

**BE-104**

**BERICHTE**



# **KARTIERUNG DER NASSEN DEPOSITION IN ÖSTERREICH**



# Kartierung der nassen Deposition in Österreich

**BE-104**

Wien, Januar 1998

Bundesministerium für Umwelt, Jugend und Familie



**Autor:** Schneider Jürgen

Die Arbeiten wurden in Kooperation von den Abteilung für EDV/UIS (U. Falkner, G. Stuhlpfarrer und J. Weigl) und Lufthygiene (J. Schneider) durchgeführt.

**Danksagung:** Herzlich gedankt für die Überlassung von Niederschlagsdaten sei dem Hydrographisches Zentralbüro des BMLF, dem Slovak Hydrometeorological Institute, der Schweizerische Meteorologische Anstalt, dem Deutschen Wetterdienst, dem Czech Hydrometeorological Institute, dem MTCWN in Ungarn, dem Hydrometeorological Institute of Slovenia und dem Hydrographischen Amt der Provinz Bozen.

Den zuständigen Stellen in den Ämtern der Landesregierungen der österreichischen Bundesländer wird für die Überlassung der Depositionsdaten gedankt.

## **Impressum**

Medieninhaber und Herausgeber: Umweltbundesamt, Spittelauer Lände 5, A-1090 Wien  
Eigenvervielfältigung

© Umweltbundesamt, Wien, 1998  
Alle Rechte vorbehalten (all rights reserved)  
ISBN 3-85457-412-6

Kartierung der nasse Deposition in Österreich	1
<b>1 ZUSAMMENFASSUNG</b>	<b>3</b>
<b>2 EINLEITUNG</b>	<b>4</b>
<b>3 ZIELSETZUNG</b>	<b>6</b>
<b>4 METHODIK</b>	<b>7</b>
4.1 Berechnung der flächenhaften Niederschlagsmenge in Österreich	7
4.2 Berechnung der flächenhaften mengengewichteten Ionenkonzentrationen	9
<b>5 DATENBASIS</b>	<b>11</b>
<b>6 ERGEBNISSE</b>	<b>16</b>
<b>7 DISKUSSION DER ERGEBNISSE</b>	<b>17</b>
<b>8 AUSBLICK</b>	<b>44</b>
<b>9 LITERATUR</b>	<b>45</b>
<b>ANNEX</b>	<b>46</b>



## 1 ZUSAMMENFASSUNG

Die nasse Deposition von Schadstoffen kann zur Schädigung der Umwelt führen. Schwefel- und Stickstoffverbindungen können zur Versauerung des Bodens und von Gewässern beitragen, und damit Flora und Fauna schädigen. Eine erhöhte Deposition von Stickstoffverbindungen kann darüber hinaus eine Eutrophierung (= Überdüngung) der Böden verursachen, welche diverse nachteilige Effekte nach sich ziehen kann.

Am Umweltbundesamt wurde ein Verfahren entwickelt bzw. adaptiert, mit dessen Hilfe die punktuell erhobenen Niederschlags- und Depositionsmeßwerte flächenhaft unter Berücksichtigung einer spezifischen Höhenabhängigkeit interpoliert werden können.

In der vorliegenden Arbeit werden mit Hilfe dieses Verfahrens berechnete, hoch aufgelöste Karten vorgestellt, welche den flächenhaften Eintrag diverser Schadstoffe durch den Niederschlag in Österreich für das Jahr 1994 zeigen.

Die Depositionskarten lassen für verschiedene Komponenten spezifische Belastungsschwerpunkte erkennen.

### ABSTRACT

The deposition of pollutants can lead to a severe damage of the environment. Sulphur and nitrogen compounds can contribute to the acidification of soils and aquatic ecosystems, which may cause adverse effects for the vegetation. Enhanced deposition loads of oxidised and reduced nitrogen compounds can additionally lead to eutrophication.

Within this report Austrian maps of the wet deposition of several compounds are presented for 1994. The mapping was based on point measurements of the wet precipitation and deposition measurements using a special interpolation scheme.

## 2 EINLEITUNG

Atmosphärische Einträge verschiedener Schadstoffe wie Schwefel- und Stickstoffverbindungen in Ökosysteme können weitreichende ökologische Folgen haben und auch zu schwerwiegenden ökonomischen Schäden führen.

Erstmals große öffentliche Aufmerksamkeit erlangten die Folgen der Schadstoffdeposition Anfang der 70-Jahre vor allem in den skandinavischen Ländern unter dem Begriff 'Saurer Regen', doch werden auch heutzutage immer noch Ökosysteme durch hohe Einträge von Schwefel- und Stickstoffverbindungen in Mitleidenschaft gezogen. Letztendlich sind die Schädwirkungen auf anthropogene Emissionen von Schwefeldioxid (SO<sub>2</sub>), Stickstoffdioxid (NO<sub>x</sub>) und Ammoniak (NH<sub>3</sub>) zurückzuführen.

### Wirkungen

Durch den Eintrag von Schwefel- und Stickstoffverbindungen kann es zur **Versauerung** von Böden kommen. Dadurch kann es zu einer Abnahme der Basensättigung, einem Sinken des pH-Wertes, zur Freisetzung von Aluminium und anderer schädigender Ionen und weiteren Schädwirkungen kommen.

Erhöhte Einträge von Stickstoffverbindungen können neben ihrem Beitrag zur Versauerung zur **Eutrophierung** (Überdüngung) führen. Dadurch kann es zu Nährstoffungleichgewichten kommen und damit zu direkten negativen Einflüssen auf die Vegetation. Daneben werden Stickstoff-tolerante Arten gegenüber Stickstoff-sensitiven bevorzugt, was zu einer Verdrängung der Letzteren führen kann (Artenverschiebung).

Die Größe der durch den Eintrag von Schadstoffen verursachten Einwirkung auf die Umwelt hängt von zwei Faktoren ab:

1. Der Empfindlichkeit des betrachteten Ökosystems. Diese ist primär eine Funktion diverser bodenchemischer und physikalischer Parameter und des Bewuchses.
2. Der Menge des Schadstoffeintrags.

Für eine Abschätzung der Gefährdung von Ökosystemen durch den Schadstoffeintrag in bezug auf die Versauerung und die Eutrophierung wurde das Konzept der Critical Loads (Nilsson, 1986) entwickelt, wobei die Empfindlichkeit verschiedener Ökosystemtypen grob quantifiziert wird. Dieses Konzept wurde in den vergangenen Jahren im Rahmen der Arbeiten der Konvention über weitreichende, grenzüberschreitende Luftverunreinigung (Convention on Long-range Transboundary Air Pollution) der UN/ECE stetig verbessert und den neuesten Forschungsergebnissen angepaßt.

Definiert sind Critical Loads (UBA, 1996) als

*ein quantitativer Schätzwert der Exposition gegenüber einem oder mehreren Schadstoffen, unter der nach derzeitigem Wissen keine signifikanten schädigenden Effekte eines spezifischen Rezeptors auftreten.*

Unter Exposition ist in diesem Fall die Gesamtdeposition von Schadstoffen zu verstehen. Die schädigenden Effekte beziehen direkte oder indirekte Effekte (z.B. schwerwiegende Änderungen der Bodenchemie) ein, wobei auch eine langjährige Belastung unterhalb des Critical Loads keine negativen Auswirkungen haben darf.



Um die aktuelle Belastung von Ökosystemen abschätzen zu können, werden die Critical Loads mit den tatsächlichen (gemessenen oder modellierten) Depositionsmengen verglichen. Überschreitet der Eintrag an Schadstoffen die Critical Loads, so sind die betreffenden Ökosysteme als potentiell gefährdet anzusehen.

### Deposition von Schadstoffen

Schadstoffe können auf verschiedenem Weg in Ökosysteme eingetragen werden. Prinzipiell können drei Routen unterschieden werden:

- Die nasse Deposition. Die primär emittierten Schadstoffe  $\text{SO}_2$ ,  $\text{NO}_x$  und  $\text{NH}_3$  können in der Atmosphäre chemisch umgewandelt und über weite Strecken transportiert werden. Im Niederschlag finden sich hauptsächlich die Folgeprodukte Sulfat, Nitrat und Ammonium. Der weiträumige Transport kann zur Folge haben, daß z.T. hohe Konzentrationen dieser Schadstoffe im Regenwasser an Standorten gemessen werden können, die weit entfernt von Emittenten der Vorläufersubstanzen liegen.

Die nasse Deposition kann relativ einfach durch die Messung der Schadstoffkonzentrationen im Regenwasser und der Regenmenge berechnet werden

- Die trockene Deposition. Bei diesem Vorgang werden Gase direkt von der Vegetation aufgenommen. Bedeutend ist die trockene Deposition vor allem emittentennah, da dort die höchsten Konzentrationen an Schadstoffen auftreten. Dies bedeutet, daß die lokale Verteilung nicht so einheitlich wie etwa die der nasse Deposition ist. Auch ist eine direkte Messung der trockenen Deposition mit einem hohen experimentellen Aufwand verbunden und wird daher statt dessen häufig mit Hilfe von Modellrechnungen abgeschätzt, für die jedoch wiederum etliche, schwierig zu bestimmende Inputparameter notwendig sind.
- Die okkulte Deposition oder Nebelwasserdeposition. Der Eintrag von Schadstoffen durch okkulte Deposition kann vor allem in nebelreichen Lagen signifikant zur Gesamtschadstoffbelastung beitragen. Die Bestimmung der Einträge ist jedoch nicht einfach, da sie nicht nur von den Schadstoffkonzentrationen im Nebelwasser abhängt, sondern auch von der tatsächlich deponierten Nebelmenge. Da die Messung schwierig ist, muß diese Größe im allgemeinen modelliert werden.

