Ausbeute der Bienen. Nach Einschätzungen der beteiligten Wissenschaftler, hat beispielsweise der Niederschlag auf die Belastungsspektren der Proben im Beprobungszeitraum eher keinen Einfluss (GRÜNEWALD 2009). Fragen zum Wetter sowie alle Fragen rund um die Bienen und die Bienenvölker, z.B. über deren Gesundheit oder Reproduktion, konnten in dieser Arbeit keine leider Berücksichtigung finden.

### 3. Methode der Analyse

#### 3.1 *Auswahl von Methode und Software*

Die multivariaten Analysen werden durchgeführt mit der Principal Component Analysis (PCA) und zwar nach der Prüfung der Anwendbarkeit auf die Daten. Es handelt sich bei der PCA um eine indirekte und lineare Gradientenanalyse aus der Gruppe der Ordinationsverfahren (LEGENDRE 1998, PALMER 2010). Sie eignet sich besonders gut für die Anwendung auf linearkombinierbare Daten, wie z.B. chemische Gehaltsanalysen in Umweltproben, und hat sich bewährt. Die Faktorenanalyse<sup>3</sup> wäre zwar eine Alternative gewesen, sie zielt aber auf die Bündelung von Faktoren (Variablen) ab, um aus ihnen neue, so genannte „Hyperfaktoren“ zu extrahieren. Die in dieser Arbeit formulierten Fragen entsprechen jedoch nicht diesem Ziel.

Für die Analysen steht das Computerprogramm CANOCO 4.5 zur Verfügung (TER BRAAK 1998). Für die graphischen Darstellungen in dieser Arbeit werden die Programme ORIGIN 6.1 und CANODRAW 4.0 verwendet.

#### 3.2 *Arbeitsweise bei multivariaten Analysen*

Die Arbeitsweise bei der Erstellung multivariater Analyse unterscheidet sich insofern von univariaten Analysen, weil bei ihren Auswertungen unter anderem Signifikanzen, Signifikanzschwellen, Vertrauensbereiche, Gruppenvergleiche (ANOVA) oder Teststatistiken mit ihrer Testpower im Vordergrund stehen. Bei der multivariaten Statistik hingegen stehen oftmals Gruppenbildungen, Gruppenabgrenzungen, Gruppenhierarchien unter verschiedenen Blickwinkeln im Vordergrund, in der Absicht, gleichzeitig wirkende Faktoren zu beurteilen. Aus diesem Grund finden sich unter den multivariaten Analyseverfahren viele Cluster- und viele Ordinationsverfahren. Die Ergebnisse multivariater Analysen sind „weich“ und „allumfassend“ und unterscheiden sich damit von den „harten“ und „fokussierten“ Ergebnissen univariater Analysen. Multivariate Analysen sind daher kein Ersatz für univariate Auswertungen. Sie sind jedoch eine unverzichtbare Ergänzung, nicht nur in der Umweltforschung.

Während der Entstehung dieser Arbeit sind viele Analysen durchgeführt und wieder verworfen worden, weil sie den Blickwinkel zur Beantwortung der gestellten Fragen nicht genügend berücksichtigen. Andere Analysen wurden zwar durchgeführt, sind aber nicht dargestellt sondern nur im Text erwähnt worden. Die in dieser Arbeit nicht explizit dargestellten Analysen stehen aber nicht im Widerspruch zu den aufgeführten Ergebnissen.

---

<sup>3</sup> Bei beiden, sowohl bei der PCA als auch bei der Faktorenanalyse handelt es sich um so genannte Hauptkomponentenanalysen. Die Begriffe PCA und Faktorenanalyse werden in wissenschaftlichen Abhandlungen leider immer wieder synonym verwendet, was streng genommen nicht richtig ist.



---

## 4. Analysenvorbereitungen

### 4.1 Allgemeines

Die computergestützten Prozeduren einer multivariaten Analyse erfordern zwingend die Vollständigkeit und die Homogenität des verwendeten Datenmaterials. Insbesondere bei Freiluffforschungsvorhaben kommt es immer wieder zum Ausfall von einzelnen Daten. Sie müssen ersetzt werden oder eine computergestützte Analyse kann nicht stattfinden. Um die fehlenden Daten sinnvoll zu ergänzen und zwar so, dass sie keinen oder zumindest nur einen minimalen Einfluss auf das Ergebnis haben, arbeite ich mit Mittelwerten, die ich aus den vorliegenden Datenreihen errechne. Die hieraus resultierenden „virtuellen Datenpunkte“ füllen dann die Lücken der Datenmatrix. Einen schonenderen Eingriff in das Datenmaterial sehe ich nicht. Bei den vorliegenden Daten mussten nur wenige solcher Eingriffe vorgenommen werden. Die Vorgehensweise ist meines Erachtens statthaft, weil multivariate Analysen „weiche“ Ergebnisse liefern, die nicht nur von den gewählten Voreinstellungen und dem Analyseblickwinkel abhängen, sondern nachfolgend immer auch interpretiert werden müssen.

Aus dem Kanon der zu untersuchenden Elemente fallen fünf heraus (Hg, Pd, Rh, Pt, Sb). Sie werden nicht mit analysiert, weil sich ihre Konzentrationen in den Proben entweder nicht oder nur unwesentlich unterscheiden oder weil sie unterhalb der Nachweisgrenze (NWG) oder der Bestimmungsgrenze (BG) liegen. Diese Elemente tragen nicht zur Differenzierung in der Analyse bei, sondern erhöhen nur unnötig das Rauschen im Datensatz und führen so zu schlechteren Erklärungsgehalten in der PCA.

Alle gemessenen Parameter werden vor der Analyse auf den Wertebereich 0 bis 1 normiert und z-transformiert. Sie sind dann standard-normalverteilt. Hierdurch wird erreicht, dass Werte unterschiedlicher Größenordnungen (unterschiedlicher Skalenniveaus) das gleiche statistische Gewicht in der Analyse erhalten. Gewichtungen der Daten, die im Zusammenhang mit Wirkungen einzelner Substanzen stehen können, werden nicht vorgenommen, weil zur Fragestellung passende Informationen über die analysierten Substanzen sich nicht geeignet skalieren lassen, d.h. auf einen einzigen Zahlenwert reduzieren lassen. Voreilig vorgenommene Gewichtungen führen zudem schnell zum Vorwurf der Manipulation und sollten bei neutral durchgeführten Analysen gar nicht erst in Betracht gezogen werden.

### 4.2 Einstellungen in der CANOCO-Prozedur

Die Proben der drei Standorte, sollen bezogen auf ihre stofflichen Gehalte, miteinander verglichen werden. Daher wird in der CANOCO-Prozedur die Einstellung „Inter-sample distance“ (Distance-Biplot) gewählt, die den Fokus auf den Vergleich zwischen den Proben legt. Mit der Einstellung „Center and Standardize by Sample“ werden auch die Einzelproben standardisiert. Weitere Datentransformationen werden nicht vorgenommen. Zur Darstellungen der Beziehungen der Parameter untereinander wird hingegen die Einstellung „Inter-species-correlation“, der so genannte „Correlation-Biplot“ gewählt (TER BRAAK, ŠMILAUER 1998).

### 4.3 Vorliegende Daten

Tabelle 1: Termine der Probennahmen

Termine	Kampagne	Honig	Pollen	Moose
2006-1	1	12.07.2006	12.07.2006	10.07.2006
2006-2	2	10.08.2006	10.08.2006	keine Proben genommen
2007-0	3	29.05.2007	29.05.2007	06.06.2007
2008-1	4	12.06.2008	keine Proben genommen	05.06.2008
2008-2	5	08.07.2008	08.07.2008	04.07.2008
2008-3	6	16.07.2008	16.07.2008	22.07.2008

Tabelle 2: Verfügbare Proben

Kampagne	Metalle im Honig	Metalle im Pollen	Metalle in den Moosen	PAK im Honig	PAK im Pollen	PAK in den Moosen
2006-1	7-8-8	8-8-8	4-4-4	7-8-8	8-8-8	4-4-4
2006-2	7-8-7	8-8-8	Werte fehlen	8-8-8	8-8-8	Werte fehlen
2007-0	12-12-12	12-12-12	4-8-12	12-12-12	12-12-12	3-13-8
2008-1	1-1-1	Werte fehlen	2-1-3	1-1-1	Werte fehlen	1-1-3
2008-2	1-1-1	1-1-1	1-1-3	1-1-1	1-1-1	1-3-1
2008-3	1-1-1	1-1-1	2-1-3	1-1-1	1-1-1	1-3-1

Bemerkungen: Standortreihenfolge: N-T-F, 2006/07 (Einzelproben), 2008 (Mischproben),  
Urdateien: FRAPORT08/Alle Metalle und FRAPORT08/Alle PAK

Tabelle 3: Analyierte Elemente.

Element	Analysiert?	Element	Analysiert?
Aluminium (Al)	Ja	Magnesium (Mg)	Erst ja, später nein
Arsen (As)	Ja	Mangan (Mn)	Ja
Barium (Ba)	Ja	Natrium (Na)	Erst ja, später nein
Kalzium (Ca)	Erst ja, später nein	Nickel (Ni)	Ja
Cadmium (Cd)	Ja	Blei (Pb)	Ja
Kobalt (Co)	Ja	Palladium (Pd)	Nein, weil unter NWG/ BG
Chrom (Cr)	Ja	Rhodium (Rh)	Nein, weil unter NWG/ BG
Kupfer (Cu)	Ja	Platin (Pt)	Nein, weil unter NWG/ BG
Eisen (Fe)	Erst ja, später nein	Antimon (Sb)	Nein, weil unter NWG/ BG
Quecksilber (Hg)	Nein, weil unter NWG/ BG	Zink (Zn)	Ja
Kalium (K)	Erst ja, später nein		

Tabelle 4: Analyierte PAK.

PAK	Abkürzungen	Vorkommen in Kraftfahrzeugabgasen	Vorkommen in Flugzeugabgasen
1 Naphthalin	Naph	X	X
2 Acenaphthylen	Acyl		X
3 Acenaphthen	Ace		X
4 Anthracen	Anth		X
5 Benzo(a)anthracen	BaA	X	X
6 Benzo(a)pyren	BaP		X
7 Benzo(b)fluoranthren	BbF	X	X
8 Benzo(k)fluoranthren	BkF	X	X
9 Benzo(ghi)perylen	BghiP	X	
10 Chrysen	Chr	X	X
11 Dibenz(ah)anthracen	DBahA	X	
12 Fluoranthren	F		X
13 Fluoren	Fl	X	X
14 Indeno(1,2,3-cd)pyren	IcdPy	X	
15 Phenanthren	Phen	X	X
16 Pyren	Py		X

## 5. Ergebnisse im Überblick

Tabelle 5: Überblick über die Analysen und die Erklärungsgehalte der PCA

Abbildung	Analysen	Anzahl Proben	Parameter	Erklärungsgehalt 1. Achse in [%] (horizontal)	Erklärungsgehalt 2. Achse in [%] (vertikal)
1 <sup>+</sup>	Metalle/ Honig	96	16	23,1	19,8
3 <sup>+</sup>	Metalle/ Pollen	90	16	22,5	19,2
5 <sup>+</sup>	Metalle/ Moose	45	16	25,8	20,0
2 <sup>+</sup>	PAK/ Honig	96	16	33,8	25,9
4 <sup>+</sup>	PAK/ Pollen	90	16	28,9	15,5
6 <sup>+</sup>	PAK/ Moose	51	16	25,9	17,6
8 <sup>+</sup>	PAK+Met./ Honig+Pollen	168	32	18,4	13,1
9 <sup>+</sup>	PAK+Met./ Ho+Po+Mo (Mittelwerte)	48	32	27,8	13,6
10 <sup>*</sup>	PAK/ Honig (Mittelwerte)	18	16	44,1	26,4
11 <sup>*</sup>	Metalle/ Honig (Mittelwerte)	18	16	41,3	19,8
	* Correlation-Biplot		+ Distance-Biplot		

---

## 6. Besprechung der Einzelergebnisse

### 6.1 Beschreibung der PCA-Diagramme

#### 6.1.1 Allgemeines

Grundlage für die Beschreibungen der PCA-Diagramme sind die Erklärungsgehalte (Eigenvalues) der ersten beiden Achsen der PCA (siehe Tabelle 5). Die Erklärungsgehalte beschreiben die Anteile an der Gesamtvarianz, die in den jeweiligen Diagrammen abgebildet sind. Im Diagramm der Abbildung 1 sind es z.B. 42,9 Prozent der Gesamtvarianz. Die Diagramme zeigen quantitativ die jeweiligen Hauptverteilungsmuster der Proben. Weitere Datenmuster, die sich mit den folgenden PCA-Achsen darstellen ließen, sind quantitativ nachrangig. Dies sollte beim Lesen der Diagramme beachtet werden. Zuerst werden die Analysen der Einzelproben beschrieben (Abbildungen 1 bis 6, 7 und 8). Bei diesen Analysen werden alle verfügbaren Proben als Einzelproben bezogen auf ihre Metall- und PAK-Gehalte analysiert. Nach der Analyse werden die Proben zur besseren Anschauung per Hand zu Gruppen zusammengefasst (umrahmt), die entweder bezogen sind auf die Kampagnen oder auf die Standorte. Die Analyse mit den gemittelten Probenwerten werden in analoger Weise beschrieben (Abbildungen 9 bis 11).

#### 6.1.2 Metalle im Honig (Abb. 1 und 7 oben links)

In der Abbildung 1 sind die einzelnen Honigproben entlang der Konzentrationsgradienten der Metalle angeordnet. Es ergeben sich vier Cluster, die sich aus Proben zusammensetzen, die jeweils aus derselben Kampagne stammen. Der Cluster mit den Proben aus dem Jahr 2008 ist kleiner (drei Kampagnen, im Diagramm unten rechts) und liegt am Rand der anderen Gruppen. Er besteht aus weniger Datenpunkten, weil für dieses Jahr nur aus Mischproben (gepoolte Einzelproben) chemisch analysiert wurden. Die anderen drei Cluster überlagern sich. Es sind aber nur fünf der 96 Probenwerte, die das bewirken (Ausreißer). In Abbildung 7 oben links ist zu sehen, dass die Mittelwerte<sup>4</sup> mit ihren Standardabweichungen weit auseinander liegen. Die Cluster können daher als getrennte Gruppen angesprochen werden. Die Gruppen werden im Wesentlichen durch die Gehalte von Na, Ni, Cu, K, Mg, Mn, Cr und Al voneinander getrennt. Interessant sind die Probennahmezeitpunkte im Jahr 2006. Zwischen der ersten (12. Juli) und der zweiten Kampagne (10. August) lag weniger als ein Monat. Trotzdem sind die beiden Kampagnen sehr unterschiedlich.

---

<sup>4</sup>Streng genommen müssten die Schwerpunkte der Cluster zur Beurteilung herangezogen werden. Mathematisch entsprechen die Mittelwerte zwar nicht exakt den Schwerpunkten, sind aber leichter zu errechnen.



### 6.1.3 PAK im Honig (Abb. 2 und 7 oben rechts)

Noch deutlicher ist der Kampagnenbezug der Gruppen bei den PAK-Komponenten im Honig zu erkennen (Abbildung 2). Auch die Standardabweichungen der Mittelwerte überlagern sich hier nicht (Abbildung 7 oben rechts). Die PAK, die als wichtigste Parameter das Diagramm aufspannen, sind: Acenaphylen (Acyl), Benzo(a)anthracen (BaA), Benzo(b)fluoranthen (BbF), Indeno(1, 2, 3-cd)pyren (IcdPy), Benzo(ghi)perylen (BghiP), Naphtalin (Naph), Dibenz(ah)-anthracen (DBahA) und Benzo(k)fluoranthen (BkF).

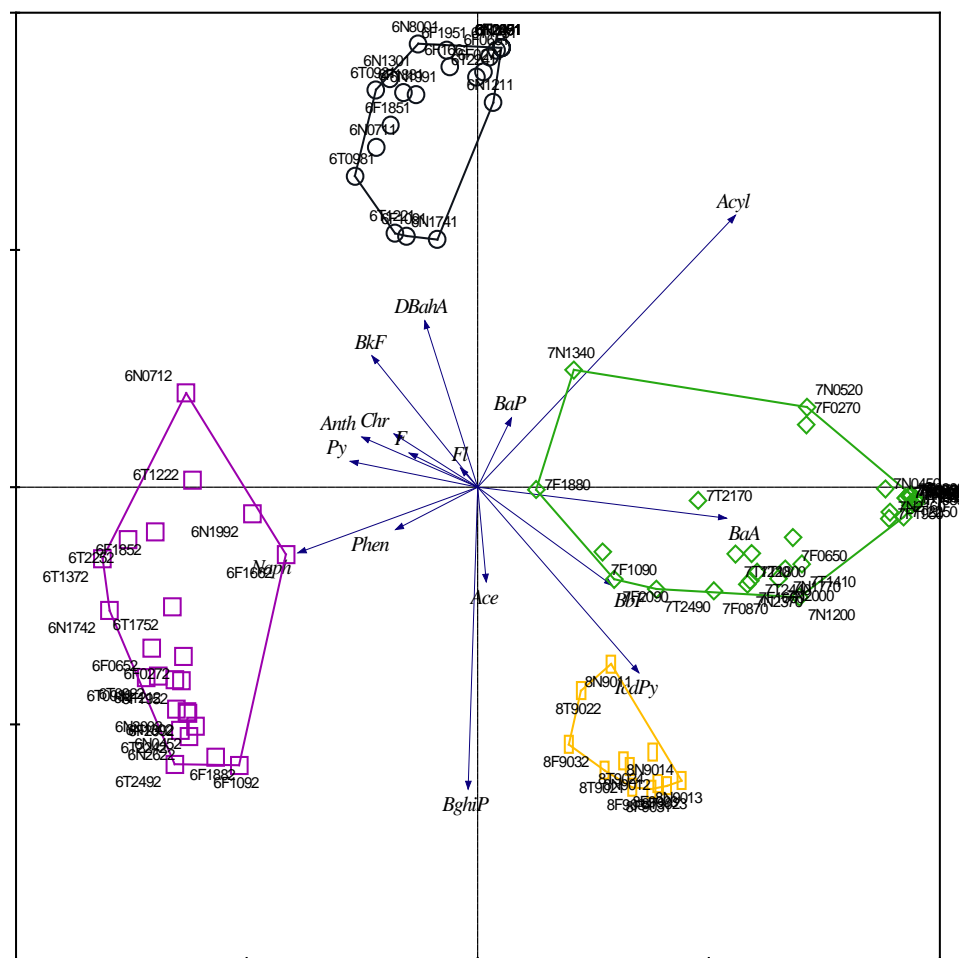


Abb. 2: PCA-Distance-Biplot der Honigproben. Das Diagramm zeigt die Proben entlang der PAK-Gradienten. Die Abkürzungen der PAK sind in der Tab. 3 aufgeführt. Codierung der Probennummer: Die erste Ziffer bezeichnet das Probenahmejahr, der Buchstabe den Standort, die drei folgenden Ziffern codieren die einzelne Probe. Die letzte Ziffer unterscheidet nur die Kampagnen innerhalb eines Kalenderjahres: 2006-1, früh (Kreise), 2006-2, spät (Quadrate), 2007-0 (Rauten), 2008-1 bis -3, früh, mittel und spät (Rechtecke). Standorte: Hintertaunus (H), Niederursel (N), Fraport-Gelände (F). Die Umrahmungen der Cluster (Punktwolken) sind zur besseren Anschauung manuell hinzugefügt und entsprechen den Probenahmezeiten.







### 6.1.6 Metalle in den Moosen (Abb. 5 und 7 unten links)

Bei den Metall-Gehalten in den Moosen sind die Verhältnisse umgekehrt. Hier sind es die Standorte, die die Proben zu Gruppen differenzieren. Aus der Abbildung 7 unten links ist ersichtlich, dass die gefundene Zuordnung im Vergleich genau so deutlich ist, wie bei den Metallen in den Honigproben. Von zwei Ausnahmen abgesehen (6F013 und 8F903), enthalten die Moosproben des Frankfurter Flughafens im Durchschnitt mehr Cu, Zn und Cd als die anderen Proben.

Die Proben vom Standort Niederursel enthalten hingegen höhere Mengen an Pb (Autobahn 5 in der Nähe). Viele Proben aus dem Taunus zeichnen sich wiederum durch höhere Gehalte an Mg, K und Mn aus.

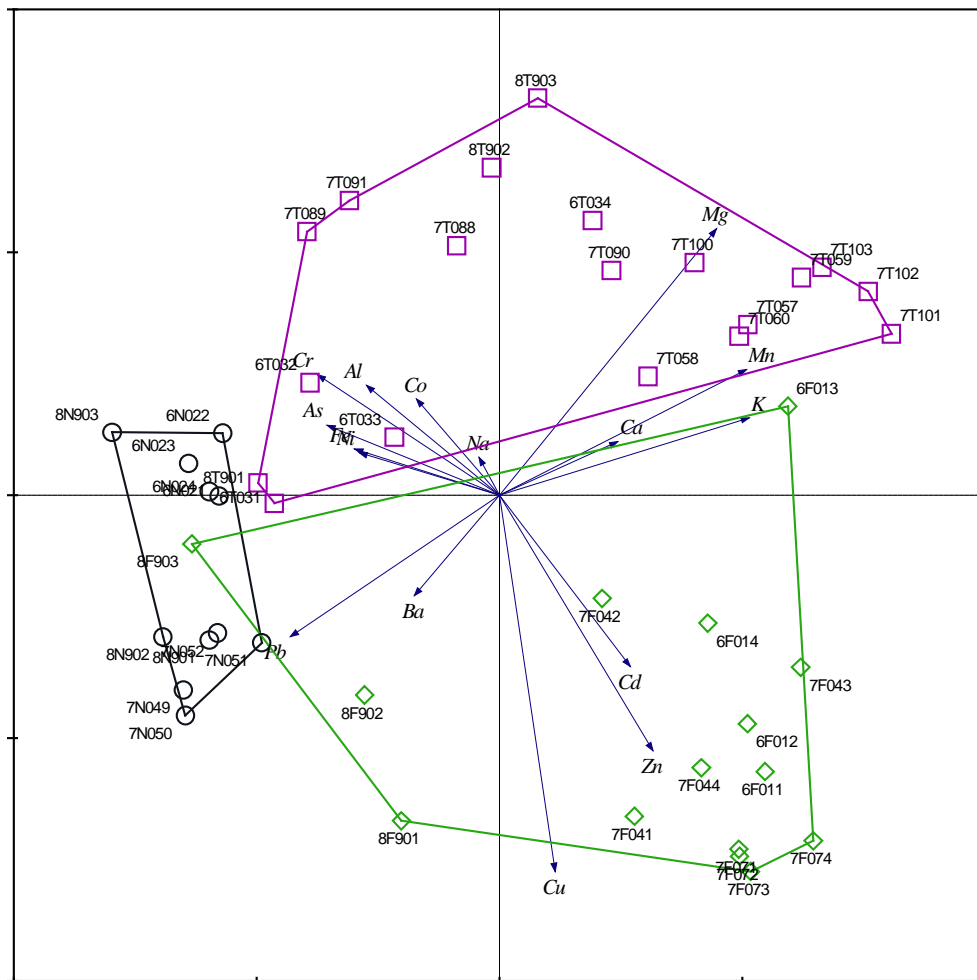


Abb. 5: PCA-Distance-Biplot der Moosproben (Referenz). Das Diagramm zeigt die Proben entlang der Metall-Gradienten. Standorte: Niederursel (N, Kreise), Hinterer Taunus (T, Quadrate), Fraport-Gelände (F, Rauten). Codierung der Probennummer: Die erste Ziffer bezeichnet das Probenahmejahr, der Buchstabe den Standort, die drei folgenden Ziffern codieren die einzelne Probe. Die Umrahmungen der Cluster (Punktwolken) sind zur besseren Anschauung manuell hinzugefügt und entsprechen hier nicht, wie in den Abb. 1 bis 4, den Probenahmezeiten, sondern sind entsprechend der Standorte gezogen worden.

### 6.1.7 PAK in den Moosen (Abb. 6 und 7 unten rechts)

Die PAK-Gehalte in den Moosen zeigen weder einen Standortbezug (Abbildung 6) noch einen Kampagnenbezug (Diagramm nicht dargestellt). Auch wenn sich die Proben vom Frankfurter Flughafen (Fraport) im Durchschnitt etwas von den übrigen unterscheiden, so ist dieser Unterschied als nicht signifikant anzusehen, weil die Standardabweichungen sich fast vollkommen überlagern (Abbildung 7 unten rechts).

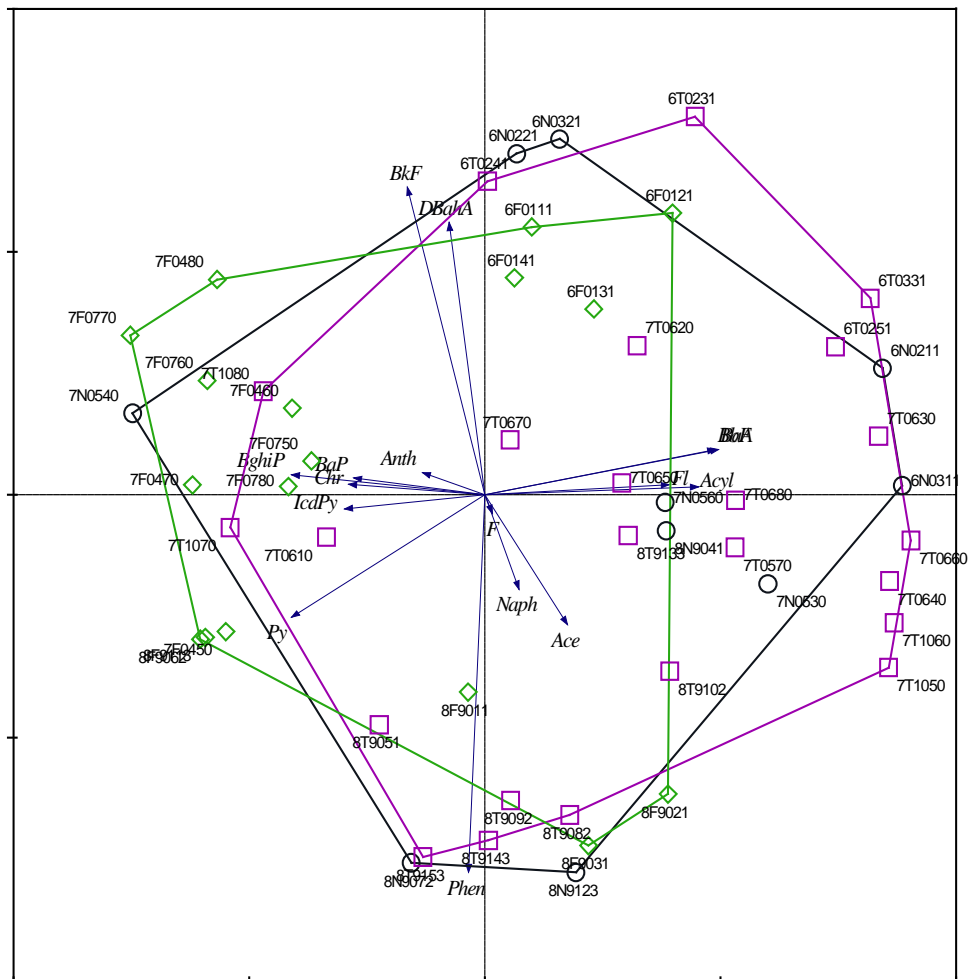


Abb. 6: PCA-Distance-Biplot der Moosproben (Referenz). Das Diagramm zeigt die Proben entlang der PAK-Gradienten. Standorte: Niederursel (N, Kreise), Hinterer Taunus (T, Quadrate), Fraport-Gelände (F, Rauten). Codierung und Sonstiges: wie Abb. 5.

### 6.1.8 Übersicht über die mittlere Lage der gefundenen Gruppen

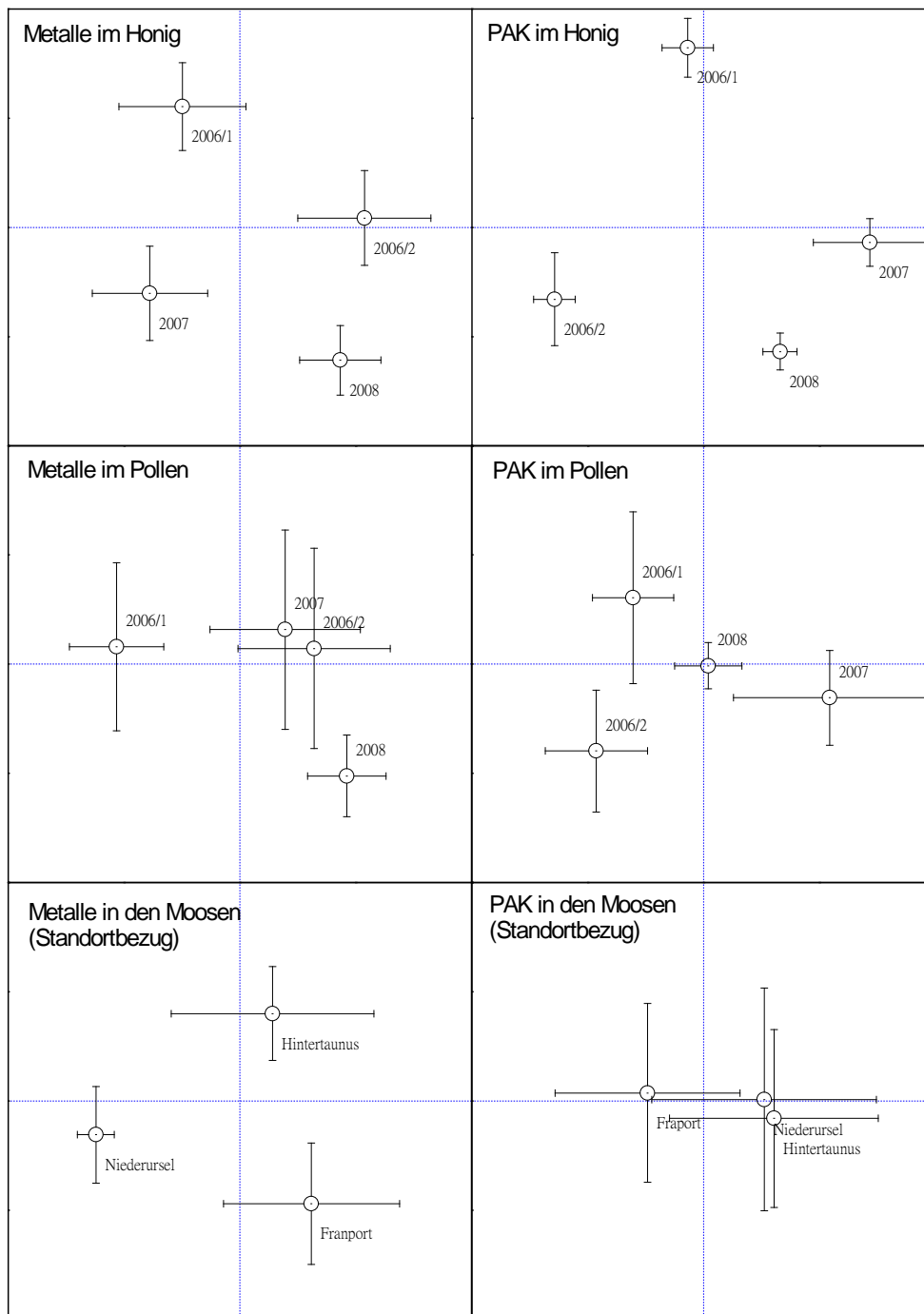


Abb. 7: Arithmetische Mittelwerte und Standardabweichungen der Probencluster in den einzelnen PCA (Abb. 1 bis 6). Die Mittelwerte repräsentieren in etwa die Clusterschwerpunkte<sup>4</sup>. Überschneiden sich die Balken nicht, können die Gruppen als eigenständig angesprochen werden.

### 6.1.9 Kombination der Honig- und der Polleneinzelproben

In einer Analyse werden alle Honig- und Polleneinzelproben der ersten drei Kampagnen (2006-1, 2006-2 und 2007) zueinander in Beziehungen gesetzt. Die Daten aus dem Jahr 2008 wurden nicht berücksichtigt, weil für diese Kampagnen nur Mischproben vorliegen. Die Moose wurden ebenfalls weggelassen, weil sie, zumindest in Bezug auf die Metallgehalte, einen Standortbezug aufweisen. Der Erklärungsgehalt der Analyse von 31,5 Prozent würde zudem bei steigender Probenanzahl noch weiter absinken.