In dem vorliegenden Bericht werden Karten für den Eintrag von Schadstoffen durch die nasse Deposition vorgestellt, erstellt auf Basis punktueller Messungen und einem Modell zur flächenhaften Interpolation.

### 3 ZIELSETZUNG

Wie in der Einleitung beschrieben, kann mit Hilfe des Konzepts der Critical Loads abgeschätzt werden, ob Ökosysteme langfristig gegen den Einfluß versauernder und eutrophierender Schadstoffe geschützt sind.

Berechnungen mit einem europaweiten grobmaschigen Modell haben gezeigt, daß auf etwa 50 % der österreichischen Ökosystemflächen die Critical Loads für Übersäuerung überschritten werden. Bei den Critical Loads für Eutrophierung liegt der Anteil bei 90 %. (Europäische Kommission, 1997). Diesen Berechnungen liegen zwar die hoch aufgelösten österreichischen Critical Loads-Daten zugrunde, die Deposition wurde allerdings mit einer sehr niedrigen räumlichen Auflösung (150 km x 150 km) berechnet. Die Ergebnisse vermitteln daher einen groben Überblick über die Schwere des Problems, sind aber nicht geeignet, die aktuelle Gefährdung von Ökosystemen auf lokaler und regionaler Ebene zu bestimmen und zu quantifizieren.

Ziel des gegenständlichen Projekts war es daher, den flächenhaften Eintrag diverser Schadstoffe in Österreich mit einer hohen Auflösung zu kartieren. Derzeit wird an knapp 40 Standorten in Österreich die nasse Deposition gemessen. Diese Messungen liefern Punktinformationen; für räumlich differenziertere Betrachtungen ist es jedoch, wie oben beschrieben, notwendig, diese Daten flächenhaft darzustellen. Analoge Berechnungen wurden zuletzt für das Jahr 1985 durchgeführt (Kovar et al., 1991). Durch die weitreichenden Änderungen der Emissionen von NO<sub>x</sub>, NH<sub>3</sub> und vor allem SO<sub>2</sub> in Europa in den letzten Jahren sind diese jedoch nicht mehr aktuell.

Die Ergebnisse dieser Studie

- ⇒ erlauben einen aktuellen Überblick über die räumliche Verteilung (und damit etwa der Belastungsschwerpunkte) der nassen Deposition in Österreich
- ⇒ dienen als Inputparameter für die Berechnung der Critical Loads für Säureeintrag (CCE, 1995; CCE, 1997). Dafür werden die Depositionsdaten von basischen Kationen benötigt, da diese die Wirkung von versauernden Schadstoffen abpuffern können. Konkret sollen die erhaltenen Daten mit dem vorhandenen Critical Loads-Datensatz verglichen werden und dieser gegebenenfalls aktualisiert werden.
- ⇒ können in Kombination mit Berechnungen der trockenen und okkulten Deposition und den am Umweltbundesamt verfügbaren Critical Loads-Daten gesetzt werden, um die Überschreitungen der Critical Loads zu berechnen.

## 4 METHODIK

Die nasse Deposition diverser Schadstoffe wird als Produkt der Ionenkonzentration im Niederschlagswasser und der Regenmenge berechnet. Angegeben wird die nasse Deposition als Eintrag pro Flächeneinheit, z.B. in kg/ha.

$$\text{Dep}_{\text{naß}} = \text{Nd} * \text{Ionenkonzentration}$$

Dep <sub>naß</sub> =	Nasse Deposition
Nd	Niederschlagsmenge
Ionenkonzentration	mengengewichtete Konzentration des jeweiligen Schadstoffes im Niederschlagswasser

Dies bedeutet, daß hohe Eintragsmengen einerseits durch hohe Schadstoffkonzentrationen im Regenwasser, andererseits durch hohe Niederschlagsmengen bedingt sein können. Dies ist insbesondere in empfindlichen alpinen Regionen von Bedeutung, da hier hohe Regenmengen vorkommen können.

Die Niederschlagsmenge und die mengengewichteten Ionenkonzentrationen wurden in getrennten Arbeitsschritten flächenhaft interpoliert.

### 4.1 Berechnung der flächenhaften Niederschlagsmenge in Österreich

Ausgangspunkt für die Berechnungen waren die Niederschlagsdaten von etwa 1100 österreichischen und etwa 40 im benachbarten Ausland gelegenen Niederschlagsmeßstellen.

Auf die Probleme und Unsicherheiten der Niederschlagsmessung sei hier nur am Rande verwiesen. Die Niederschlagsmenge kann sehr kleinräumig Variationen aufweisen und durch die Situation in der unmittelbaren Umgebung der Meßstelle nicht repräsentativ sein. Daneben können hohe Windgeschwindigkeiten während der Niederschlagsereignisse zu reduzierten Sammelmengen führen. Im Rahmen des gegenständlichen Projekts wurden die Daten, welche vom Hydrographischen Zentralbüro erhalten wurden, als korrekt genommen und keinen weiteren Korrekturen unterzogen.

Vorteilhaft für die Berechnungen ist der Umstand zu bewerten, daß eine große Anzahl von Meßpunkten vorliegt. Dadurch kann bei der Interpolation eine relativ hohe Sicherheit erreicht werden.

Die Niederschlagsmenge zeigt eine Höhenabhängigkeit. Abbildung 1 zeigt die Korrelation zwischen der Seehöhe der Meßstation und der ermittelten Jahresniederschlagssumme.

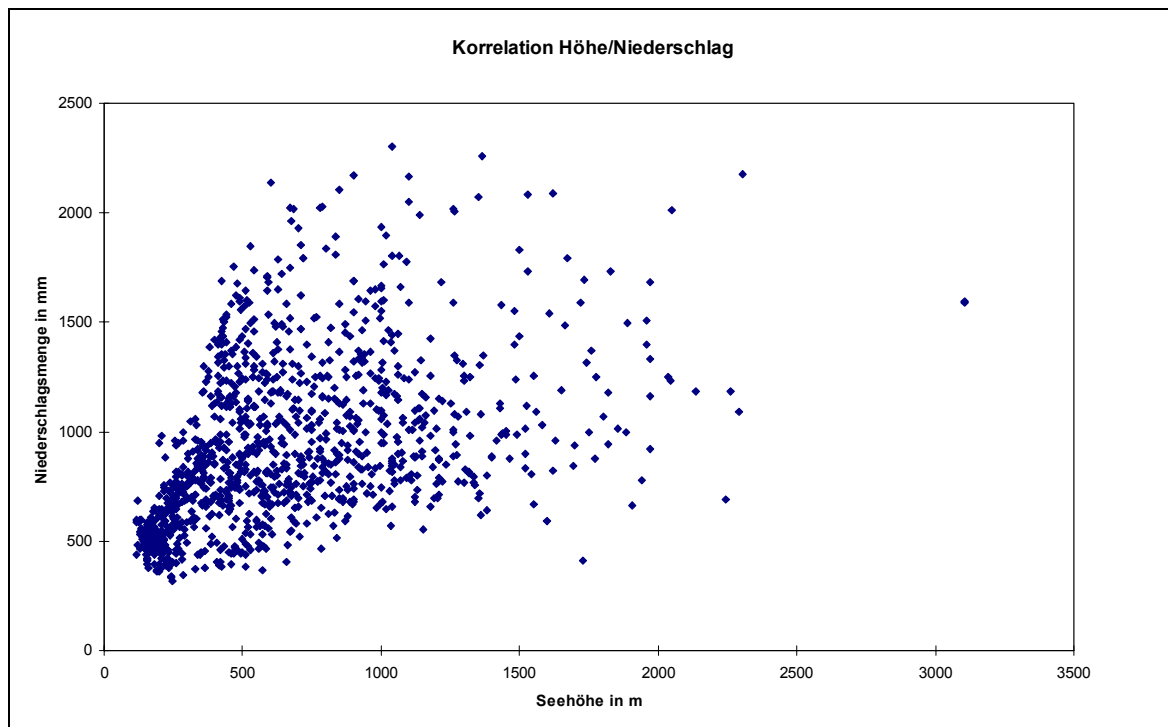


Abbildung 1: Zusammenhang der Seehöhe und der Niederschlagsmenge an den Meßstationen 1994

Um die Höhenabhängigkeit des Niederschlags bei der Interpolation abschätzen zu können, wurde innerhalb des gegenständlichen Projektes ein einfaches Modell entwickelt. In einem ersten Schritt wurden die Niederschlagsmeßwerte in verschiedenen Klassen von Höhenstufen zusammengefaßt. Anschließend wurde eine lineare Regression der erhaltenen Werte durchgeführt.

Abbildung 2 zeigt die Regressionsgerade, welche in weiterer Folge auch für die Interpolation der Höhenabhängigkeit verwendet wurde.