In einem ersten Schritt werden alle 32 Parameter (16 Metalle und 16 PAK) in einer gemeinsamen Analyse verarbeitet. Die Abbildung 8 zeigt die Verteilung der Honigproben (gefüllte Symbole) und der Pollenproben (ungefüllte Symbole) entlang der Substanzgradienten, von denen nur die zehn wichtigsten Gradienten mit den längsten Pfeilen dargestellt sind. Rechts unten sind Mittelwerte und Standardabweichungen der ersten (Kreise), der zweiten (Rauten) und der dritten Kampagne (Dreiecke) angegeben. In einem zweiten Schritt wurden die physiologischen Metalle Ca, Mg, Na, K und Fe aus der Analyse herausgenommen (nicht dargestellt). Für das Aufspannen des Diagramms rücken als wichtigste Parameter nur Nickel, Dibenz(ah)anthrazen und Benzo(k)-fluoranthen nach und ersetzen Natrium, Magnesium und Acenaphthen aus der Komplettanalyse. Das Ergebnis ohne diese physiologischen Elemente ändert jedoch im Prinzip nichts an den nachfolgend aufgeführten Feststellungen (siehe S. 20).

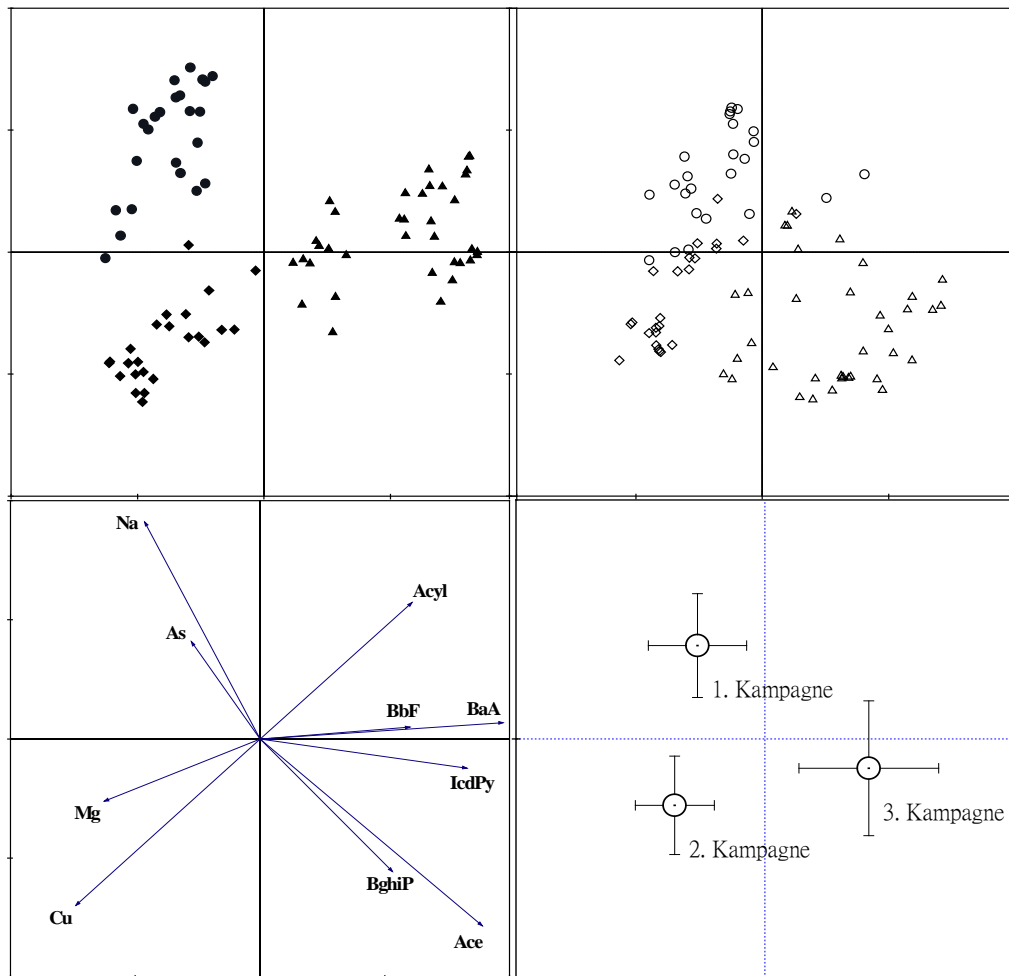


Abb. 8: Der PCA-Distance-Biplot (aufgeteiltes Diagramm) zeigt die Einzelwerte der Honig- und Pollenproben aller Standorte und aller 32 Parameter (16 Metalle, 16 PAK) der drei Kampagnen aus den Jahren 2006 und 2007. Honig (gefüllte Symbole, oben links), Pollen (ungefüllte Symbole, oben rechts). Die zehn wichtigsten Parameter (längste Pfeile, unten links), die Mittelwerte mit Standardabweichung der Kampagne 2006-1 (Kreise), 2006-2 (Rauten) und 2007-0 (Dreiecke) überlagern sich nicht (unten rechts). Das Jahr 2008 wurde wegen fehlender Einzelwerte (nur Mischproben vorhanden) nicht mit aufgenommen.

- Die Gemeinsamkeiten in den Belastungsspektren von Honigproben und Pollenproben innerhalb einer Kampagne sind größer als die Gemeinsamkeiten zwischen den Kampagnen.
- Die Proben aus dem Jahr 2006 weisen mehr Natrium, Magnesium, Arsen und Kupfer auf, die Proben aus dem Jahr 2007 demgegenüber höhere PAK-Gehalte.
- Die Kampagnen sind voneinander deutlich verschieden. Die Standardabweichungen ihrer Mittelwerte (sie werden erst nach der PCA-Analyse gebildet) überlagern sich nicht.

### 6.1.10 Analyse aller Proben, gemittelt (Abb. 9)

Die Analyse der Mittelwerte von Honig-, Pollen- und Moosproben wird genau so durchgeführt wie vorher die Analysen der Einzelproben. Der Unterschied ist nur, dass die Werte der einzelnen Kampagnen bereits vor der Analyse arithmetisch gemittelt werden. In die Analyse fließen alle Daten mit ein. Pro Kampagne (6) und Standort (3) und Probenart (3) wurde jeweils ein Mittelwert gebildet. Daraus ergeben sich im PCA-Diagramm theoretisch 54 Datenpunkte. Sechs von ihnen fehlen, weil in der zweiten Kampagne keine Moose und in der vierten Kampagne keine Pollen gesammelt wurden. Die Abbildung 9 zeigt das PCA-Diagramm, dass aus Gründen der Übersichtlichkeit in vier Teildiagramme zerlegt ist. Von den 32 Substanzen sind nur die zehn dargestellt, die statistisch am bedeutsamsten sind (lange Pfeile). Durch sie wird das PCA-Diagramm im Wesentlichen aufgespannt.

Aus Abbildung 9 ist zu ersehen, dass die Übereinstimmungen der Standortmittelwerte innerhalb einer Kampagne bei den Moosen an geringsten (links oben) und beim Honig am größten sind (rechts oben). Der Pollen liegt dazwischen (links unten). D.h., dass sich im Mittel von Honigproben nicht feststellen lässt, von welchem Standort sie stammen, wenn sie derselben Kampagne angehören.

In der ersten Kampagne (2006-1) liegen sowohl die Moos-, Pollen- und Honigproben sehr eng beieinander und zwar im gleichen Bereich des Diagramms (siehe jeweils dritter Quadrant der Teildiagramme). Die Substanzkonzentrationen im Honig, im Pollen und in den Moosen sind sich zu dieser Zeit am ähnlichsten. Während der anderen Kampagnen differieren die Belastungsspektren, im Honig und im Pollen stärker, z.B. liegen im Jahr 2007 die Pollenproben im ersten Quadranten, während die Honigproben im vierten Quadranten liegen. Der Honig enthält im Jahr 2007 im Durchschnitt höhere Gehalte an Acenaphthylen (Ace) und Benzo(a)anthracen (BaA), während der korrespondierende Pollen im Durchschnitt höhere Konzentrationen an Benzo(ghi)perylen (BghiP) und Indeno(1,2,3-cd)pyren (IcdPy) aufweist.

Der Pollen ebenso wie der Honig unterscheidet sich zwischen den drei kurz aufeinander folgenden Kampagnen im Jahr 2008 (05.06., 04.07. und 22. 07. 2008) nicht. Nur zwischen dem Honig und dem korrespondierenden Pollen gibt es analog zu 2006-2 und 2007 wieder stärkere Unterschiede<sup>5</sup>.

---

<sup>5</sup> ANMERKUNG DES AUTORS: Der Kontrast zwischen den Proben bei den Mittelwerten (Abb. 9) im Vergleich zu den Einzelwerten (Abb. 8) ist ein Effekt der Mittelwertbildung und der geringeren Probenanzahl (48 gemittelte Proben versus 168 Einzelproben).

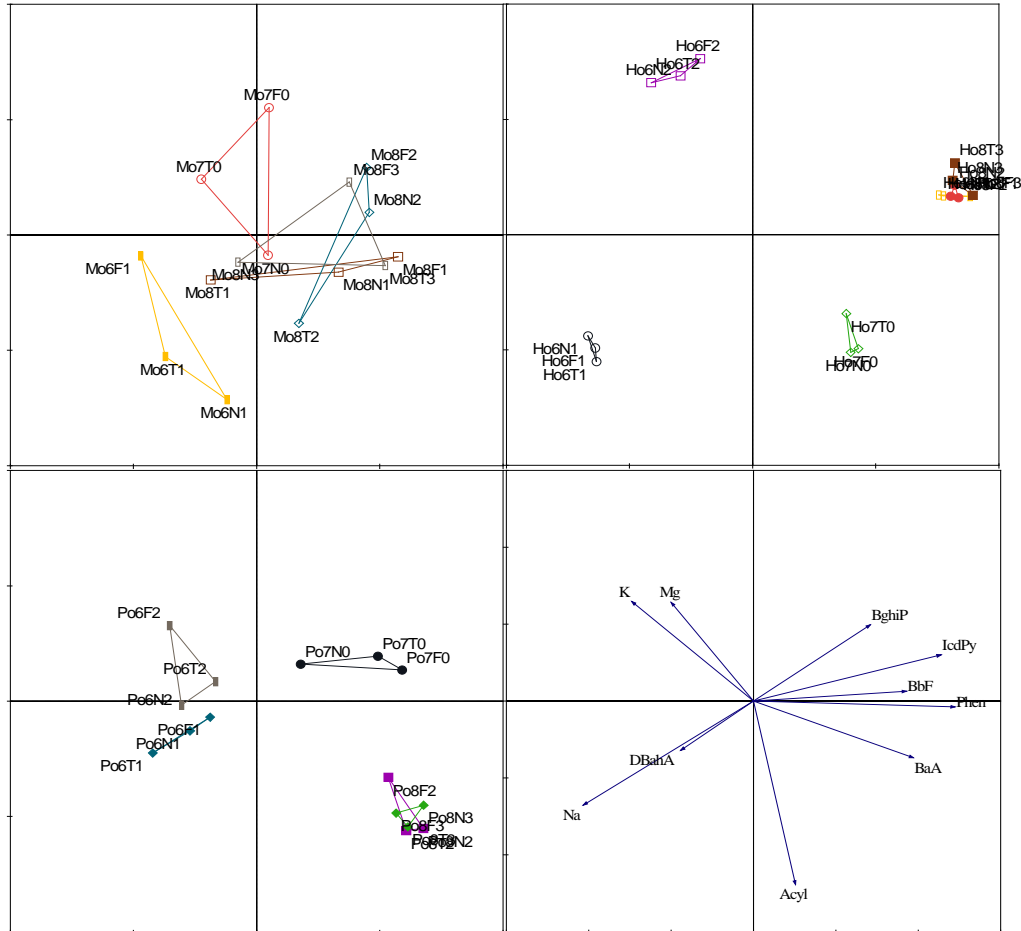


Abb. 9: PCA-Distance-Biplot (aufgeteiltes Diagramm) zur Analyse der mittleren Gehalte der Proben aller Standorte und Kampagnen für alle 32 Parameter (16 Metalle, 16 PAK, Abkürzungen Tab. 3 und 4) und alle drei Probenarten: Moose (oben links), Honig (oben rechts), Pollen (unten links). Nur die für alle Probenarten zehn wichtigsten Parameter sind dargestellt (lange Pfeile, unten rechts). Codierungen der Probennummern: erste beiden Buchstaben die Probenart (Ho, Po und Mo), erste Ziffer: das Probenahmejahr, dritter Buchstabe: die Standorte (H, T, und F) sind pro Kampagne zu Dreigruppen zusammengefasst. Die letzte Ziffer unterscheidet nur die Kampagnen innerhalb eines Jahres.



### 6.1.11 PAK-Gehalte der Honigproben

Die 16 PAK-Komponenten wurden in einer Korrelationsanalyse (siehe hierzu die Erläuterungen in Abschnitt 4.2) anhand der Mittelwerte untersucht. Im Diagramm der Abbildung 10 ist zu erkennen, dass die Proben der 1. und 2. Kampagne im Jahr 2006 sehr unterschiedliche PAK-Spektren aufweisen (Kreise), wohingegen die Proben der drei Kampagnen aus dem Jahr 2008 (Dreiecke) sehr ähnliche Gehalte aufweisen. Hierbei ist aber wieder zu beachten, dass die Proben von 2008 bereits Mittelwerte (Mischproben) waren, während die anderen Mittelwerte aus Einzelproben gebildet wurden. Die Proben werden bestimmt durch drei Gruppen von PAK.

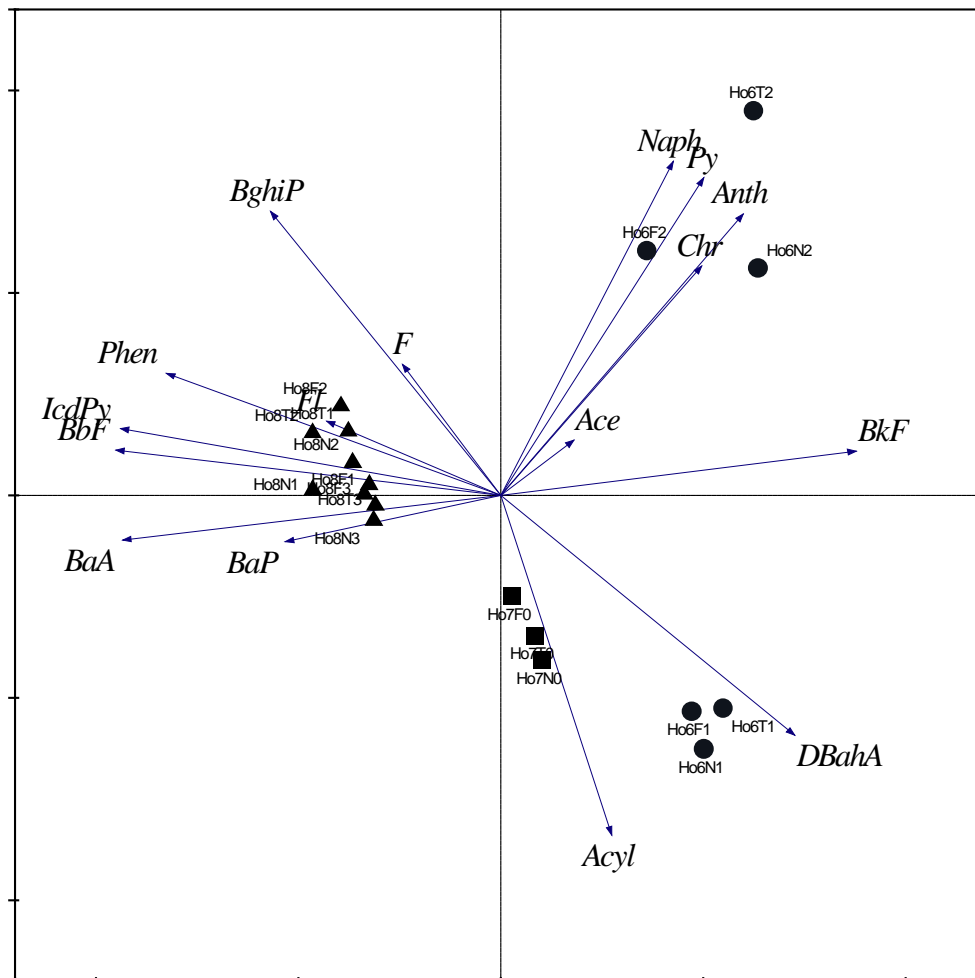


Abb. 10: PCA-Correlation-Biplot der PAK-Spektren im Honig. Die Proben der 1. und 3. Kampagne (Kreise, unten und Quadrate) werden von Acenaphthylen (Acyl) und Dibenzo(ah)anthracen (DBahA) dominiert, die 2. Kampagne von der PAK-Gruppe um das Naphthalin (Kreise, oben und die Kampagnen aus dem Jahr 2008 (Dreiecke) von der PAK-Gruppe um das Benzo(b)fluoranthen (BbF).

### 6.1.12 Metall-Gehalte in den Honigproben

Aufgrund der Lage der Probenmittelwerte lassen sich die Elementenspektren der Honigproben grob in drei Gruppen einteilen. Es gibt Proben, die durch hohe Mengen von Elementen um Magnesium, Kalium, Mangan und Kobalt dominiert werden. Andere Proben werden durch die Gehalte von Elementen um Blei, Eisen, Arsen und Natrium bestimmt, und die Proben aus dem Jahr 2008 (Dreiecke) zeigen bei sonst geringeren Metallkonzentrationen gleichzeitig erhöhte Chromwerte (vgl. GRÜNEWALD 2009: 7).

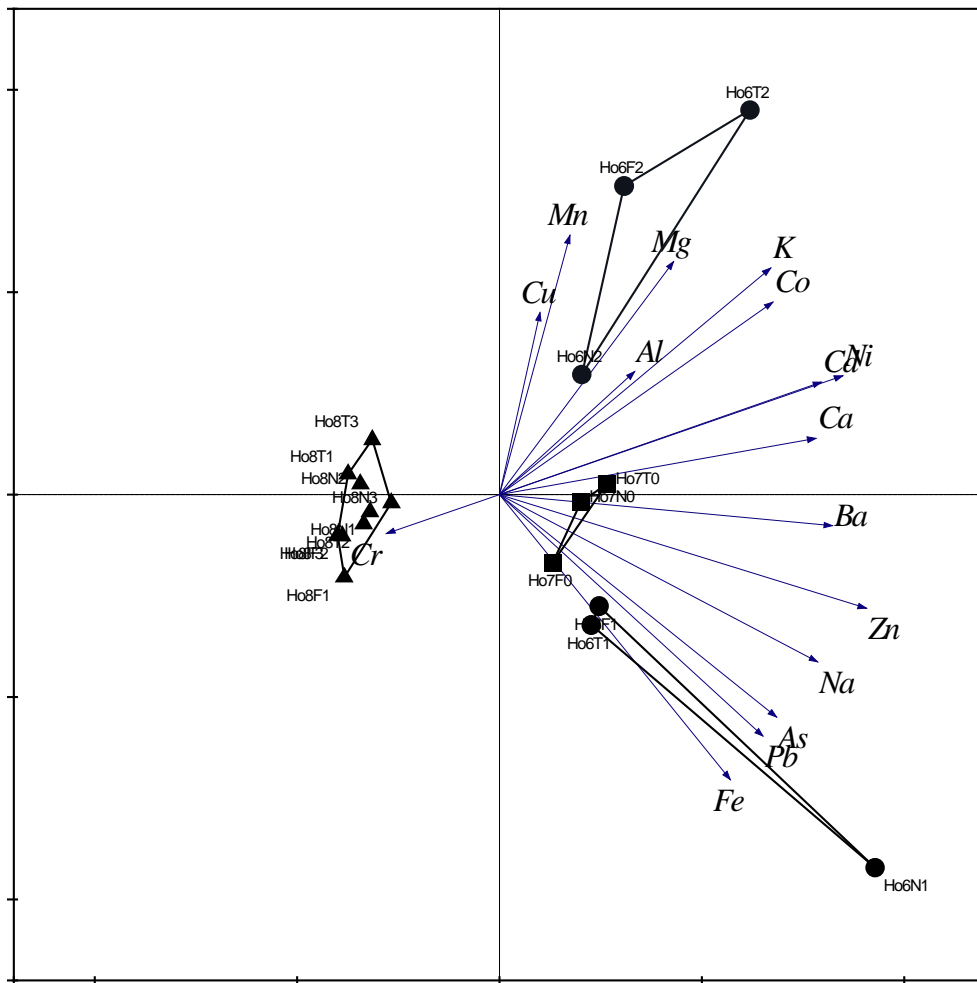


Abb. 11: PCA-Correlation-Biplot der Metallspektren von 16 Elementen im Honig. 1. und 2. Kampagne (2006, Kreise), 3. Kampagne (2007, Quadrate) und 4.-6. Kampagne (2008, Dreiecke). Die Probensymbole der drei Standorte (N, T und F) einer Kampagne sind zu besseren Veranschaulichung durch Linien miteinander verbunden. Der hohe mittlere Bleiwert in den Honigproben am Standort Niederursel vom 12.07.2006, Ho6N1 geht zurück auf einen sehr hohen Einzelwert von 2,49  $\mu\text{g/g}$  Pb im Honig.

## 6.2 Interpretation und Diskussion der Ergebnisse

### 6.2.1 Standortbezug der Proben

Die Analyse der Moose zeigt, dass die Metallgehalte ihrer Proben von Standort zu Standort deutlich verschieden sind. Die Honig- und Pollenproben sind in ihren Metall-Gehalten zwar klar den Kampagnen zuzuordnen, aber die Standorte haben hier noch einen gewissen Einfluss auf die Probenzusammensetzung (vgl. Mittelwerte in Abbildung 7). Keinen Einfluss dagegen, weder bei den Moosen noch bei den anderen Proben, haben die Standorte auf die PAK-Gehalte der Proben. Die PAK-Zusammensetzung einer Probe ist anscheinend nur abhängig vom Zeitpunkt der Probenahme (siehe Abschnitt 6.2.3).

In allen Analysen ist zu erkennen, dass die Honig- und Pollenproben sich sehr ähnlich sind, sich aber nicht gleichen. Die Unterschiede in der Zusammensetzung zwischen einer Honigprobe und ihrer korrespondierenden Pollenprobe (Bienenbrot) gehen lediglich zurück auf Unterschiede zwischen dem Nektar (zuckerreich, wässrig) und den Blütenstaub (proteinreich, trocken) der Pflanzen sowie auf einen unterschiedlichen Fermentierungsgrad beider Produkte durch die Biene.

Erhöht man den unteren Schwellenwert für den FTI (die Güte der Datenpunkte) von Null auf 33 Prozent, d.h. klammert man Datenpunkte aus, die schlecht mit den Achsen der PCA korrespondieren (nicht dargestellt), dann bleiben in der PCA aus Abbildung 8 fast nur die Honigproben übrig. Der Honig bildet somit bei einer Analyse zusammen mit dem Pollen den Kampagnenbezug sowohl bei den Metallen als auch bei den PAK deutlich besser ab. Alles was der Pollen (statistisch) zeigt, zeigt der Honig noch viel besser. Deshalb halte ich die Beprobung von Pollen zukünftig für entbehrlich (Abbildung 7).

Bis auf die Metallgehalte in den Moosproben zeigen die Probencluster (Punktewolken) aller anderen Proben eine mehr oder weniger ausgeprägte Zuordnung zu den Beprobungsjahren bzw. zu den Kampagnen (siehe oben). Fasst man die Proben standortbezogen zu Gruppen zusammen, dann lassen sich bis auf die Metall-Gehalte in den Moosen (Abbildung 5) keine Unterschiede zwischen den Gruppen mehr feststellen. Die Diagramme hierzu sind zwar nicht dargestellt, würden aber im Prinzip so aussehen, wie die Darstellungen in der Abbildung 6 und keine abgrenzbaren Cluster zeigen.

Diese Beobachtung steht im Einklang mit den Schlussfolgerungen aus einer kürzlich fertig gestellten Diplomarbeit, die unter einer anderen Fragestellung dieselben Daten verarbeitet hat. Bezogen auf die PAK-Gehalte in den Proben heißt es dort: *„Die Tatsache, dass ähnliche Belastungsmuster bei der gleichen Messkampagne aber in unterschiedlichen Probenmatrices und an unterschiedlichen Standorten vorkommen, während Standortunterschiede keinen Trend nachweisen lassen, zeigt, dass zu unterschiedlichen Zeitpunkten innerhalb einer Vegetationsperiode unterschiedliche Verteilungsmuster auftreten.“* (NOWAK 2010: 49).

Über die Stärke der Zuordnung der Honig- und Pollenproben zu den Kampagnen geben überdies indirekt auch die Erklärungsgehalte der ersten beiden Hauptachsen der PCA Auskunft (siehe Tabelle 5). Die prozentualen Angaben sind zwar interpretierbar und abhängig von der Anzahl und Varianz der in die Analyse eingegangenen Parameter. Es handelt sich aber stets um das Hauptmuster in den Daten. Aus Erfahrung lässt sich sagen, dass Ergebnisse als sehr gut interpretierbar gelten und belastbar sind, wenn sie Erklärungsgehalte um die 40 Prozent pro Diagramm (d.h. 1. und 2. Achse) aufweisen, gefolgt von stark abnehmenden Prozentsätzen für die folgenden Achsen. Diese zeigen nur Nebemuster, die vernachlässigbar sind (3. und 4. Achse usw.). Demzufolge können die Ergebnisse aus den Analysen als sehr belastbar angesehen werden (vgl. Tabelle 5).

## 6.2.2 Honigzusammensetzung

Anhand der PAK- und Metallzusammensetzung lassen sich die Honigproben in drei Gruppen einteilen (lange Pfeile in Abbildung 10 und 11):

1. die Naphthalin-Gruppe und Magnesium/Kalium/Mangan/Kobalt
2. Acenaphthylen/Dibenz(ah)anthracen und Blei/Eisen/Arsen/Natrium-Gruppe
3. Benzo(b)fluoranthen-Gruppe und Chrom

Obwohl die aufgeführten Substanzen nicht als Leitstoffe angesehen werden können, so markieren sie doch, wenn sie gleichzeitig in höherer Konzentration in den Proben auftreten, eine gewisse Gruppenzugehörigkeit. Aufgrund der Tatsache, dass sich die Belastungssituation der Standorte auch zukünftig verändern kann (wird), lässt sich diese Gruppeneinteilung nur retrospektiv vornehmen. Wünschenswert aber wohl nicht realistisch ist es, solcherlei Gruppen zu Markern weiter zu entwickeln, die dann auch prospektiv eine Beurteilung der Honigproben möglich machen.

## 6.2.3 Moose als Referenzorganismen

Die Fähigkeit von Laubmoosgewächsen (*Moss*), Schwermetalle zu akkumulieren, wird seit 1990 in einem tumusgemäß durchgeführten Umweltbeobachtungsprogramm von Bund und Ländern ausgenutzt, um flächendeckend luftschadstoffgetragene Gebietsbelastungen zu untersuchen (UBA 2010). Auch die Analysen in unserem Projekt, die die Moose und die Metalle korrelieren (Abbildung 5), zeigen einen Standort-, d.h. Gebietsbezug, während die Proben in Bezug auf die Kampagnen keine Gruppen bilden (nicht dargestellt). Die Zuordnung ist in etwa so deutlich wie die Zuordnung der Metallgehalte im Honig zu den Kampagnen. Aus diesem Ergebnis lässt sich daher ableiten, dass sich die Moose als Referenzpflanzen (Bioindikatoren) für die Metallkonzentrationen an den FRABIMO-Standorten durchaus gut eignen. Man würde sich zwar gerne eine noch deutlichere Zuordnung der Proben zu den Standorten wünschen, aber verschiedene Faktoren können die Variation der Metallkonzentrationen in den Moosen im einzelnen deutlich erhöhen: Neben Unterschieden zwischen den gesammelten Arten selbst, sind es beispielsweise Faktoren wie unterschiedliche Trocken- und Nassdepositionen der luftgetragenen Schadstoffen, Verdünnungseffekte durch unterschiedliche Wachstumsraten, das Oberflächen/Volumen-Verhältnis der Phylloide (Alter) sowie unterschiedliche Wuchsformen oder Standortvarietäten der Moose (UBA 2010). Nicht außer Acht lassen sollte man schließlich auch die Möglichkeit, dass Stoffe durch die Sporenbildung auch wieder ausgetragen werden können.

Für die PAK-Konzentrationen in den Moosproben lassen sich weder Standortbezüge noch Bezüge zu den Kampagnen herstellen (völlige Überlagerung aller Gruppen, Abbildungen 6 und 7). Das bedeutet zunächst aber noch nichts: Aus der fehlenden Korrelation der PAK zu den Standorten lässt sich nicht der Schluss ziehen, dass Moose für PAK keine Referenzobjekte sein könnten, denn wissenschaftstheoretisch handelt es sich um eine „nicht gefundene“, nicht aber um eine „nicht vorhandene“ Korrelation. Auf der anderen Seite kann bei der gefundene Korrelation der Metalle zu den Standorten nicht von einer Scheinkorrelation ausgegangen werden, weil Metallakkumulationen in Moosen wissenschaftlich allgemein anerkannt sind. Trotzdem bin ich der Meinung, dass lufteingetragene PAK-Komponenten nicht durch Moose detektiert werden können. Folgende Überlegungen möchte ich hierzu anstellen:

1. Die Moose müssten die Möglichkeit haben, die hochmolekularen Stoffe überhaupt aufnehmen zu können. Ein oberflächliches Anhaften der Stoffe reicht nicht aus, weil die Laubmoosphyllloide aufgrund fehlender Wachsschichten wesentlich hydrophiler sind als die mit einer Kutikula besetzten Blattflächen von Samenpflanzen, was den mechanischen Abrieb von aufgelagerten hydrophoben Stoffen durch Witterungseinflüsse sicher sehr begünstigt.
2. Bevor Moose die PAK in irgendeiner Form repräsentativ akkumulieren können, müssen die jeweiligen Standorte einer gleichartigen, gleichbleibenden und praktisch persistenten Belastung ausgesetzt sein. Die geringe Abbaubarkeit von PAK-Komponenten, die als Eigenschaft von den Substanzen selbst herrühren, d.h. ihr hohes Akkumulationsvermögen in oder an lipophilen Stoffen (vgl. Biokonzentration und –magnifikation), darf nicht verwechselt werden mit der Mobilität oder Immobilität, die diese Stoffe in verschiedenen abiotischen Umweltkompartimenten haben. Innerhalb des untersuchten Dreijahreszeitraumes konnte nicht gezeigt werden, dass die Standorte jeweils einer für den Standort typischen, in Qualität und Quantität gleichbleibenden Belastung an PAK ausgesetzt waren.

An die Akkumulationsfähigkeit von Referenzproben sollten strenge Maßstäbe angelegt werden. Daraus folgt meines Erachtens, dass Laubmoose eher weniger gut als Bioindikatoren für die hier untersuchten PAK-Komponenten geeignet sind. Nach den Analysen bin ich zudem zu der Auffassung gelangt, dass der Einfluss der Witterung auf die PAK-Depositionen in einem gesonderten Projekt untersucht werden sollte. Hier erscheint vieles noch unklar, unklarer jedenfalls als ursprünglich gedacht.

Eine Alternative zu den Moosen als Referenzorganismen könnten Pilze sein. Sie können standortgebundene PAK-Belastungen über ihr ausgedehntes Mycelgeflecht möglicherweise besser abbilden, weil sie über die Hypen auch hochmolekulare Stoffe aufnehmen (wie z.B. Bruchstücke von gespaltenem Lignin). Gegen die Pilze spricht allerdings neben der Fundunsicherheit auch, dass sie von den lufteingetragenen, oberflächlichen PAK-Depositionen nur langfristig etwas „mitbekommen“.

Nach den Analyseergebnissen, besonders der PCA im Diagramm der Abbildung 2 (PAK-Gehalte im Honig) und der Annahme, dass luftfrachtgebundene PAK-Belastungen im zeitlichen Verlauf sehr volatil, d.h. sehr schwankend sind, und unter der Voraussetzung, dass die beprobten Standorte nicht weit genug voneinander entfernt liegen, um unterschiedlich sein zu können, wäre zu überlegen, ob nicht der Honig selbst als Referenz für standortgebundene PAK-Belastungen geeignet wäre. Die von den Bienen abgeweideten Flächen müssten dann aber wesentlich weiter voneinander entfernt sein.

## 7. Zusammenfassung

Die Stoffkonzentrationen von 16 metallischen Elementen und 16 Polyzyklischen Aromatischen Kohlenwasserstoffen (PAK) im Honig und Bienenbrot (Pollen) von Bienenvölkern dreier Standorte im Rhein-Mein-Gebiet wurden mit der Principal Component Analysis (PCA) auf Gemeinsamkeiten ihrer Gehaltsspektren hin untersucht. Die FRABIMO-Proben der Jahre 2006 bis 2008 zeigen keinen nennenswerten Standortbezug, sondern sind von Probennahme zu Probennahme zum Teil sehr verschieden. Die Gehaltsspektren der Honig- und Pollenproben ähneln sich sehr. Die Verteilungsmuster und Gruppenzuordnungen werden jedoch in der statistischen Analyse durch die Honigproben schärfer abgebildet. Aus statistischer Sicht kann daher auf die Beprobung der Pollen verzichtet werden. Die Moose, die als Standortreferenzproben gedacht waren, sind nur für die standorttypischen Metallexpositionen geeignet. PAK-Komponenten werden von den Moosen hingegen weder standort- noch kampagnenbezogen abgebildet. Sie eignen sich daher eher nicht zur Beurteilung der PAK-Belastung an den FRABIMO-Standorten. Die Metall- und PAK-Spektren der Honigproben lassen sich zu drei Gruppen zusammenfassen:

- a) Proben mit u.a. hohen gleichzeitigen Gehalten von Pb, Fe, As und Na  
+ u.a. hohen Benzo(b)fluoranthren-Gehalten (Kampagne 2008-1, 2008-2, 2008-3).
- b) Proben mit u.a. hohen gleichzeitigen Gehalten von Mg, K, Mn und Co  
+ hohen Acenaphthylen und Dibenz(ah)anthracen-Gehalten (Kampagne 2006-1, 2007).
- c) Proben mit etwas erhöhten Cr-Gehalten bei sonst geringen Metall-Gehalten  
+ u.a. hohen Naphthalin-Gehalten (Kampagne 2006-2).