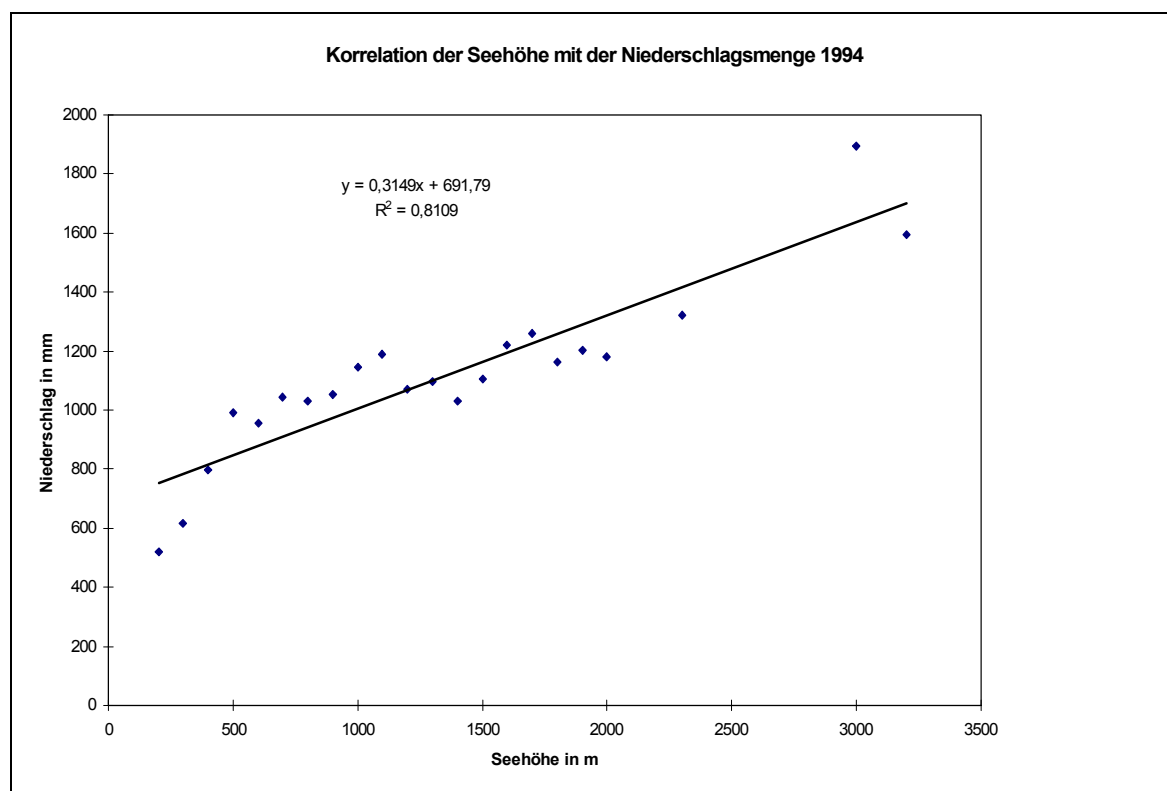


Abbildung 2: Korrelation der nach Seehöhe zusammengefaßten Meßstationen und der Niederschlagsmenge 1994

Unter Verwendung der im Diagramm gezeigten Höhenabhängigkeit wurde einerseits auf Basis eines digitalen Geländemodells eine Normniederschlagsmenge für ganz Österreich flächenhaft berechnet. Andererseits wurde an jeder Meßstelle die Differenz aus gemessenem Jahresniederschlag und errechneter Normniederschlagsmenge ermittelt. Diese Residuen wurden anschließend mit einem räumlichen Interpolationsverfahren flächendeckend modelliert. Dabei wurde für das interpolierte Raster eine Maschenweite von  $1000 \times 1000 \text{ m}^2$  gewählt. Aus der Summe aus Normniederschlagsmenge und interpolierten Residuen wurde dann die tatsächliche Niederschlagsverteilung errechnet.

#### 4.2 Berechnung der flächenhaften mengengewichteten Ionenkonzentrationen

Für die Berechnungen wurden die Meßdaten des österreichischen Depositionsmeßnetzes sowie einige Meßstandorte im benachbarten Ausland herangezogen. Aus der Literatur ist bekannt, daß auch die Ionenkonzentration verschiedener Regeninhaltsstoffe eine Höhenabhängigkeit zeigt. Folglich wurden die Daten daraufhin analysiert.

Näherungsweise wurde folgender Zusammenhang hergeleitet und auch in den nachfolgenden Berechnungen verwendet.

- Bis zu einer Seehöhe von 1000 m sind die Werte relativ unabhängig von der Höhe. In den Berechnungen wurden daher die gemessenen Werte verwendet.
- Ab 1000 m wurde angenommen, daß die Konzentration pro 1000 m linear um 25 % abnimmt.

Mit Hilfe dieser Abhängigkeit wurden die Meßwerte auf ein einheitliches Bezugsniveau umgerechnet. Aus den reduzierten Meßwerten wurden mittels räumlicher Interpolation flächenhafte Konzentrationsverteilungen für ganz Österreich berechnet. Anschließend wurden die interpolierten Verteilungen mit Hilfe des digitalen Geländemodells und der oben beschriebenen Beziehung auf die reale Höhe umgerechnet.

Durch Verschneiden der Niederschlagskarte mit der Karten der mengengewichteten Ionenkonzentrationen wurden die Einträge in kg/ha und Jahr erhalten.

## 5 DATENBASIS

Wie im vorhergehenden Kapitel beschrieben, werden für die Berechnung der nassen Deposition Angaben über die Niederschlagsmenge und die mengengewichtete Konzentration an Schadstoffen benötigt.

Niederschlagsmessungen werden in Österreich in erster Linie vom hydrographischen Zentralbüro und der Zentralanstalt für Meteorologie und Geodynamik durchgeführt. Vom Hydrographischen Zentralbüro wurden auch die entsprechenden Datensätze erhalten. Neben einem Datenfile, welches die Niederschlagswerte in Form von Monatssummenwerten in 1/10 mm enthält, wurden auch Metadaten über die jeweiligen Meßstationen übermittelt. Wichtig für die gegenständlichen Berechnungen waren vor allem Angaben über die Lage der Stationen (geographische Länge und Breite, Seehöhe).

Entsprechende Daten wurden von folgenden Institutionen erhalten, wofür hier noch einmal Dank ausgesprochen werden soll.

Hydrographisches Zentralbüro  
BMLF  
Marxergasse 2  
1030 Wien  
Österreich

Slovak Hydrometeorological  
Institute  
Jesenovia 17  
833 15 Bratislava  
Slowakei

Schweizerische  
Meteorologische Anstalt  
Krähbühlstraße 58  
8044 Zürich  
Schweiz

Deutscher Wetterdienst  
Postfach 65  
D-63004 Offenbach  
Deutschland

Czech Hydrometeorological Institute  
Regional Centre Brno  
Kroftova 43  
61667 Brno  
Tschechische Republik

MTCWN  
Fő utca 48 - 50  
H-1011 Budapest

Ungarn

Hydrometeorological Institute of Slovenia  
Vojkova 1 B  
61000 Ljubljana  
Slowenien

Hydrographisches Amt der Provinz Bozen  
Abteilung 30  
Mendelstraße 24  
I-39100 Bozen  
Italien

Die nasse Deposition wird derzeit in Österreich von den Ämtern der Landesregierungen und dem Umweltbundesamt an knapp 40 Meßstellen erhoben. An dieser Stelle sei den zuständigen Stellen in den Bundesländern noch einmal herzlich für das Zuverfügungstellen der Daten gedankt. In der folgenden Graphik ist eine Übersicht der österreichischen Meßstellen, welche 1995 in Betrieb waren, zu sehen.





Die folgende Tabelle gibt einen Überblick über die Meßstellen und wichtige Informationen bezüglich der Lage, der Meßdauer und der Institutionen, welche die chemischen Analysen durchführen.

Bundesland	Station	Länge	Breite	Seehöhe in m	Periode	Labor
Tirol	Reutte	10°40'54"	47°29'11"	930	11/83-	IAC
	Achenkirch	11°38'25"	47°34'55"	840	11/83- 12/96	UBA
	Kufstein	12°13'38"	47°39'47"	680	11/83-	IAC
	Innervillgraten	12°21'10"	46°49'06"	1730	8/84-	IAC
Salzburg	Haunsberg	13°01'00"	47°57'23"	520	10/83-	IAC
	St.Koloman	13°14'00"	47°39'03"	1020	10/83-	UBA
	Werfenweng	13°15'12"	47°25'18"	940	10/83-	IAC
	Kolm Saigurn	12°59'04"	47°04'05"	1600	10/98-	IAC
	Sonnblick	12°57'32"	47°03'15"	3106	10/87-	IAC
Niederösterreich	Naßwald	15°42'26"	47°46'04"	600	5/88-	IAC
	Litschau	15°02'20"	48°57'20"	560	10/89-	IAC
	Wolkersdorf	16°31'22"	48°23'02"	180	10/89-	IAC
	Josefsberg	15°18'56"	47°50'42"	1010	11/89-	IAC
	Lunz	15°04'07"	47°51'18"	618	4/90-	IAC
	Ostrong	15°05'02"	48°13'15"	575	4/91-	IAC
	Klausen.- Leopoldsdorf	15°59'56"	48°05'20"	400	7/91-	IAC
Wien	Lainz	16°14'07"	48°12'02"	230	4/86-	IAC
	Lobau	16°30'51"	48°11'15"	155	4/86-	IAC
	Bisamberg	16°22'59"	48°18'49"	310	4/90-	IAC
Oberösterreich	Schöneben	13°57'02"	48°42'43"	920	1/84-	LR-OÖ
	Steyregg	14°21'16"	48°17'23"	335	1/84-	LR-OÖ
	Kremsmünster	14°07'49"	48°03'21"	384	1/86-	LR-OÖ
	Grünau	13°57'22"	47°46'22"	591	1/87-	LR-OÖ
	Linz-ORF- Zentrum	14°18'09"	48°17'52"	263	5/90-	LR-OÖ
Kärnten	Naßfeld	13°16'33"	46°33'37"	1530	11/89-	IAC