Die retrospektive Probenzuordnung ist vom Zeitpunkt der Probennahme und von der Art der Probe (Einzel- oder Mischprobe) beeinflusst und somit als vorläufig einzustufen. Werden weitere Proben aus den folgenden Jahren hinzugenommen, kann sich das Lagebild (Abbildungen 10 und 11) verändern.

Da sich die zeitlich veränderlichen Gehaltsspektren der Metalle und der PAK in den Honigproben über alle FRABIMO-Standorte gut abbilden lassen, wäre abschließend zu überlegen, ob nicht der Honig selbst zur Standorttypisierung (Arealtypisierung) herangezogen werden kann und damit die Moose als Referenz ersetzen kann, zumindest für PAK-Immissionen.

## 8. Schriftenverzeichnis

- Austin, M.P. (1985): Continuum Concept, Ordination Methods and Niche Theory. *Ann. Rev. Ecol. Syst.* 16, 39-61
- Backhaus, K., Erichson, B., Plinke, W., Weiber, R. (1996): *Multivariate Analysemethoden. Eine anwendungsorientierte Einführung*. Springer, Berlin
- Gauch, H.G. (1982): *Multivariate Analysis in Community Ecology*. Cambridge University Press, Cambridge
- Grünewald, B., Hanke, L., (2009): *Umweltmonitoring mit Bienen –FRABIMO-*, Spektrum Umwelt 9, Frankfurt
- Hartung, J., Klösener, K.-H., Elpelt, B. (1985): *Multivariate Statistik. Lehr- und Handbuch der angewandten Statistik*. Oldenbourg, München
- Legendre, P., Legendre, L. (1998): *Numerical Ecology. Developments in Environmental Modelling* 20. Elsevier, Amsterdam
- Leps, J., Šmilauer, P. [Stand: 31. 12. 2010, 10.45 MEZ]: *Multivariate Analysis of Ecological Data*. Online im Internet: URL: <http://regent.jcu.cz/>
- Nowak, D., (2010): *PAK-Immissionen im Rhein-Main-Gebiet – Versuch einer Zuordnung zu Emissionsquellen*, Diplomarbeit, Zittau
- Oehlmann, J., et al. (2006): *Ergebnisse des Moosmonitorings 2006 in Bereich des Frankfurter Flughafens*. PowerPointPräsentation, Frankfurt (unveröffentlicht)
- Palmer, M. [Stand: 31. 12. 2010, 10.45 MEZ]: *Ordination Methods for Ecologists*. Online im Internet: URL: <http://ordination.okstate.edu>
- Pielou, E.C. (1984): *Mathematical Interpretation of Ecological Data*. John Wiley and Sons, New York, London
- Sparks, T.M., Scott, W.A., Clarke, R.T. (1999): Traditional Multivariate Techniques: Potential for use in Ecotoxicology. *Environ. Toxicol. Chem.* 18, 128-137
- Ter Braak, C.J.F. (1994): Canonical community ordination. Part I: Basic theory and linear methods. *Ecoscience* 1, 127-140
- Ter Braak, C.J.F., Prentice, I.C. (1988): A Theory of Gradient Analysis. *Adv. Ecol. Res.* 18, 271-317
- Ter Braak, C.J.F., Šmilauer, P. (1998): *CANOCO Reference Manual and User's Guide to Canoco for Windows: Software for Canonical Community Ordination (version 4)*. Microcomputer Power. Ithaca, New York
- UBA [Stand: 12. 12. 2010, 10.00 MEZ]: *Moos-Monitoring der Bundesrepublik Deutschland*. Online im Internet: URL: <http://gis.uba.de/website/web/moos/index.html>
- Zöfel, P. (2001): *Statistik verstehen. Ein Begleitbuch zur computergestützten Anwendung*. Addison-Wesley, München

## 9. Anhang

Tabelle 6: Auflistung der Originaldaten. Die Konzentrationen der 16 Metalle in  $\mu\text{g/g}$  und der 16 PAK-Komponenten in  $\text{ng/g}$  in den Honig-, Moos- und Pollenproben der Jahre 2006 bis 2008.

Hrtg	Nph	Acj	Ae	Fl	Phn	Arh	F	Py	Ba	Cr	Bf	Bf	Bp	DBfA	BjP	tpy
6N211	0335	0490	0380	0345	1660	0395	0295	0420	0150	0180	0180	0305	0195	0250	0165	0100
6N191	0820	0490	0170	0345	2510	0395	0295	0420	0150	0180	0180	0540	0680	1850	0165	0100
6N1301	0335	0490	0170	0940	2140	0395	0295	0420	0150	0380	0180	1290	0420	1690	0165	0100
6N201	0335	0490	0170	0345	0465	0395	0295	0420	0150	0180	0180	0305	0195	0280	0165	0100
6N1741	0940	0490	0170	0740	4280	0395	0920	0420	0150	0780	0180	0780	1890	0980	0165	0100
6N051	0335	0490	0170	0345	0465	0395	0295	0420	0150	0180	0180	0305	0195	0280	0165	0100
6N0711	1100	0490	0170	0345	3570	0395	0760	0420	0150	0180	0180	0980	0195	2780	0165	0100
6N001	0500	0490	0257	0455	2150	0395	0409	0420	0150	0327	0180	0585	0509	1159	0165	0100
6N0921	0760	0490	0170	1190	0465	0395	0295	0420	0150	0630	0180	1280	0195	1490	0165	0100
6N0981	0900	0490	0680	0345	3720	0395	1400	0420	0150	0390	0180	1130	0380	1220	0165	0100
6I2241	0335	0490	0170	0780	2290	0395	0295	0420	0150	0180	0180	0305	0570	1010	0165	0100
6I2251	0335	0490	0170	0345	0465	0395	0295	0420	0150	0180	0180	0305	0195	0280	0165	0100
6I121	0335	0490	0170	0345	1080	0395	0295	0420	0150	2480	0180	0305	0195	4090	0165	0100
6I2491	0335	0490	0170	0345	0465	0395	0295	0420	0150	0180	0180	0305	0195	0280	0165	0100
6I1751	0335	0490	0170	0345	0950	0395	0295	0420	0150	0180	0180	0305	0195	0250	0165	0100
6I1371	0335	0490	0170	0345	0465	0395	0295	0420	0150	0180	0180	0305	0195	0250	0165	0100
6F161	0335	0490	0170	0700	0465	0395	0295	0420	0150	0760	0180	0305	0410	0780	0165	0100
6F181	0335	0490	0170	1180	2050	0395	0295	0420	0150	0180	0180	1160	0195	1620	0165	0100
6F201	0335	0490	0170	0345	0465	0395	0295	0420	0150	0180	0180	0305	0195	0280	0165	0100
6F051	0335	0490	0170	0345	1680	0395	0295	0420	0150	0180	0180	0305	0195	0280	0165	0100
6F1851	0335	0490	0170	0345	0465	0395	0295	0420	0150	1210	0180	0920	0195	0930	0165	0100
6F101	0335	0490	0480	1550	3570	0395	2320	0420	0150	0520	0180	0950	1250	0910	0165	0100
6F1951	0335	0490	0170	0345	0465	0395	0295	0420	0150	0180	0180	0720	0400	1340	0165	0100
6F021	0335	0490	0170	1280	2580	0395	0295	0420	0150	0180	0180	0305	0490	0530	0165	0100
6N1212	5150	0210	0390	0250	2180	0315	0785	1640	0080	0190	0180	0490	0090	0390	0205	0165
6N192	2280	0210	0390	1590	2300	4280	0480	3580	0080	3120	0180	0130	0090	0390	0205	0165
6N132	4580	0210	0390	0250	1280	0315	0785	2390	0080	0190	0180	0130	0090	0390	0205	0165
6N012	4480	0210	0390	0250	1890	0315	0785	0980	0080	0490	0180	0130	0090	0390	0205	0165
6N1742	1980	0210	0390	0680	4920	1050	0970	11980	0080	0650	0180	0510	0090	0390	0205	0165
6N052	0890	0210	0390	0250	1890	0315	0785	3210	0080	0190	0180	0480	0090	0390	0205	0165
6N252	1240	0210	0390	0250	0440	0315	0785	0940	0080	0190	0180	0450	0090	0390	0205	0165
6N072	2280	0210	0390	0590	2880	4070	0630	9590	0080	1250	0180	3740	0090	1480	0205	0165
6N0922	2720	0210	0390	0250	1290	0315	0785	0980	0080	0190	0180	0880	0090	0390	0205	0165
6N092	2680	0210	0390	1030	0990	0315	0785	0950	0080	0480	0180	0700	0090	0390	0205	0165
6I2242	3990	0210	0390	0250	1890	0315	0785	1670	0080	0190	0180	0130	0090	0390	0205	0165
6I2252	7300	0210	0390	1980	13250	2430	2050	14720	0290	1200	0180	1190	0580	0390	0205	0165
6I122	5680	0210	0390	2390	13580	7220	2090	35390	0450	1580	0370	2920	0090	0390	0205	0165
6I2492	2290	0210	0390	0250	1020	0315	0785	2480	0080	0190	0180	0130	0090	0390	0205	0165
6I1752	3400	0210	0390	0250	2090	4980	0785	6890	0080	0400	0180	0130	0090	0390	0205	0165
6I1372	4700	0210	0390	1450	9320	2220	1900	15380	0080	0840	0180	0950	0170	0390	0205	0165
6F162	4830	0210	0390	4980	10280	5770	1750	29980	0420	1380	0450	0095	1240	0390	0205	0165
6F182	1300	0210	0390	1690	0160	0315	0785	1350	0080	0190	0180	0130	0090	0390	0205	0165
6F202	1080	0210	0390	1580	0370	1190	0785	2180	0080	0440	0180	0130	0090	0390	0205	0165
6F052	2380	0210	0390	0250	1440	2860	0785	2280	0080	0190	0180	0530	0090	0390	0205	0165
6F1852	3980	0210	0390	2820	5750	7800	0670	11050	0080	0990	0180	0440	0460	0390	0205	0165
6F102	0730	0210	0390	1190	0160	0315	0785	0680	0080	0190	0180	0130	0090	0390	0205	0165
6F192	5080	0210	0390	2880	1200	0315	0480	3450	0080	0190	0180	0130	0090	0390	0205	0165



64022	0980	0210	0390	0990	0320	0375	0175	7290	0300	0190	0180	0620	0390	0390	0205	0165
70250	0425	0580	0300	0760	1490	0355	0325	0205	0310	0290	0260	0250	0315	0395	0195	0240
70420	0425	0580	0300	0640	0465	0355	0325	0205	0310	0290	0260	0250	0315	0395	0195	0240
70520	0860	0580	0300	0720	0465	0355	0325	0205	0310	0290	0260	0250	0315	1260	0195	0240
70480	0425	0580	0300	2440	0465	0355	0325	0205	0310	0290	0260	0250	0315	0395	0195	0240
70200	1220	0580	0700	1820	0465	0355	0325	0890	0310	0290	0260	0250	0315	0395	0195	0240
70200	0425	0580	0300	1390	1300	0355	0325	0205	0310	0290	0260	0250	0315	0395	0195	0240
70080	0425	0580	0300	0300	0465	0355	0325	0205	0310	0290	0260	0250	0315	0395	0195	0240
70260	1120	0580	0300	1190	0465	0355	0325	0205	0310	0290	0260	0250	0315	0395	0195	0240
70170	0980	0580	0700	2660	0465	0355	0325	0205	0310	0290	0260	0250	0315	0395	0195	0240
70230	1280	0580	0350	1260	0465	0355	0325	0205	0310	0290	0260	0250	0315	0395	0195	0240
70120	1680	0580	0650	1360	1930	0355	0325	0205	0310	0290	0260	0250	0315	0395	0195	0240
70130	0425	0580	0700	1680	1500	0355	0325	0205	0310	0290	0260	0250	0315	3930	0195	0240
71130	0425	0580	0300	1330	1680	0355	0325	0450	0310	0290	0260	0250	0315	0395	0195	0240
71180	0425	0580	0900	1320	1730	0355	0325	0940	0310	0290	0260	0300	0315	0395	0195	0240
71240	1970	0580	1000	2610	0940	0355	0325	1540	0310	0290	0260	0250	0315	0395	0195	0240
71120	1240	0580	0780	1500	2480	0355	0325	0205	0310	0290	0260	0690	0315	0395	0195	0240
71250	1020	0580	0300	1390	1660	0355	0325	0205	0310	0290	0260	0250	0315	0395	0195	0240
71240	0425	0580	0830	1580	1760	0355	0325	0205	0310	0290	0260	0250	0315	0395	0195	0240
71090	0425	0580	0300	1170	0465	0355	0325	0205	0310	0290	0260	0250	0315	0395	0195	0240
71020	0425	0580	0300	0700	0465	0355	0325	0205	0310	0290	0260	0250	0315	0395	0195	0240
71190	0425	0580	0300	1470	2200	0355	0325	0570	0310	0290	0260	0250	0315	0395	0195	0240
71070	0425	0580	0300	0300	0465	0355	0325	0205	0310	0290	0260	0250	0315	0395	0195	0240
71140	0425	0580	0750	1180	0465	0355	0325	0205	0310	0290	0260	0250	0315	0395	0195	0240
71210	0425	0580	0900	1790	1080	0355	0325	0205	0310	0290	0260	0250	0315	1400	0195	0240
71660	1020	0580	0880	1550	0465	0355	0325	0670	0310	0290	0260	0250	0315	0395	0195	0240
71180	1380	0580	0590	21900	0465	0355	0325	0205	0310	0290	0260	0250	0315	0395	0195	0240
71290	1980	0580	1200	2420	2000	0355	0325	0570	0310	0290	0260	0380	0315	0395	0195	0240
70680	2270	0580	0300	0800	0465	0355	0325	0205	0310	0290	0260	0250	0315	0395	0195	0240
71730	0425	0580	0300	0920	0465	0355	0325	0205	0310	0290	0260	0250	0315	0395	0195	0240
71090	4360	0580	0300	1580	0465	0355	0325	0205	0310	0290	0260	0250	0315	0395	0195	0240
71950	1230	0580	0300	1200	1080	0355	0325	04180	0310	0290	0260	0250	0315	0395	0195	0240
71270	0425	0580	0300	0300	0465	0355	0325	0205	0310	0290	0260	0380	0315	0395	0195	0240
71050	1120	0580	0960	0700	1780	0355	0325	0205	0310	0290	0260	0250	0315	0395	0195	0240
71090	0425	0580	0300	0690	0465	0355	0325	0205	0310	0290	0260	0250	0315	0395	0195	0240
71690	0425	0580	0300	0800	1040	0355	0325	0205	0310	0290	0260	0250	0315	0395	0195	0240
71980	0425	0580	0300	0300	1730	0355	0325	0205	0310	0290	0260	0250	0315	0395	0195	0240
81901	1180	0280	0285	1360	13280	0230	0175	0260	0365	0390	0305	0180	1520	0135	0205	0360
81902	0640	0280	0285	1520	10270	0230	0120	0750	0365	0390	0305	0180	0425	0135	0205	0360
81903	0205	0280	0285	0790	9970	0230	0175	0260	0365	0390	0305	0180	0425	0135	0205	0360
81904	0665	0280	0285	1280	11307	0230	0497	0463	0365	0390	0305	0180	0797	0135	0205	0360
81901	1290	0280	0285	1990	11130	0230	1190	0850	0365	0390	0305	0180	0425	0135	0205	0360
81902	0960	0280	0285	1690	13490	0230	1540	1210	0365	0390	0305	0180	1020	0135	0205	0360
81903	0630	0280	0285	0770	10280	0230	0175	0260	0365	0390	0305	0180	0425	0135	0205	0360
81904	0957	0280	0285	1450	11680	0230	0975	0833	0365	0390	0305	0180	0680	0135	0205	0360
81901	1020	0280	0285	1280	10990	0230	0175	0260	0365	0390	0305	0180	0425	0135	0205	0360
81902	1400	0280	0285	1960	12780	0230	1500	1190	0365	0390	0305	0180	0425	0135	0205	0360
81903	0780	0280	0285	1280	11060	0230	0175	0260	0365	0390	0305	0180	0425	0135	0205	0360
81904	1093	0280	0285	1493	11617	0230	0523	0820	0365	0390	0305	0180	0425	0135	0205	0360
Mode	Nph	Aj	Ac	R	Phn	Arh	F	Fy	BxA	Cr	BF	BF	Bp	DBtA	BtP	tdPy
81921	309	098	045	256	076	037	666	034	022	0189	0333	1073	043	979	037	052
81921	853	098	045	632	076	037	034	034	022	0189	4104	1531	032	9298	037	052
81931	409	098	045	338	076	037	034	034	022	0189	0333	089	032	028	037	052
81931	375	098	045	281	128	037	1039	034	066	357	553	1532	067	1539	037	052

6M1	487	986	0145	3767	0897	0347	4823	0344	0388	1029	2576	8129	0449	2464	0337	0542
61031	7671	986	0145	7261	0786	0347	0334	0344	0222	0019	0333	4614	0372	5794	0337	0542
61021	2538	986	0145	6089	0786	0347	5896	0344	0222	0189	0333	7562	0372	24525	0337	0542
610241	645	986	0145	3037	6002	5971	5896	0344	0222	0189	1394	21257	0372	36889	0337	0542
610251	0802	986	0145	2825	3838	0347	15842	0344	0222	0189	0333	2814	0372	8038	0337	0542
61M1	4314	986	0145	4811	2651	1753	6992	0344	0222	0146	0588	9062	0372	18812	0337	0542
6F0111	19631	986	0145	3821	5195	0347	6854	0344	0222	2024	5701	16849	0372	53313	0337	0542
6F0121	9514	986	0145	1401	9810	0347	2930	0344	0222	0189	3825	6380	0707	32131	0337	0542
6F0131	9252	986	0145	4315	3399	0347	61169	0344	1307	1497	5273	8762	1319	22129	0337	0542
6F0141	18927	986	0145	6338	5198	0347	10890	0344	1591	1746	1126	18290	2465	52873	0337	0542
6F1M1	14331	986	0145	3899	5901	0347	60386	0344	0836	1364	6631	12565	1216	40112	0337	0542
7M530	6379	1056	2620	3486	12002	0611	4385	6769	1252	0820	4202	3023	1464	6668	0356	2866
7M540	6105	1056	2827	2548	15957	2319	24883	13800	6475	14668	2002	9752	9066	13238	5721	13804
7M560	7121	1056	4899	4516	7230	2107	4221	7031	0622	0592	3443	3232	1349	7251	0356	3456
7M10	6656	1056	3442	2600	11736	1659	11063	9243	2783	5393	9242	5336	3900	9019	2144	6609
71050	5611	1056	3021	3601	17029	2182	4603	3366	1620	1926	2940	2817	1911	7918	0356	0486
710610	17417	1056	1184	6778	25701	2666	7886	7406	2218	4206	7039	7737	4122	6382	2816	4868
710620	3911	1056	5082	9032	4190	0611	0645	3883	1088	2362	4880	4745	2004	4471	1900	3687
710630	2844	1056	4176	6788	2080	0611	2372	0415	0857	0892	1687	2057	1387	2995	0356	1591
710640	2824	1056	1983	3479	9422	0611	2744	2594	0622	0901	1081	1618	0847	1228	0356	0486
710650	5766	1056	3302	4757	12422	1882	2822	5828	1055	2191	3662	4506	1426	5265	1776	2444
710660	4800	1056	4036	2389	8230	0836	0645	0415	0622	0892	0803	2146	0637	0785	0356	0486
710670	4767	1056	2467	2935	7479	1071	2393	3835	1132	2265	4145	3749	6013	3562	1533	3276
710680	6808	1056	3548	10785	8601	1220	2095	3821	1111	1981	4688	3636	1889	3033	1497	3371
71100	3603	1056	2910	5244	18140	0611	0645	0415	0622	0892	1129	1319	0637	0785	0356	0486
711000	7866	1056	4094	5867	11333	0816	0645	2515	0899	0892	1501	2022	0888	2573	0356	1321
711070	4757	1056	5863	12621	39307	6899	15668	17883	4545	9850	8806	10091	4866	6944	5389	5646
711080	9403	1056	2326	5410	11638	2025	5180	7741	2543	5009	8052	6980	3638	5801	3165	5530
71M0	6161	1056	3415	6128	13809	1655	3713	4609	1462	2548	3949	4100	2314	3954	1552	2594
7F060	7884	1056	6271	19874	34290	2207	12629	15884	1684	4478	7565	5171	3612	21190	2715	6927
7F060	9762	1056	4601	8889	16026	7645	9578	9718	2530	4923	13899	7251	4962	21373	4959	10359
7F070	8426	1056	6612	11789	22183	2325	8828	12540	3299	3360	9726	4781	3798	22895	5100	9899
7F080	6890	1056	4339	15918	1470	1021	10288	9910	3716	5448	16427	8170	6263	25287	5721	13855
7F080	4214	1056	2883	3420	10380	1863	7512	15483	2610	3733	4918	3382	3590	18386	1989	3819
7F070	8348	1056	3041	3104	2652	2418	9073	16167	2361	4231	11417	7033	16359	24554	5427	10154
7F070	8882	1056	3661	3229	7405	2166	15410	15927	8803	17139	3225	17598	16178	30037	11757	2544
7F080	12720	1056	2888	2810	7927	2346	13388	19464	2167	5006	4726	3219	3888	23142	2074	4474
7F10	8316	1056	428	8662	12787	2749	10882	14298	3394	6040	12617	7033	738	23334	4968	10654
8M041	504	6364	1236	1260	4640	0622	11945	5607	242000	2711	5099	3382	1114	6655	5093	6038
8M1	504	6364	1236	1260	4640	0622	11945	5607	242000	2711	5099	3382	1114	6655	5093	6038
8F051	8735	1586	13197	7960	52725	0818	45065	5266	3271	4795	10800	5133	5499	12598	3434	9269
8M1	8735	1586	13197	7960	52725	0818	45065	5266	3271	4795	10800	5133	5499	12598	3434	9269
8F011	25466	16740	57196	104568	53306	4326	20354	11815	3783	4792	14190	5972	10529	19732	5048	14805
8F021	17183	1586	1640	7443	45118	1176	18525	1737	1167	2143	2279	2881	0841	1666	0415	2266
8F031	8774	5806	19532	5126	39266	1180	21688	9194	1288	0792	2373	2186	0841	7499	1991	3416
8F1M1	17141	8044	26123	39046	46897	2231	20179	7582	2083	2576	6281	3663	4070	9632	2485	6862
8M072	22726	1586	11165	10614	52259	0699	8530	15728	2509	3195	6799	2874	1923	5995	3088	7224
8M12	22726	1586	11165	10614	52259	0699	8530	15728	2509	3195	6799	2874	1923	5995	3088	7224
8F032	19607	1586	9782	10884	36480	0947	37878	9917	2706	2798	1784	1541	0841	4807	1311	2462
8F032	4631	1586	5901	6894	59196	1482	32466	2890	2162	2883	5541	3341	3141	5298	2022	5145
8F012	59461	248375	16337	248817	79706	4775	17089	27019	4365	7082	1209	0678	2454	1669	2664	1636
8M12	27800	88849	10673	88785	58464	2401	29144	13275	308	4254	2815	1863	2145	3825	1999	3248
8F062	21532	14187	55610	7640	59215	2897	27162	24291	7902	13590	28325	11935	8884	31351	7400	28908
8F12	21532	14187	55610	7640	59215	2897	27162	24291	7902	13590	28325	11935	8884	31351	7400	28908

84923	1922	1662	9125	460	5235	0736	2236	5977	209	192	3483	179	2533	4416	2230	2877
84923	1922	1662	9125	460	5235	0736	2236	5977	209	192	3483	179	2533	4416	2230	2877
819133	5285	1586	9422	6021	6154	0642	31575	2746	3773	6925	989000	4648	8862	8881	3677	7266
819143	3711	1586	2297	3408	70180	0896	15906	6849	1566	1877	4888	2413	4349	6375	1337	3827
819153	6962	13235	8465	4951	67141	0884	36641	13383	2205	5488	6154	2774	4779	9113	1639	4749
819163	5320	5469	6718	4800	66292	0807	27707	7659	2514	4757	381661	3278	5997	8123	2184	5281
8F9113	21886	12391	41066	21242	81843	4833	32700	26190	15408	23166	29999	16149	15460	2003	1748	24938
8F9163	21886	12391	41066	21242	81843	4833	32700	26190	15408	23166	29999	16149	15460	2003	1748	24938
Pdn	Nph	Adj	Acc	H	Phn	Arh	F	Py	Ba	Cr	Bf	Bf	Bp	DshA	BjP	tdPy
8N1211	19730	0986	0145	8999	0786	1622	15320	31900	0222	1718	0333	1157	0374	8041	0337	0542
8N1991	6974	0986	0145	14000	0786	1105	2618	31900	0222	1764	0520	6171	0372	0288	0337	0542
8N1301	7388	0986	0145	2736	0786	0347	11838	6475	0222	0189	0986	3164	0447	0304	0337	0542
8N201	4337	0986	0145	2093	0786	0347	0334	24535	0222	0189	0333	0879	0372	0288	0337	0542
8N1741	4829	0986	0145	3672	0786	0347	0334	8736	0222	0189	0615	4522	0372	14165	0337	0542
8N0451	5527	0986	0145	8141	0786	0347	8304	9178	0222	0189	0333	0879	2194	2030	0337	0542
8N2621	15681	0986	0145	2040	0786	0347	18733	18941	0222	4101	0961	0879	22510	4707	0337	0542
8N0711	4752	0986	0145	3227	0786	0347	0334	0344	0222	0189	0333	1285	0372	5733	0337	0542
610921	6169	0986	0145	3351	0786	0347	0334	0334	0222	0189	0333	1879	0372	4348	0337	0542
610981	2485	0986	0145	1737	1314	0347	37915	0344	0222	0189	0333	0879	0372	1982	0337	0542
612241	5487	0986	0145	2788	0786	0347	0334	0344	0222	0189	0333	4437	0372	12407	0337	0542
612251	1603	0986	0145	2535	0786	0347	0334	0344	0222	4756	0333	14714	0448	16366	0337	0542
611221	5022	0986	0145	0785	0786	0347	0334	0344	0222	0189	0333	0879	0372	0288	0337	0542
612491	7394	0986	0145	2621	0786	0347	0334	0344	0222	0189	0333	0879	0372	0288	0337	0542
611751	2167	0986	0145	3891	0786	0371	0334	0344	0222	3135	0333	12512	0372	12856	0337	0542
611371	2493	0986	0164	2833	0786	0347	0334	0344	0222	0478	0397	3891	0421	6166	0337	0542
6F1661	5624	0986	0145	11032	0786	0347	0334	0344	0222	0189	1505	4881	0844	15235	0337	0542
6F1881	5014	0986	0145	13042	0786	0347	0334	0344	0222	0189	0654	0879	0372	1074	0337	0542
6F2391	3457	0986	0145	13393	0786	0347	0334	0344	3822	21880	10499	7712	1273	8155	0337	0542
6F0651	9239	0986	0145	5306	0786	0347	0334	0344	0222	0414	1724	10796	1273	20255	0337	0542
6F1851	0451	0986	0145	2738	0786	0347	0334	10396	0222	0189	0333	1280	0372	2239	0337	0542
6F1091	3800	0986	0145	7004	0786	0347	0334	0344	0222	0189	0333	0879	0372	1592	0337	0542
6F1951	15370	0986	0145	4380	0786	0347	10377	0344	0377	3653	4183	4246	0781	5210	0337	0542
6F2271	6366	0986	0145	5463	0786	0347	0334	32122	0492	10925	3743	5016	1591	15689	0337	0542
8N1212	2825	0422	0794	0470	1939	0635	0357	2681	0160	0946	0527	1283	0168	0618	0415	0335
8N1992	4014	0422	0794	0470	3412	0635	0938	4892	0160	0917	0408	0264	0168	0618	0415	0335
8N1302	3882	0422	0794	0470	1783	0635	4907	3440	0160	0616	0370	0264	0168	0618	0415	0335
8N202	5103	0422	0794	0470	2377	0635	1421	4757	0160	1200	0370	1538	0168	3467	0415	0335
8N1742	5884	0422	0794	0470	3167	0635	1676	5046	0160	1614	0433	225	0168	0618	0415	0335
8N0452	8452	0422	0794	0470	3365	0635	2694	1981	0160	0388	0370	0394	0168	0618	0415	0335
8N2622	10835	0422	0794	0470	5748	0635	1128	5311	0160	1135	0370	0264	0168	0618	0415	0335
8N0712	2666	0422	0794	0470	0841	0635	0357	4172	0160	0817	0370	0360	0168	0618	0415	0335
610922	5981	0422	0794	0470	3395	0635	1639	2484	0160	0788	0370	0264	0168	0618	0415	0335
610982	4942	0422	0794	0466	2392	0635	26292	6888	0160	1374	0370	1624	0168	0618	0415	0335
612242	10287	0422	0794	1321	4411	0635	0357	2736	0160	0883	0370	0264	0168	0618	0415	0335
612252	6374	0422	0794	0470	4897	0635	0357	4824	0160	0388	0967	1265	0168	0618	0415	0335
611222	16635	0422	0794	8465	5504	0635	2321	0338	0160	1492	0370	9113	0168	19483	0415	0335
612492	9385	0422	0794	1648	3600	0635	19792	5410	0160	0883	0884	0484	0168	0618	0415	0335
611752	5357	0422	0794	0470	1845	0635	0384	1832	0160	0388	0370	0264	0168	0618	0415	0335
611372	10745	0422	0794	0470	3502	0635	0357	3157	0160	0388	0370	0264	0168	0618	0415	0335
6F1662	10484	0422	0794	0983	4785	0635	0357	4640	0160	1244	0746	1962	0168	0618	0415	0335
6F1882	15688	0422	0794	0470	2755	0635	0357	2515	0160	0694	1052	1211	0327	0618	0415	0335
6F2392	3063	0422	0794	0470	3702	0635	0924	3277	0160	1716	0747	2570	0168	0618	0415	0335
6F0652	5568	0422	0794	0470	2454	0635	0357	3671	0160	0388	0370	2525	0168	0618	0415	0335
6F1852	2551	0422	0794	1786	1741	0635	1611	5201	0160	0577	0370	0871	0168	0618	0415	0335