Fortsetzung auf der nächsten Seite

Bundesland	Station	Länge	Breite	Seehöhe in m	Periode	Labor
Steiermark	Hochgößnitz	15°01'00"	47°03'33"	900	3/90-	IAC/FZS
	Grundlsee	13°47'48"	47°37'50"	954	3/90-	IAC/FZS
	Stolzalpe	14°12'10"	47°07'50"	1302	12/91-	IAC/FZS
Vorarlberg	Gaschurn	10°01'30"	46°59'30"	990	4/92-3/94	IAC
Burgenland	Illmitz	16°46'08"	47°46'12"	117	8/83-	UBA

FZS  
IAC  
LR-OÖ  
UBA

Forschungszentrum Seibersdorf  
Institut für Analytische Chemie, TU - Wien  
Labor der Oberösterreichischen Landesregierung  
Umweltbundesamt

Um die relativ großen Datenmengen besser handhaben zu können, wurde von der Abteilung EDV/UIS am Umweltbundesamt eine Datenbank generiert, welche einen bequemen Zugriff zu den Daten ermöglicht.

Im Annex befindet sich eine kurze Beschreibung der Datenbank.

## 6 ERGEBNISSE

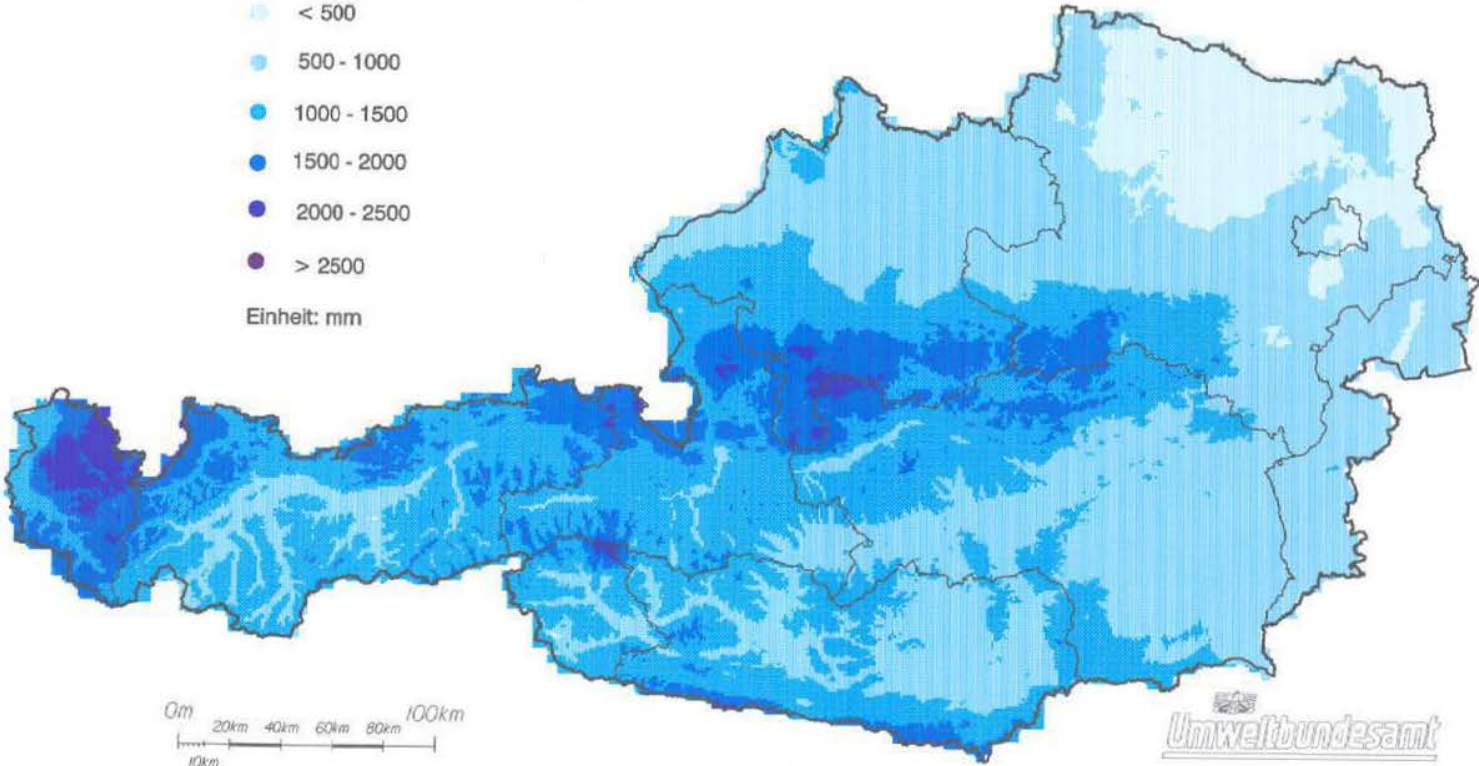
Auf den folgenden Seiten werden die Ergebnisse der Berechnungen der Niederschlagsmengen sowie der Schadstoffeinträge präsentiert. Die Niederschlagssummen werden in mm pro Jahr angegeben, die Einträge in kg pro ha und Jahr.

- Abbildung 1: Niederschlagssumme 1994 in mm
- Abbildung 2: Nasse Deposition von Sulfat im Jahr 1994, angegeben in kg Schwefel/ha
- Abbildung 3: Nasse Deposition von Nitrat im Jahr 1994, angegeben in kg Stickstoff/ha
- Abbildung 4: Nasse Deposition von Ammonium im Jahr 1994, angegeben in kg Stickstoff/ha
- Abbildung 5: Nasse Deposition von Stickstoff (Summe von Ammonium und Nitrat) im Jahr 1994, angegeben in kg Stickstoff/ha
- Abbildung 6: Nasse Deposition von Chlorid im Jahr 1994, angegeben in kg /ha
- Abbildung 7: Durchschnittlicher pH-Wert des Niederschlags im Jahr 1994
- Abbildung 8: Nasse Deposition von Natrium im Jahr 1994, angegeben in kg /ha
- Abbildung 9: Nasse Deposition von Kalium im Jahr 1994, angegeben in kg /ha
- Abbildung 10: Nasse Deposition von Kalzium im Jahr 1994, angegeben in kg /ha
- Abbildung 11: Nasse Deposition von Magnesium im Jahr 1994, angegeben in kg /ha
- Abbildung 12: Nasse Deposition von basischen Kationen (Natrium + Kalium + Kalzium + Magnesium) im Jahr 1994, angegeben in kg /ha