6F002	485	042	079	040	500	065	1139	483	0160	088	030	024	0168	0618	0415	035
6F152	276	042	079	397	321	065	0704	294	0160	088	030	059	0168	0618	0415	035
6F022	738	042	079	040	288	065	057	280	0160	088	030	134	0168	0618	0415	035
7N250	296	106	200	174	156	0611	1193	0415	062	052	052	0504	0637	0765	0356	0496
7N420	757	106	798	1310	555	298	2080	1567	139	10612	2216	4584	9100	9826	3639	1274
7N520	918	106	457	548	2907	160	905	607	062	223	087	449	0637	1174	0356	0496
7N650	949	106	569	1450	1465	1252	1274	6160	089	198	084	4318	0800	1051	0356	0496
7N000	2812	106	16170	288	0928	0611	2383	1083	062	052	052	0504	0637	0765	0433	0496
7N210	1888	106	2221	1979	5781	0611	3037	2809	062	052	054	0988	0637	1306	0841	0496
7N060	4182	106	3115	4730	2610	1207	9515	5453	062	129	155	3983	2515	15977	155	0496
7N2160	1754	106	17051	0614	1443	0611	1041	0415	062	052	052	0657	0776	0765	0356	0496
7N170	279	106	2492	0614	1062	0611	2506	439	062	052	085	0793	0637	0776	0356	0496
7N230	0837	106	1276	0614	2720	0611	0645	0415	062	052	052	0504	0637	0765	0356	0496
7N220	3746	106	23117	0614	6641	0611	1546	0415	062	052	052	0659	0637	0765	0462	0496
7N1340	6262	106	19381	7182	4466	0625	2650	1482	062	0722	0625	0866	0637	0866	0646	0496
7F160	6637	106	30367	7226	15529	0612	3486	7192	0881	052	086	0971	0637	1991	1184	0496
7F180	4136	106	24176	4057	1774	0611	2101	1682	062	081	1852	1184	051	3129	1291	1275
7F290	1905	106	18289	3294	6783	0611	3167	2485	062	0743	1344	1066	0770	2674	0731	1188
7F060	9543	106	7388	7644	4384	1386	6395	4319	1784	2886	3386	5630	2886	4274	2846	2381
7F1730	4208	106	17952	0614	223	0611	0726	336	062	052	054	0512	0637	0869	0356	0496
7F090	5712	106	16491	2383	1538	0611	1791	0415	062	052	0618	0911	0637	1764	0519	0496
7F190	8139	106	1290	3022	0935	0611	5680	2406	1384	1449	3488	2149	1943	3592	226	2033
7F020	4801	106	7943	8852	5663	1986	14421	899	2611	4616	468	4063	3346	3999	3814	2638
7F080	4921	106	4410	55815	13129	0647	1416	1392	062	052	060	092	0637	1063	0356	0496
7F090	2207	106	9173	4625	12880	0738	3717	276	062	0883	1113	1280	0574	1732	0999	0496
7F160	2049	106	23346	2838	13928	1424	14447	8861	2766	3826	5137	2637	2411	6653	1648	2972
7F180	1705	106	19271	3562	1691	0611	1457	1902	062	052	0761	0700	0637	1228	0855	0496
7F130	5032	106	28387	5262	3246	0611	1462	0415	062	052	052	0547	0637	0765	0468	0496
7F180	226	106	21555	3809	1041	0611	3393	2273	0812	1218	2462	2025	1180	2790	2059	1591
7F240	2804	106	20488	1547	3688	0611	0723	0415	062	085	058	0610	0637	0765	0356	0496
7F1220	438	106	21593	4241	1386	0611	1077	0415	062	052	052	0772	0637	0857	0592	0496
7F230	223	106	2406	5249	5447	0611	0888	8207	062	052	0751	0815	0637	1000	0356	0496
7F240	2416	106	3463	2688	3227	0611	0645	3377	062	052	052	0504	0637	0765	0406	0496
7F080	2289	106	2561	2576	2033	0611	6456	0415	062	052	086	0504	0637	0765	0356	0496
7F0920	4399	106	4685	5686	16811	0611	2015	0415	062	052	052	1114	0637	1487	0356	0496
7F190	3317	106	13807	2911	3662	0611	0771	0657	062	052	052	0657	0637	0765	0356	0496
7F0710	10185	106	5888	5689	21394	1155	3647	608	062	132	0973	3151	0813	0899	0356	0496
7F1410	4881	106	17394	278	1825	068	5578	2834	1886	3271	5064	2467	1567	4239	1045	2280
7F210	2528	106	14628	1944	4385	0611	0813	1046	062	052	052	1102	0637	0765	0599	0496
8F082	1088	4084	11244	2485	23532	088	4560	552	079	571	0818	5824	8860	1227	0415	0736
8N012	3122	21918	5564	8320	51122	046	1902	1139	1352	0792	0988	1802	1075	1654	1094	0736
8F022	4692	1592	1251	9912	6870	046	4933	3541	1181	1600	1185	3239	1420	0826	0415	0736
8F033	5469	37562	3176	2885	6708	1028	12453	7278	1546	1066	1545	2448	1406	1564	1222	0736
8N013	1889	4188	3312	8887	10458	0625	9801	638	1561	1580	2117	2864	6806	1571	1912	1017
8F023	8835	23906	5402	11083	89440	046	10159	666	1680	1937	1295	2042	1335	2683	0415	0736
Hrg	A	As	Ba	Ca	Cd	Co	Cr	Cu	Fe	K	Mg	Mn	Na	N	Pb	Zn
6N121	5700	01800	01100	147000	0030	0090	0440	0660	0880	166000	73000	0980	123000	0180	0400	2400
6N191	8500	01900	01400	125000	0030	0090	0180	0810	4440	43000	43400	0480	109000	0290	0380	10800
6N131	0600	0900	0900	73100	0040	0090	0180	0380	2300	25000	15400	0380	108000	0190	0300	95100
6N001	4300	0900	1200	135000	0070	0100	0900	0700	120000	152000	60200	0730	123000	0280	2400	8500
6N174	5220	0900	01600	170000	0030	0100	0300	0500	28200	136000	85900	0900	123000	0260	0180	0900
6N051	0000	0020	0000	69000	0075	0080	0460	0300	0880	608000	17800	0420	111000	0120	0000	1680
6N071	0900	0100	0000	53800	0075	0090	0100	0200	191000	288000	18500	0400	101000	0100	0300	1400
6N001	3615	02186	02743	110600	0040	0089	03271	05343	24857	853571	450214	06629	114000	02043	04786	5043

61021	1800	0700	0900	41000	0015	0700	0190	0300	22800	37000	15600	1070	103000	0180	0900	07800
61081	1100	0300	0100	70200	0070	0700	0360	0700	3200	618000	24900	2160	111000	0270	0700	54000
61241	1240	0360	0900	40600	0030	0700	0230	0280	25400	144000	15600	1190	103000	0220	0160	09800
61251	0070	0040	0070	75100	0030	0070	0025	0300	0080	727000	16900	1760	99900	0230	0060	31600
61221	2000	0400	0130	73800	0070	0070	0160	0500	4600	379000	19000	1520	106000	0390	0100	46400
61249	0200	0420	0080	52200	0015	0070	0130	0220	0080	666000	11200	0860	103000	0110	0100	12200
61751	2160	0220	0130	80300	0030	0140	0150	0300	2040	613000	30700	2820	103000	0330	0030	73900
61137	1570	0300	0140	57600	0030	0140	0180	1300	2220	598000	24070	1860	106000	0300	0100	41200
67161	1960	0220	0130	60700	0015	0070	0160	0600	27200	509000	29130	2960	109000	0170	0070	06800
67181	0940	0100	0100	29360	0070	0090	0150	0700	4300	286000	17500	2290	110000	0220	0120	49200
67291	0840	0030	0250	107000	0070	0030	0170	0900	1900	106000	92000	11900	109000	0490	0100	10900
67651	0070	0030	0140	40800	0015	0030	0360	0300	0080	986000	15150	2830	97300	0120	0070	16800
67165	0950	0030	0100	56900	0030	0070	0290	0260	23700	284000	18190	0460	101000	0170	0090	08500
67191	0520	0060	0280	72500	0070	0030	0200	0790	4500	666000	29600	5300	110000	0240	0140	34000
67195	1030	0030	0150	59300	0015	0070	0100	0350	24920	560000	29180	3920	109000	0160	0100	06500
67027	1030	0030	0170	78300	0030	0030	0120	0450	25600	792000	38800	4800	106000	0190	0100	09000
67122	11400	0030	0220	139000	0030	0070	0540	0500	8300	150000	63300	2700	51500	0170	0140	23000
67192	4700	0020	0140	14000	0020	0070	0090	0700	7400	105000	54000	1400	51300	0140	0030	13000
67132	8600	0060	0240	118000	0030	0020	0130	0700	8400	107000	35700	3200	56900	0270	0130	26000
67202	7700	0020	0160	22300	0030	0090	2900	0520	5100	136000	43600	1300	54600	0140	0090	15000
67172	4700	0015	0015	20000	0004	0002	0025	0600	1300	122000	48600	2200	52600	0700	0001	01000
67252	5900	0030	0120	92200	0070	0070	0090	0290	1800	592000	27600	0900	39600	0400	0120	30000
67072	10300	0030	0200	163000	0020	0090	0500	0600	3600	109000	57000	3600	53500	0140	0030	26000
67802	76143	0001	0158	107429	0036	0095	0699	0657	5126	112426	47126	2187	51426	0194	0094	19143
67022	9100	0030	0300	130000	0030	0030	0130	0320	6300	223000	104000	10700	39000	0780	0160	48000
67082	12700	0020	0260	82100	0020	0070	0320	1100	4000	240000	102000	10700	45600	0800	0090	54000
67242	6200	0015	0015	84300	0030	0020	0025	0720	1700	190000	77000	10600	40200	0400	0001	12000
67252	16300	0060	0330	109000	0070	0030	0100	0750	4700	166000	63300	8300	36500	0460	0270	36000
67122	4900	0015	0020	10000	0004	0005	0025	0740	0100	797000	36500	4400	32300	0120	0001	14000
67242	8200	0015	0015	75400	0010	0090	0025	0880	1800	991000	40000	3700	34000	0190	0001	13000
67172	13900	0030	0130	81600	0040	0020	0140	0290	0660	688000	210000	2000	33900	0160	0090	26000
67132	4700	0030	0200	72300	0070	0020	0160	0430	3200	120000	44300	4900	37000	0660	0160	24000
67162	4600	0070	0380	210000	0030	0030	0340	0800	0660	107000	91800	35700	38500	0180	0030	30000
67182	5100	0015	0015	81100	0004	0002	0025	1400	0700	984000	57800	17400	30000	0700	0030	25000
67292	4100	0040	0320	96000	0030	0020	0130	0930	30200	103000	72800	25600	36700	0190	0090	26000
67182	4600	0040	0280	95900	0030	0020	0030	0490	1300	643000	39000	14200	34300	0200	0030	32000
67192	5600	0015	0015	110000	0004	0002	0025	1000	0660	127000	84300	29000	36100	0100	0001	06000
67192	5800	0040	0160	56100	0030	0070	0150	0420	0420	560000	24400	5700	33600	0130	0030	19000
67022	8800	0040	0430	134000	0070	0020	0180	0680	2900	124000	82300	27900	34800	0160	0100	31000
67802	54714	0027	0244	96674	0004	0096	0124	0816	5243	971000	64626	22243	35714	0147	0066	24000
70260	3700	0020	0260	139000	0070	0030	1200	0420	6200	198000	19600	0480	48500	0170	0260	42000
70420	7700	0070	0120	99000	0016	0070	0400	0140	7900	693000	14100	0660	33700	0130	0170	30000
70520	2000	0070	0100	109000	0016	0070	0260	1000	2700	486000	17000	0780	51000	0130	0170	53000
70460	31700	0070	0160	210000	0016	0070	0480	0200	5800	281000	15000	0400	52700	0090	0100	18000
70200	1700	0030	0100	44000	0004	0070	1000	0490	8300	592000	14500	0600	52000	0070	0100	20000
70270	60400	0070	0240	194000	0040	0020	0470	0640	6200	218000	20000	0360	58600	0150	0160	33000
70080	3000	0015	0120	50000	0004	0070	0300	0100	7800	227000	11800	0350	46000	0060	0030	08000
70210	0900	0030	0130	74000	0004	0070	1700	0460	7900	316000	12500	0300	48900	0030	0120	18000
70170	10800	0015	0280	98000	0070	0070	0200	0220	8900	360000	16300	0600	46900	0090	0190	20000
70270	6500	0040	0120	79000	0016	0070	0320	0190	14600	225000	13400	0400	41800	0060	0130	13000
70120	3000	0070	0100	77000	0016	0070	0230	0240	3600	556000	13000	0460	42200	0030	0040	19000
70130	5600	0070	0220	182000	0030	0020	0290	0400	6700	479000	31200	0980	59400	0100	0100	32000
71130	5900	0070	0170	185000	0016	0070	1800	0380	5800	896000	41400	7900	47000	0120	0070	25000
71180	29100	0070	0200	111000	0016	0070	1100	0200	7800	566000	16400	1700	66400	0090	0150	26000

71240	31200	0020	0260	283000	0006	0000	0760	0380	12000	100000	45000	9000	45000	0080	0060	10000
71220	5400	0000	0220	86000	0006	0000	1300	0300	5600	67000	26400	4500	42000	0090	0000	1000
71250	5200	0000	0120	128000	0006	0000	0900	0280	6600	89000	29800	5200	46000	0000	0090	3000
71240	6100	0000	0090	104000	0006	0000	0800	0260	5700	49000	17000	17000	43400	0060	0660	1500
71080	11300	0020	0090	171000	0006	0000	0280	0240	2600	278000	19200	1600	40400	0080	0090	2500
71020	9600	0000	0160	116000	0006	0000	0140	0460	3400	50200	15700	1200	47200	0060	0000	4400
71190	5800	0000	0100	98000	0006	0000	0680	0170	2700	54400	16200	1700	47000	0060	0090	1900
71070	6600	0020	0270	79000	0006	0000	0090	0200	3300	34600	14900	0900	42000	0080	0020	1000
71140	4500	0020	0160	172000	0000	0090	2000	0690	2400	35200	13800	1000	43000	0220	0200	4900
71270	13500	0000	0160	121000	0006	0000	0170	0160	5900	381000	17000	1800	36000	0300	0200	2600
71660	1700	0000	0080	44000	0004	0000	0400	0120	7800	451000	15700	1900	45000	0360	0000	0800
71880	3700	0020	0160	43000	0000	0080	0300	0300	2900	27000	13600	1800	42900	0140	0200	0900
72090	28600	0000	0190	478000	0000	0000	2200	0290	5200	673000	17800	1000	60600	0160	0250	1000
70660	12500	0006	0160	146000	0004	0000	0260	0190	7800	624000	17000	1300	40200	0000	0000	4000
71730	1800	0006	0090	28000	0004	0050	0440	0280	7000	237000	9600	0700	40900	0080	0160	1000
71090	23000	0000	0140	95000	0000	0000	6600	0230	6200	551000	15200	1000	63500	0120	0260	2600
71960	22000	0000	0160	88000	0006	0000	1000	0220	4000	253000	10300	0420	58400	0090	0080	2600
70270	4600	0000	0120	57000	0006	0050	0400	0800	7600	300000	9300	1000	49500	0090	0080	4400
70800	1000	0000	0080	91000	0006	0000	1300	0620	6200	203000	7900	0900	40000	0000	0000	3000
70960	2400	0000	0000	298000	0006	0050	1000	0300	6600	293000	7000	0600	43900	0080	0000	1000
71690	2800	0000	0060	32000	0004	0050	1000	0000	6600	203000	7000	0260	38800	0060	0060	0600
71980	18200	0050	0260	20000	0004	0050	0400	0400	3900	240000	7200	0300	54400	0080	0000	0400
81911	3800	0000	0100	61600	0008	0050	0600	0340	5800	393000	40400	1700	9800	0090	0000	0800
81912	2600	0000	0090	51300	0008	0000	0000	0680	5800	575000	27800	1400	24200	0000	0080	0620
81913	3000	0000	0100	65000	0008	0000	0600	0620	6000	640000	29600	1600	26700	0000	0000	1000
81914	3133	0037	0100	59300	0008	0003	0400	0537	5700	536000	32933	1567	20233	0007	0073	0800
81921	5300	0060	0100	40000	0008	0000	2300	0800	5800	371000	27000	2800	10000	0000	0060	1200
81922	2700	0000	0100	35800	0008	0050	0700	0400	5900	442000	29200	3800	11400	0000	0090	1700
81923	2700	0020	0100	40800	0008	0050	0800	0400	5200	598000	36800	6200	13400	0000	0000	0080
81924	3567	0000	0067	38867	0008	0057	1083	0967	5400	403333	31000	4267	11633	0037	0060	1267
81931	2400	0080	0100	18700	0008	0000	0000	0540	4900	200000	22300	2400	6400	0000	0080	0900
81932	3300	0060	0100	43800	0008	0000	0920	0480	5300	346000	22000	2700	7800	0000	0080	1200
81933	6000	0020	0130	27400	0008	0000	0630	0400	5700	322000	22600	2700	7500	0000	0080	0640
81934	3900	0053	0167	29967	0008	0000	0520	0467	5300	293333	22333	2600	7233	0000	0093	0927
Fe	Al	As	Ba	Ca	Cd	Co	Cr	Cu	Fe	K	Mg	Mn	Na	N	Pb	Zn
61211	52466	0003	2467	2152370	0008	0081	0962	10292	80668	7894620	2001320	194721	173006	0700	0204	37007
61191	187116	0099	2184	2169790	0057	0062	6969	6264	182308	6924660	1386620	18962	399217	0871	0211	25022
61131	315197	0292	5921	2946420	0058	0075	1999	10801	271684	7003390	1388460	66347	225319	1896	0466	72952
61201	528071	0095	0796	536260	0057	0084	0386	2582	47662	1734200	306320	6479	53992	0209	0097	93071
611741	477261	0294	6881	3103380	0076	0208	3615	13929	388404	9863880	1760360	23300	283088	2374	0989	43465
61061	947621	0274	2799	2212900	0090	0009	21823	11442	119768	7432700	1857500	25404	190960	0853	0307	72842
61261	408915	01740	3198	2957360	0002	0038	00013	7809	3145240	6625080	1488860	21400	403336	0966	0381	25707
610711	1781412	0231	1629	2407340	0066	0061	19841	6229	175991	6811930	16401480	166628	337511	0713	0278	22309
610921	20067	01361	1954	2246600	0008	0008	29262	6778	80884	610300	1263080	106294	303380	1523	0240	24974
61081	31360	0096	11812	2093280	0098	0098	3696	10888	92007	607480	1446480	40080	166544	1108	0264	34980
61241	25000	0093	2109	2579480	0066	0006	7003	10788	74325	694000	1562060	99299	206332	1900	0164	12009
61251	33273	0516	3293	2390940	0064	0006	51280	6260	128598	6914820	100086	20206	364302	2086	0154	26008
61221	39009	0056	3129	262480	0070	0056	2270	11773	101498	682480	1374880	161262	204222	2509	0184	40998
61291	98425	0207	0406	2289280	0004	0029	00013	7054	57000	590000	1466640	21099	375144	0620	0006	20605
61151	27660	01260	1720	2266000	0060	0040	22120	6680	89740	608000	1344000	178000	39400	1480	0090	26340
611371	44552	0003	4606	2949220	0126	0063	2456	115623	1114027	675680	1154886	174484	202504	3221	0200	45286
61161	36092	01265	31493	2041420	0024	0071	3672	10822	99830	751040	2028080	21907	161240	0698	0361	94699
61181	42906	0062	6686	2236360	0059	0000	3694	12407	117639	735660	1593350	95052	169390	1109	0257	84028
61291	634823	0067	4854	1726480	0036	0038	28081	115381	139880	7860720	1595360	37208	178012	0767	0361	43654