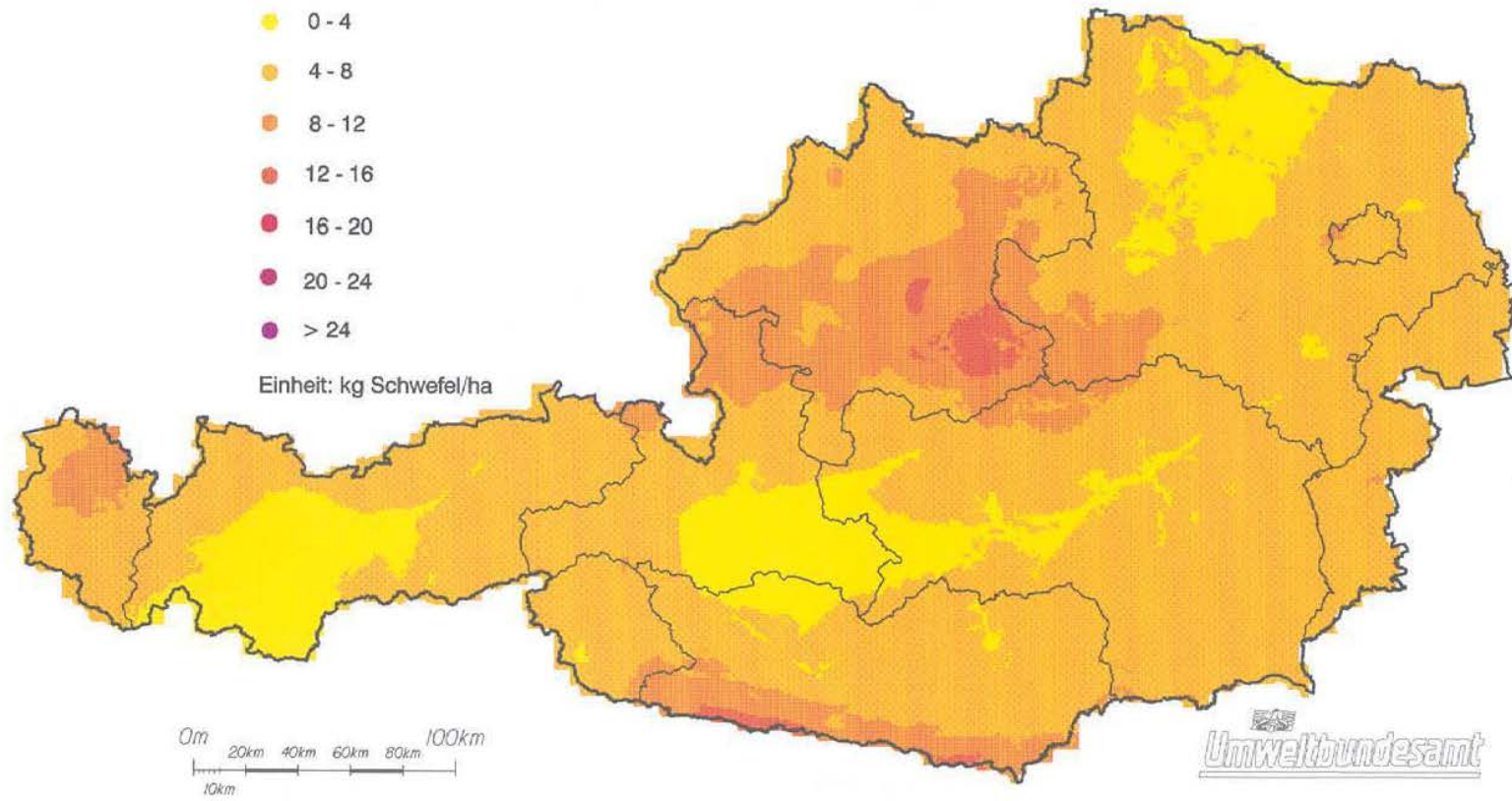
# Niederschlagssumme 1994

- < 500
- 500 - 1000
- 1000 - 1500
- 1500 - 2000
- 2000 - 2500
- > 2500

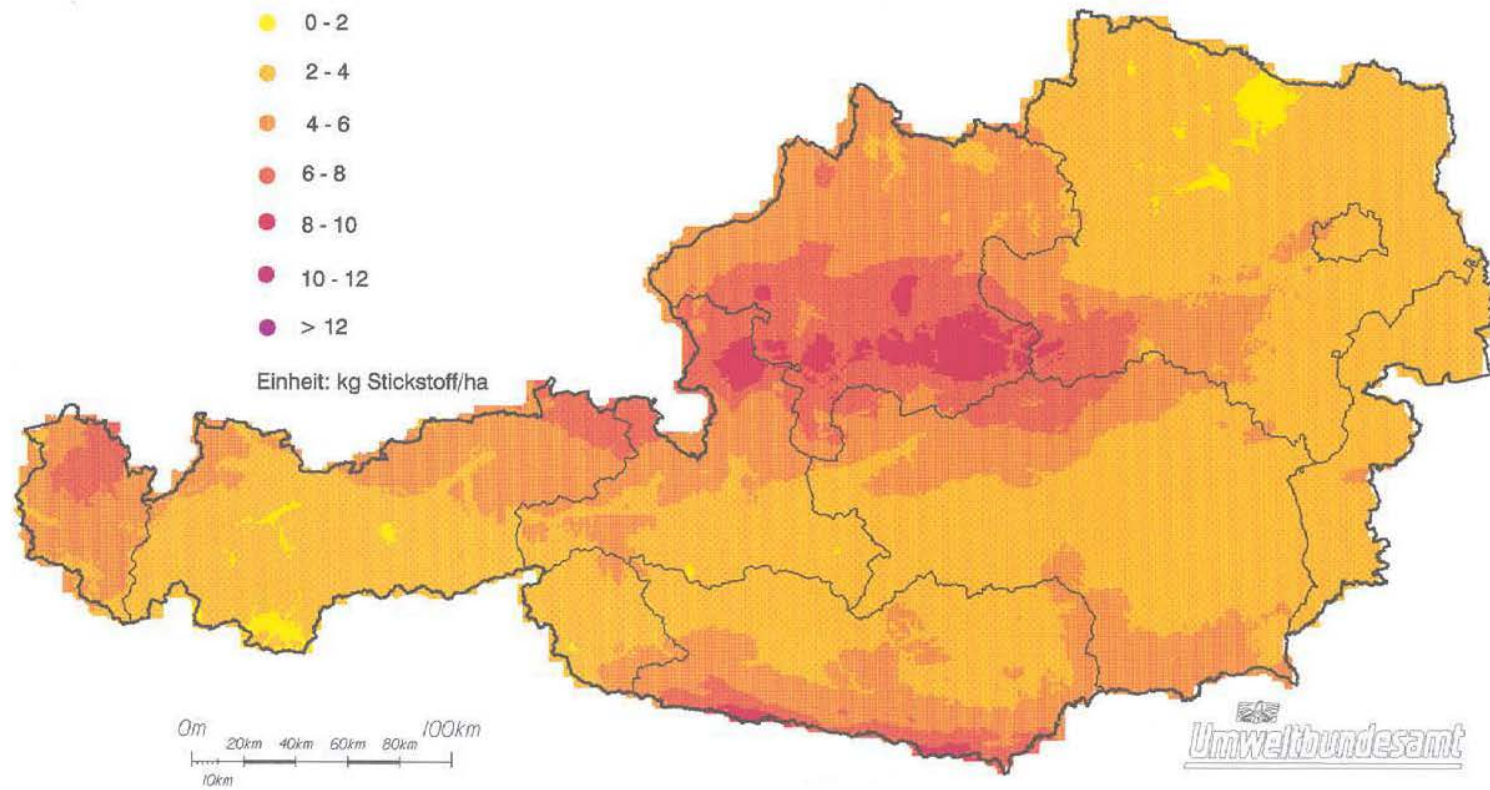
Einheit: mm



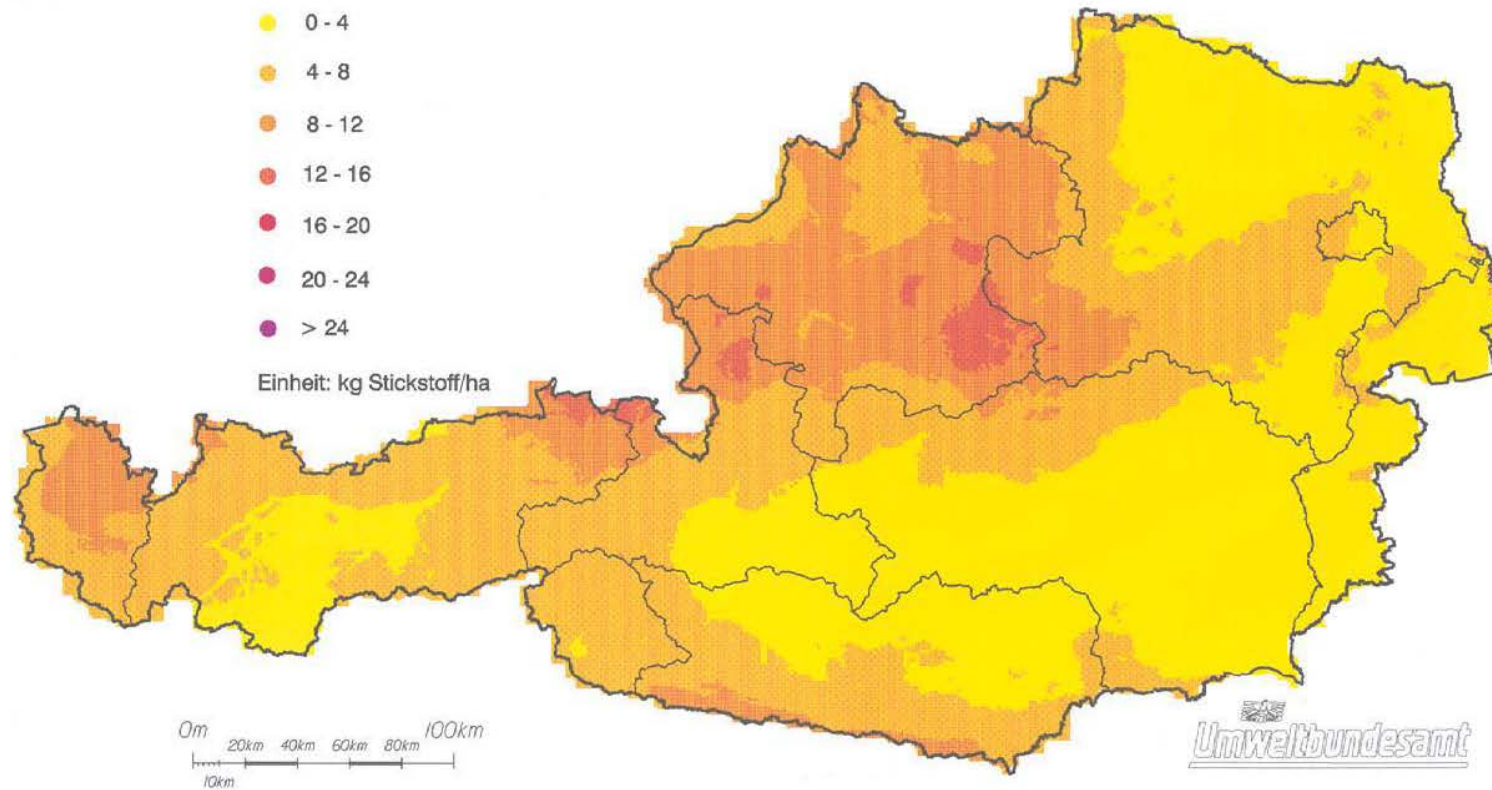
## Nasse Deposition von Sulfat 1994



## Nasse Deposition von Nitrat 1994

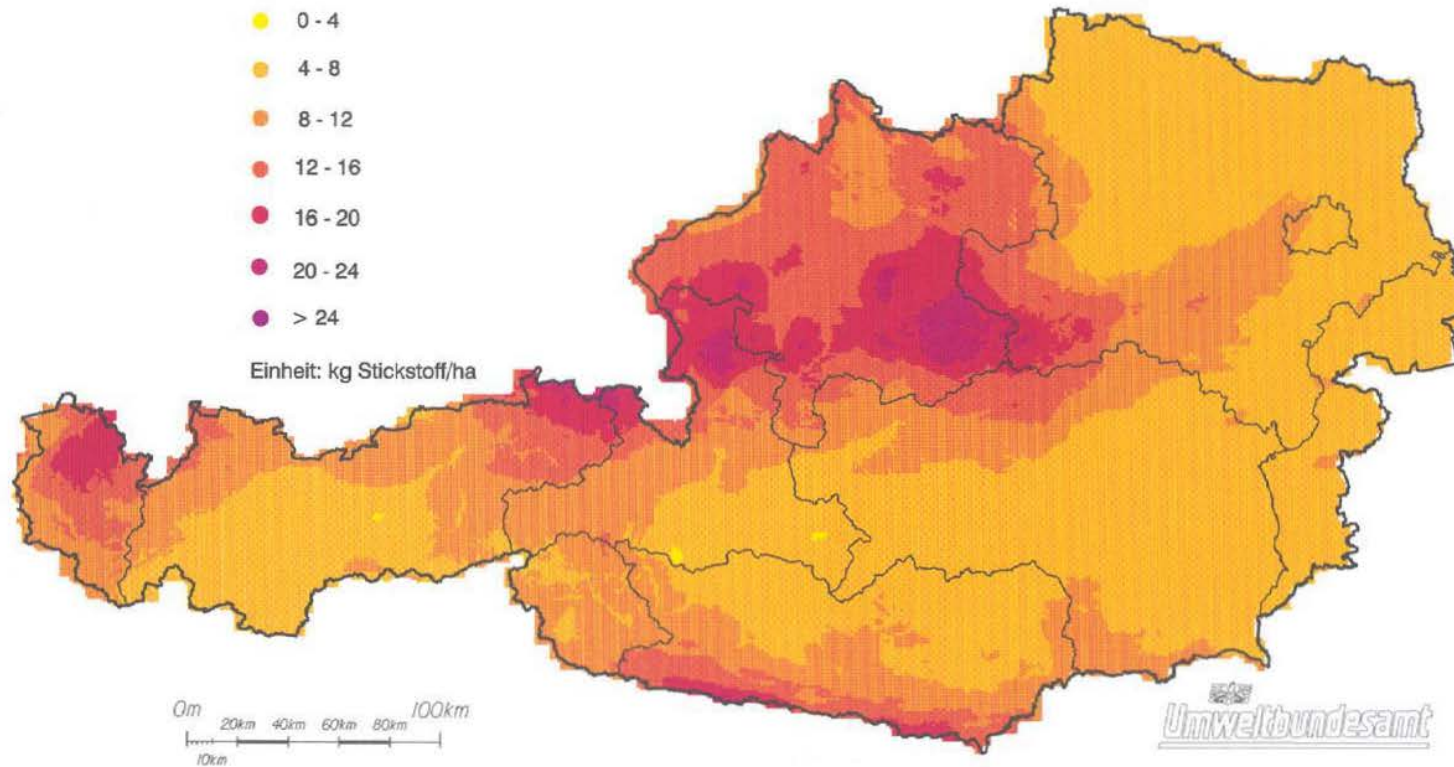


## Nasse Deposition von Ammonium 1994

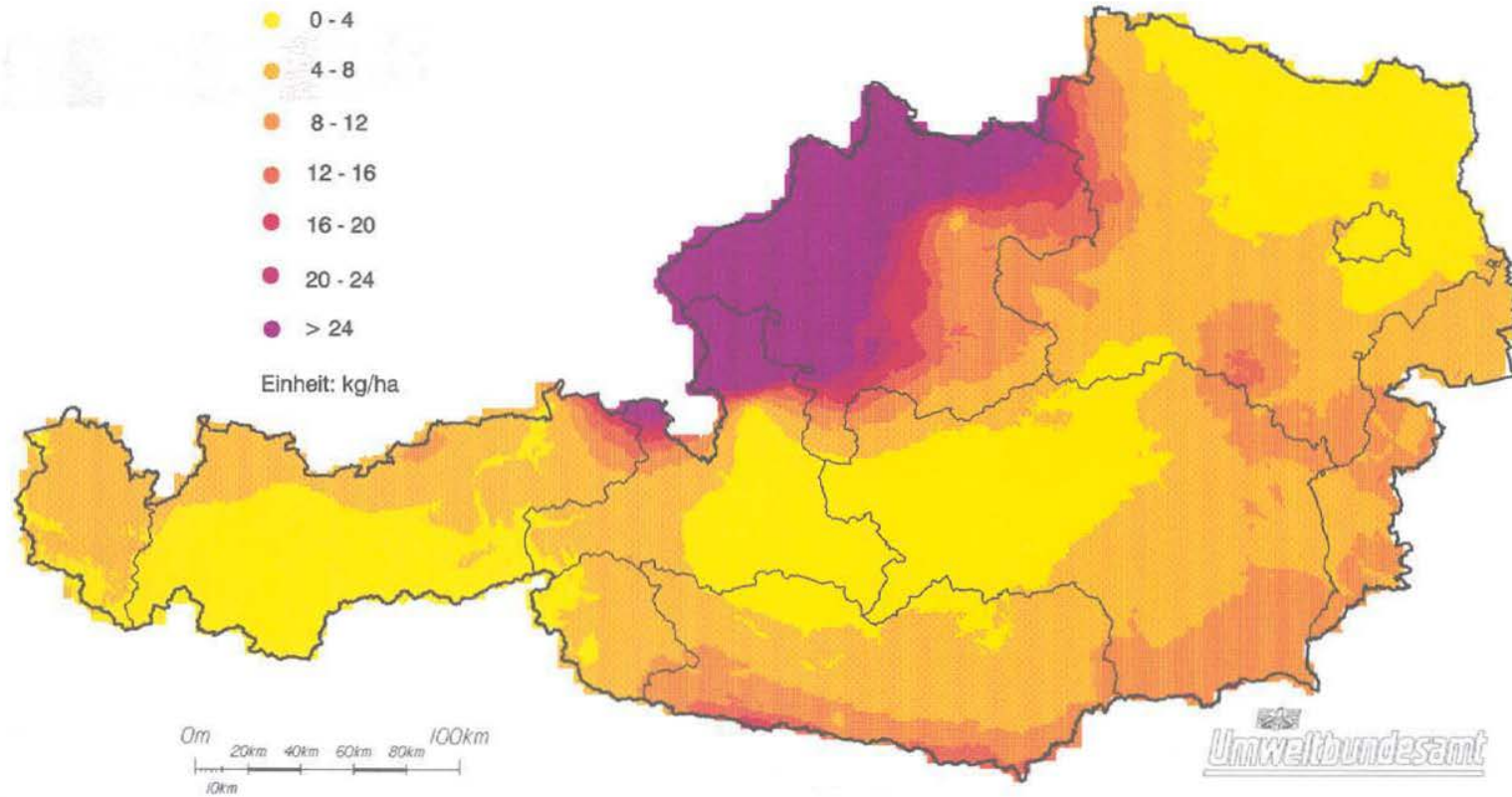




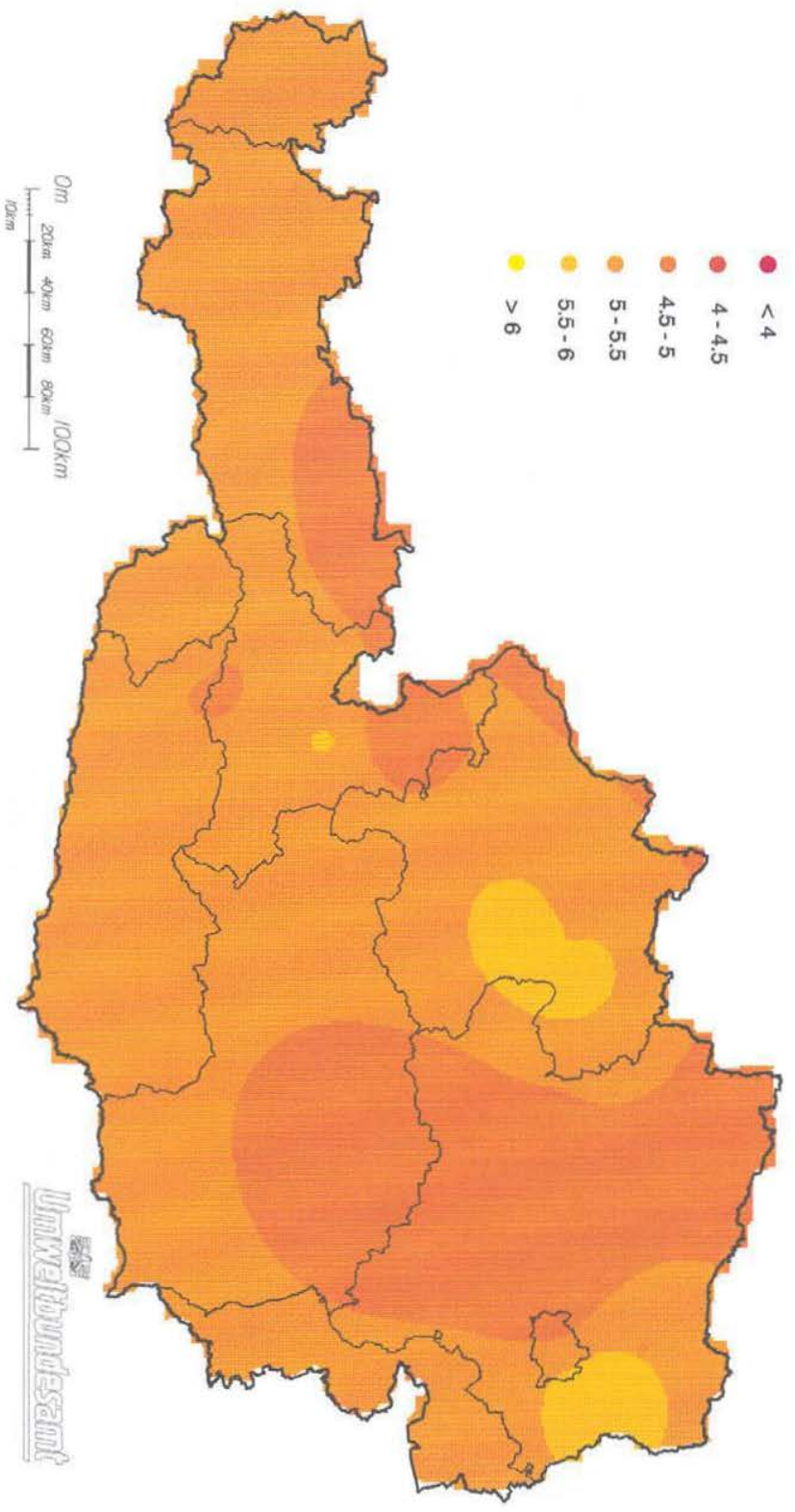