67051	52955	02151	5309	185950	0036	01271	4616	119874	142744	8212720	1679840	62602	167984	03771	03814	849162
67051	76902	00373	2566	147930	0049	00624	6867	7224	174660	7468740	1454680	22922	351768	0358	0363	27208
67091	90743	0025	28194	1059834	0025	0050	2298	7867	1671619	8416880	1213046	19580	393358	06189	0306	24617
67151	62256	0068	3942	1745520	0051	00753	1707	12920	1144034	7864240	164090	32145	170888	07284	02763	43237
67271	87236	0035	4126	1454940	0026	0035	3195	12865	1751134	7733110	153840	27714	176396	08947	05624	40344
67122	184000	0000	3400	220000	0100	0240	0600	11000	214000	770000	146000	8000	73400	2200	0240	53800
67192	174000	0000	4300	222000	0180	0620	0500	11300	281000	781000	92000	164000	69300	3700	0290	64900
67132	116000	0000	4900	184500	0200	0690	0800	9300	218000	643000	649000	152000	82500	4400	0300	67300
67202	113000	0000	5100	174000	0200	0700	0600	11200	226000	645200	682000	160000	68600	4600	0200	68800
67172	57000	0040	3100	146000	0180	0630	0500	9400	184000	6147000	663000	121000	64000	4000	0200	68600
67462	97500	0000	4400	183000	0260	0800	0900	10100	238000	765000	676000	288000	61000	4900	0300	79000
67262	172000	0060	4700	1997000	0200	06100	0800	10100	252000	708000	856000	136000	66300	3600	0460	67300
67072	316000	0100	4600	238000	0160	0400	0700	10400	320000	7271000	1244000	122000	73800	2600	0340	55300
61022	51500	0000	3000	2195000	0380	0060	0400	10800	95000	605000	1123000	118000	94800	2100	0240	42400
61032	70000	0040	3500	1875000	0140	0090	0600	10600	94000	5575000	749000	107000	95000	3100	0200	43000
67242	70000	0040	2000	2451000	0100	0060	1300	13300	91500	5944000	1086000	65700	99700	2300	0180	47100
67252	110000	0000	4000	2394000	0180	0080	0600	13800	134000	6218000	936000	112000	88900	2100	0200	49400
67122	23500	0040	1000	2754000	0040	0050	0400	9700	61000	6268000	1319000	50600	62700	1300	0180	35500
67242	32200	0020	1400	1521000	0050	0060	1800	8300	66400	475000	891000	50800	82700	2100	0050	29700
67152	46500	0040	2500	2182000	0380	0060	0200	12300	80700	6113000	1044000	75600	89900	1900	0140	47100
67132	52000	0000	2460	2361000	0170	0100	0900	12500	95200	6264000	856000	89700	93100	2800	0280	49000
67162	46500	0000	10800	2103000	0180	0070	0800	10500	101000	5868000	1452000	517000	69700	2200	0280	48800
67182	50100	0040	16800	2644000	0380	0080	0640	12800	139000	6032000	1222000	997000	67000	4400	0200	61700
67202	51000	0040	18800	2367000	0400	0090	0800	14900	140000	6149000	1294000	123000	75400	5000	0200	68100
67062	44300	0040	8900	206000	0240	0080	1100	11500	112000	702000	166000	475000	73200	2500	0460	53200
67182	62200	0040	7400	2166000	0220	0080	0300	14000	112000	709000	1694000	223000	68400	1600	0300	58300
67102	44000	0040	15700	230000	0380	0100	0520	12000	118000	586000	1139000	92000	82200	3400	0200	60000
67192	46000	0000	10200	2284000	0280	0080	1100	13900	126000	7393000	1621000	540000	85700	2400	0200	60100
67222	46100	0000	18900	2768000	0400	0090	0400	13500	155000	607000	1304000	1464000	65200	4700	0200	61400
70260	47000	0020	5800	220000	0200	0120	6400	11400	132000	500000	109000	154000	32000	7800	0170	43600
70420	157000	0040	3900	165000	0100	0130	3700	8600	170000	779000	981000	42400	127000	2900	0500	40300
70520	26400	0020	2400	150000	0060	0060	2500	8600	79500	660000	80000	52800	82300	2500	0200	37400
70460	32500	0000	5700	238000	0200	0090	4300	11600	117000	587000	116000	185000	80600	5800	0200	44700
70200	55000	0040	5700	238000	0160	0100	3400	14300	137000	660000	114000	99100	62300	4500	0220	55100
70200	80400	0040	4500	193000	0100	0080	1000	10200	103000	648000	110000	71400	48800	2400	0200	40400
70060	70500	0040	3400	188000	0380	0090	2700	11100	117000	637000	107000	71000	74400	3100	0300	39000
70210	42900	0000	2700	192000	0080	0100	4900	13400	101000	688000	146000	55800	56900	4700	0170	40800
70170	33300	0020	3000	196000	0100	0080	1200	11900	89500	690000	130000	60200	41300	2600	0170	40100
70230	45200	0020	3500	189000	0380	0080	1500	11800	86100	640000	140000	54600	68600	2600	0170	41700
70120	71900	0040	3400	206000	0100	0100	0800	10800	104000	620000	120000	55400	67300	1700	0280	39700
70130	72600	0000	3400	161000	0070	0130	4500	8400	112000	626000	91000	57400	90400	3900	0300	34000
71130	13400	0000	1700	225000	0100	0070	0420	12200	48300	567000	96800	74600	91000	1900	0240	33300
71180	80900	0000	2600	190000	0380	0090	0900	9000	106000	680000	96000	50500	52000	1900	0200	37200
71240	25400	0020	1900	208000	0100	0060	0320	11200	53500	640000	118000	76700	48200	1700	0140	37800
71120	30800	0020	2800	192000	0080	0100	1000	11100	65600	686000	128000	76600	110000	2100	0200	38100
71250	17600	0000	1200	218000	0060	0050	0500	10100	46200	610000	116000	95100	64200	1700	0100	36600
71240	29100	0020	2300	243000	0080	0060	0800	12200	66400	662000	120000	102000	53400	2600	0200	41200
71080	28300	0000	0960	254000	0080	0060	6700	8300	62600	610000	132000	35400	65200	3500	0200	29200
71020	52700	0020	2600	174000	0100	0080	0740	9800	82200	681000	101000	113000	54600	2100	0200	33700
71190	17700	0000	1900	220000	0380	0050	1000	11800	59000	620000	110000	129000	57300	2500	0130	39900
71070	62100	0020	2300	152000	0070	0080	1400	9000	95000	665000	101000	93700	90400	2000	0300	35200
71140	24500	0020	1500	208000	0080	0100	2600	10000	58400	590000	985000	99900	75000	3200	0160	33500
71270	19500	0020	1400	227000	0050	0050	0800	10600	47000	632000	122000	69000	61000	1900	0170	35500
71160	42100	0020	12300	244000	0060	0130	3500	12000	121000	521000	120000	259000	65700	3600	0260	46400

7F80	55000	0080	7900	200000	0120	0900	1200	10500	114000	620000	124000	122000	46000	19000	09400	45000
7F290	72900	0940	8300	198000	0100	0900	1200	11600	110000	590000	1170000	145000	54200	19000	03000	44600
7F050	55300	0020	13500	240000	0230	0080	3700	9400	138000	420000	974000	239000	63000	3000	03300	41000
7F170	33800	0030	7800	225000	0080	0060	1100	10400	92800	589000	1200000	177000	39500	1600	03300	43000
7F190	59500	0020	8100	306000	0240	0180	1700	12700	132000	654000	1380000	194000	125000	1800	04200	46500
7F190	42800	0020	14000	274000	0200	0060	0400	11600	125000	480000	1030000	243000	34000	1900	0600	49000
7F020	59800	0080	14100	250000	0220	0060	0600	11600	146000	535000	1040000	251000	77800	1700	04800	45000
7F050	52800	0020	9200	227000	0070	0060	2000	10000	124000	562000	1020000	152000	63000	1800	02500	39000
7F050	53700	0020	9400	217000	0100	0060	1800	10700	129000	608000	999000	153000	62000	1700	03200	38000
7F160	37600	0020	11500	250000	0100	0060	0560	10800	116000	570000	1030000	241000	43500	1800	02800	45000
7F190	38500	0020	7400	196000	0120	0140	1900	10400	104000	594000	1190000	123000	38300	2200	02500	41000
8F002	54800	0080	4500	168000	0120	0060	0700	8500	77000	429000	765000	102000	53000	1000	02300	29000
8F012	99400	0940	2200	160000	0090	0070	1000	12300	142000	370000	581000	307000	54600	1600	03500	33800
8F022	40300	0020	4400	180000	0090	0040	0540	9600	73800	410000	675000	163000	55200	1800	01200	32000
8F003	64000	0080	3900	163000	0120	0070	1600	8300	79900	480000	774000	93200	44800	1200	02200	27600
8F013	87900	0080	2000	159000	0150	0140	0800	12100	122000	375000	599000	29900	53000	1500	03600	29800
8F023	30200	0020	3200	172000	0090	0040	0300	9500	62600	400000	636000	137000	51800	1900	01600	30800
Mose	A	As	Ba	Ca	Cd	Co	Cr	Cu	Fe	K	Mg	Mn	Na	N	Pb	Zn
8F021	159000	0400	24280	508000	0130	0650	5000	11000	112000	480000	1410000	44500	391000	2560	11300	33800
8F022	161000	1190	29240	552000	0090	0880	5900	11620	114000	610000	1510000	55200	416000	3310	11000	32500
8F023	91000	0260	7200	160000	0070	0300	6820	2500	43500	286000	341000	45540	216000	1460	1020	10700
8F024	69700	0170	5300	193000	0080	0240	4480	2500	17000	304000	381000	44180	186000	1550	1060	12100
6F031	92000	0200	6760	147000	0150	0360	3900	5460	33200	494000	691000	55700	20000	1840	1120	23280
6F032	172000	0360	2220	502000	0120	0900	5300	9540	911000	600000	1670000	55800	399000	2680	7560	32820
6F033	117000	0350	2300	584000	0130	0670	8940	10340	825000	780000	1550000	67000	323000	2480	6250	69000
6F034	113000	0320	21850	490000	0100	0640	4900	6700	565000	2080000	4110000	387000	3180	2620	32380	
6F011	99200	0530	2590	506000	1930	0570	4130	27040	607000	1270000	1650000	233000	357000	2260	4380	129000
6F012	71200	0220	17820	436000	1910	0430	3600	22640	459000	1190000	1400000	184000	310000	1700	3100	79900
6F013	69000	0290	18680	465000	0280	0570	6800	14040	491000	1000000	2000000	363000	380000	2100	3180	77000
6F014	92500	0250	2390	432000	0220	0610	3200	17460	701000	800000	1600000	308000	345000	2300	4350	79000
7F09	103000	0290	21100	479000	0180	0460	4700	14700	947000	520000	1440000	51200	176000	3400	9000	42300
7F050	139000	0400	26200	502000	0170	0610	5400	17600	1330000	6440000	1500000	74800	163000	3600	13100	54100
7F051	168000	0480	3700	666000	0150	0610	5300	18900	1520000	7300000	1580000	61000	211000	3500	13800	46600
7F052	137000	0410	3380	580000	0220	0570	5700	15100	1240000	5250000	1700000	87500	189000	3300	13300	52000
7F041	103000	0210	18800	492000	0210	0520	2900	22800	769000	500000	1350000	228000	196000	2200	4300	68000
7F02	131000	0280	29600	560000	0260	0670	7400	16800	1060000	8220000	1680000	289000	184000	5000	5600	82000
7F03	83800	0180	17600	480000	0220	0520	2800	13500	788000	620000	1480000	260000	171000	2200	4100	68600
7F04	113000	0250	26300	530000	0250	0630	4100	16600	991000	7020000	1590000	276000	173000	3300	6500	82000
7F071	84400	0290	38100	520000	1900	0400	3000	24100	755000	9850000	1590000	207000	124000	2200	6200	114000
7F02	103000	0270	31100	480000	1110	0380	2600	21900	765000	1000000	1470000	150000	131000	2000	5200	106000
7F03	102000	0360	3090	520000	0940	0480	2600	24300	909000	920000	1460000	234000	127000	2100	6000	116000
7F04	74300	0240	29400	560000	1110	0360	1800	27600	591000	1080000	1670000	244000	133000	1900	5700	117000
7F057	72000	0240	17700	635000	0250	0730	1800	8900	523000	690000	2160000	490000	74500	3300	5600	45600
7F08	46800	0140	18300	889000	0270	0420	5800	8000	380000	620000	2060000	219000	76100	5100	4400	58900
7F09	42100	0120	13300	616000	0270	0300	2200	6300	320000	720000	2670000	208000	65000	2100	2600	41000
7F060	63900	0210	21800	624000	0220	0640	1700	7900	465000	620000	1930000	437000	65400	2900	4900	41000
7F08	405000	0760	45600	512000	0230	1400	6400	11200	2230000	11600000	2150000	344000	162000	4800	3700	62500
7F09	786000	1400	48400	452000	0210	3200	14800	15600	5390000	10800000	2830000	645000	147000	10100	5300	66100
7F090	303000	0650	31000	510000	0210	1100	5100	13700	2140000	9440000	2270000	533000	108000	4800	2900	74800
7F091	450000	0700	42500	484000	0160	1500	14600	10000	2610000	10300000	2120000	385000	145000	5000	3100	55800
7F100	388000	0100	11300	580000	0190	0200	11300	6800	290000	9160000	2460000	187000	265000	1800	2200	51000
7F101	351000	0100	11900	568000	0220	0220	1400	6800	294000	920000	2100000	180000	174000	1400	2400	52000
7F102	419000	0100	11400	603000	0200	0250	1800	6200	326000	928000	2100000	204000	196000	1400	2400	42900
7F103	350000	0090	11100	550000	0210	0220	3600	6600	276000	909000	2420000	156000	25000	1300	1900	40800



---

8F901	1815000	0400	39800	625000	0700	0720	8400	20800	120000	645000	1355000	25200	197000	5750	8200	104500
8F901	3430000	0200	42000	790000	0600	1400	10300	16200	250000	719000	180000	84000	263000	7500	26200	163000
8F901	1367667	0293	11000	2803333	0103	0567	4900	5033	921667	4163333	90667	131900	59933	3933	2467	60300
8F902	1220000	0200	21000	579000	0100	0580	3700	14400	991000	486000	110000	171000	153000	3100	5000	56600
8F902	1900000	0500	30000	440000	0200	0780	6200	19200	184000	600000	162000	77200	188000	4300	23500	44200
8F902	1681333	0367	16467	530000	0183	0933	7533	7133	982667	976667	1603333	156333	147333	3700	2867	31200
8F903	2950000	0650	48100	585000	0650	0920	15500	17300	180000	620000	1325000	270000	172000	11100	13000	81200
8F903	2270000	0640	28100	590000	0110	0700	7900	12500	194000	480000	150000	76400	91300	4500	10300	32500
8F903	1892667	0333	21000	602000	0180	0740	4033	6667	1173667	690000	200000	220000	167333	3467	3933	35633

---

Persönliche Erklärung des Autors :

Hiermit bestätige ich, dass das vorgeschlagene Thema nicht Bestandteil meiner Routinearbeit beim Arbeitgeber bzw. bei meiner Doktorarbeit oder in meiner laufenden Tätigkeit ist.