### Nasse Deposition von Stickstoff 1994 (als Nitrat und Ammonium)



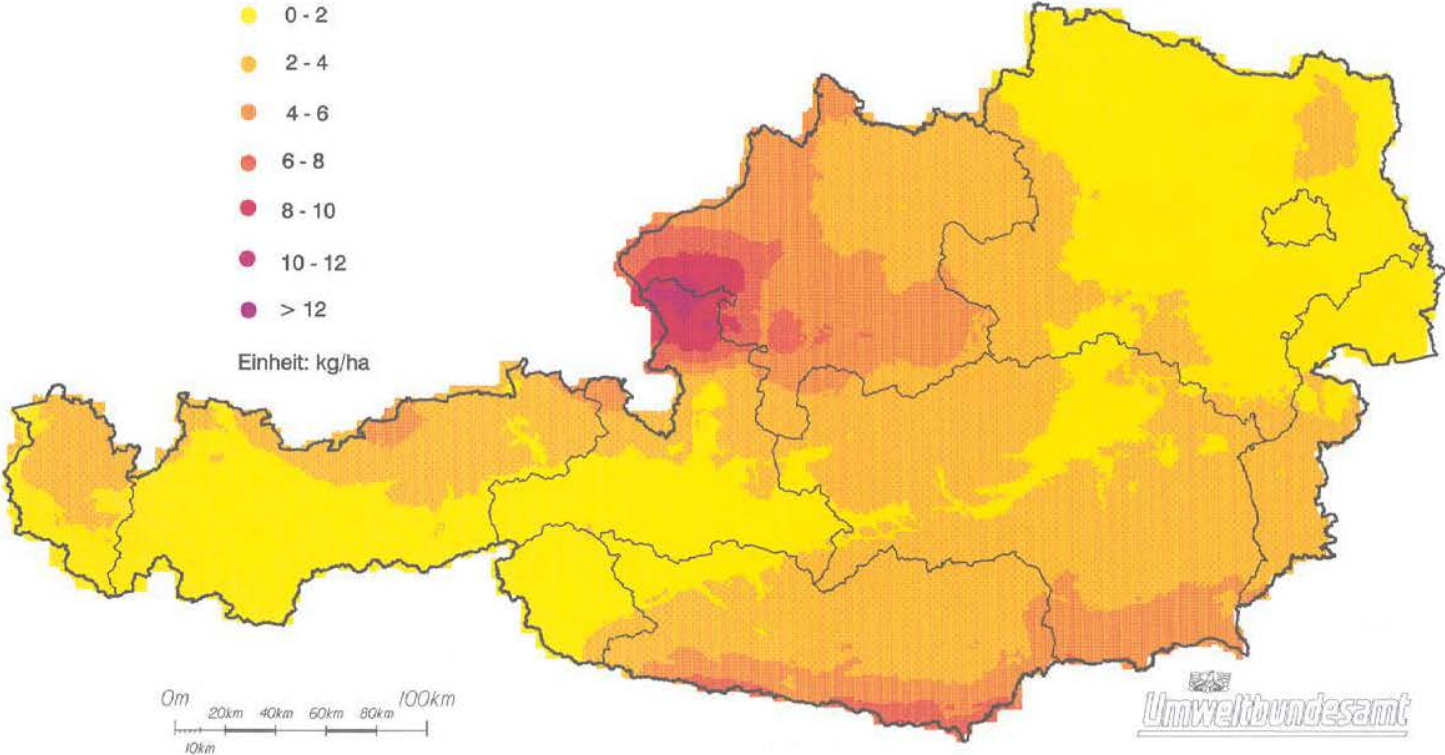
# Nasse Deposition von Chlorid 1994



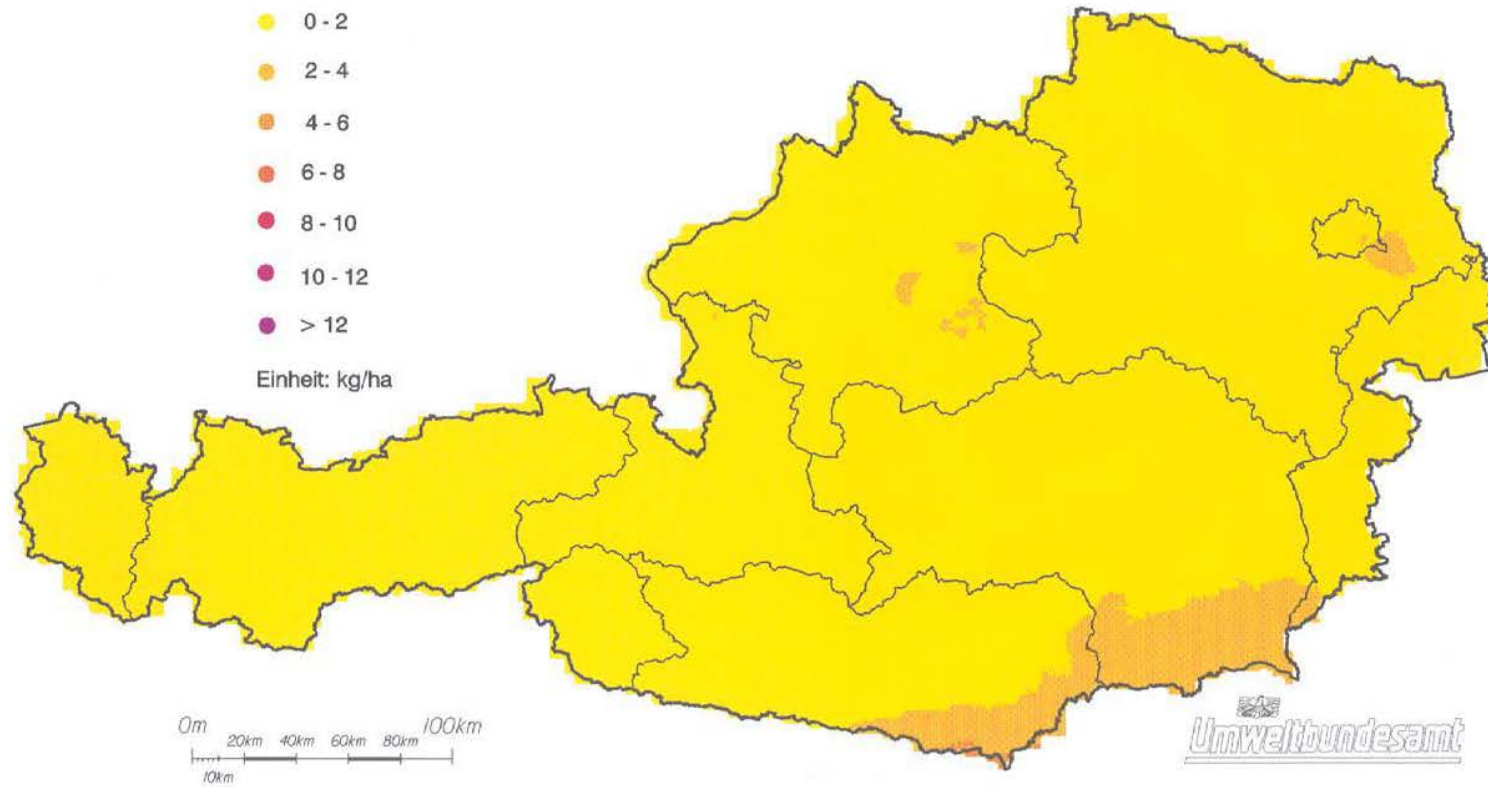
# Durchschnittlicher pH-Wert des Niederschlags 1994



# Nasse Deposition von Natrium 1994



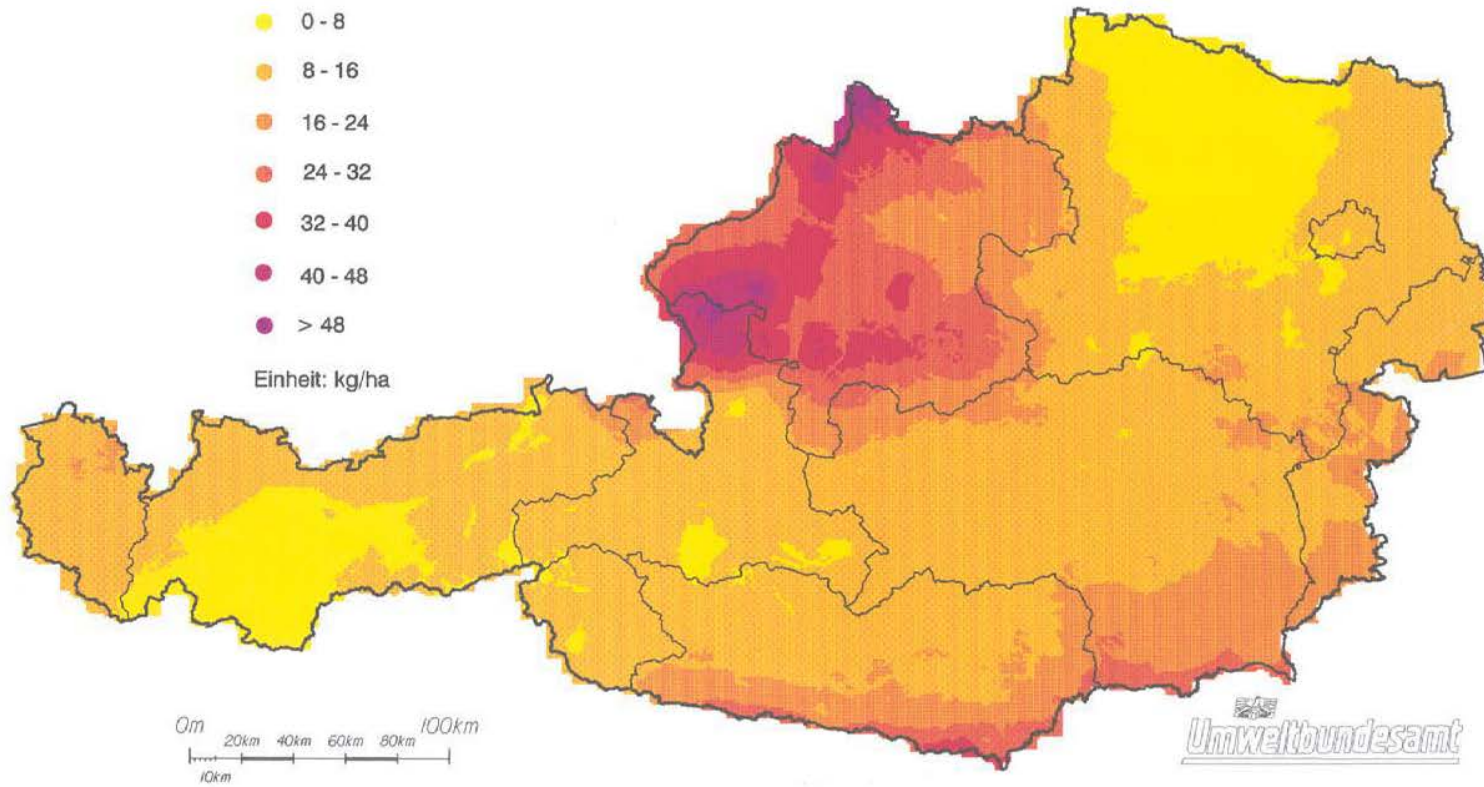
## Nasse Deposition von Kalium 1994



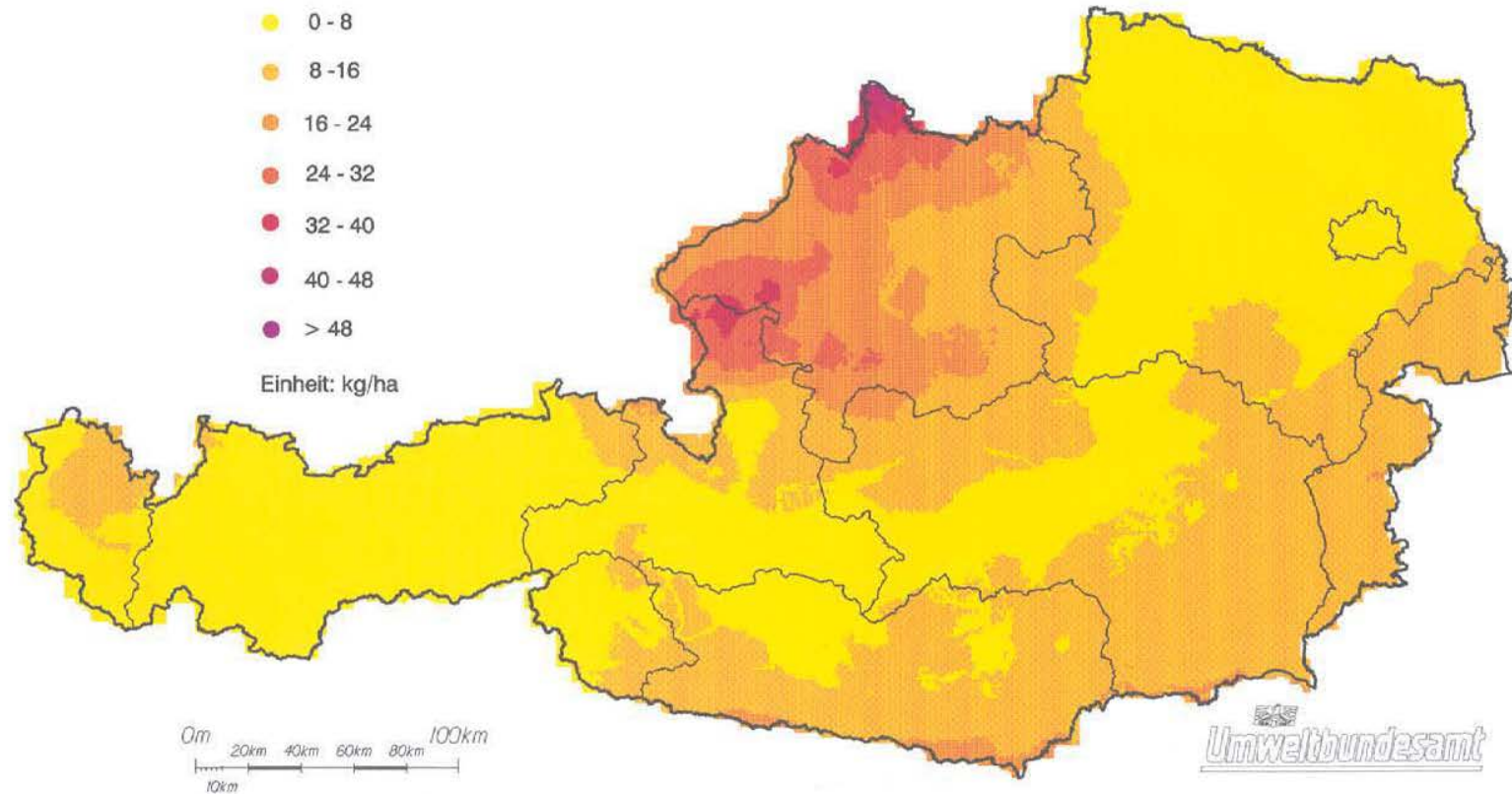
Nasse Deposition von Basischen Kationen 1994 ( $\text{Ca}^{2+} + \text{Mg}^{2+} + \text{Na}^+ + \text{K}^+$ )

- 0 - 8
- 8 - 16
- 16 - 24
- 24 - 32
- 32 - 40
- 40 - 48
- > 48

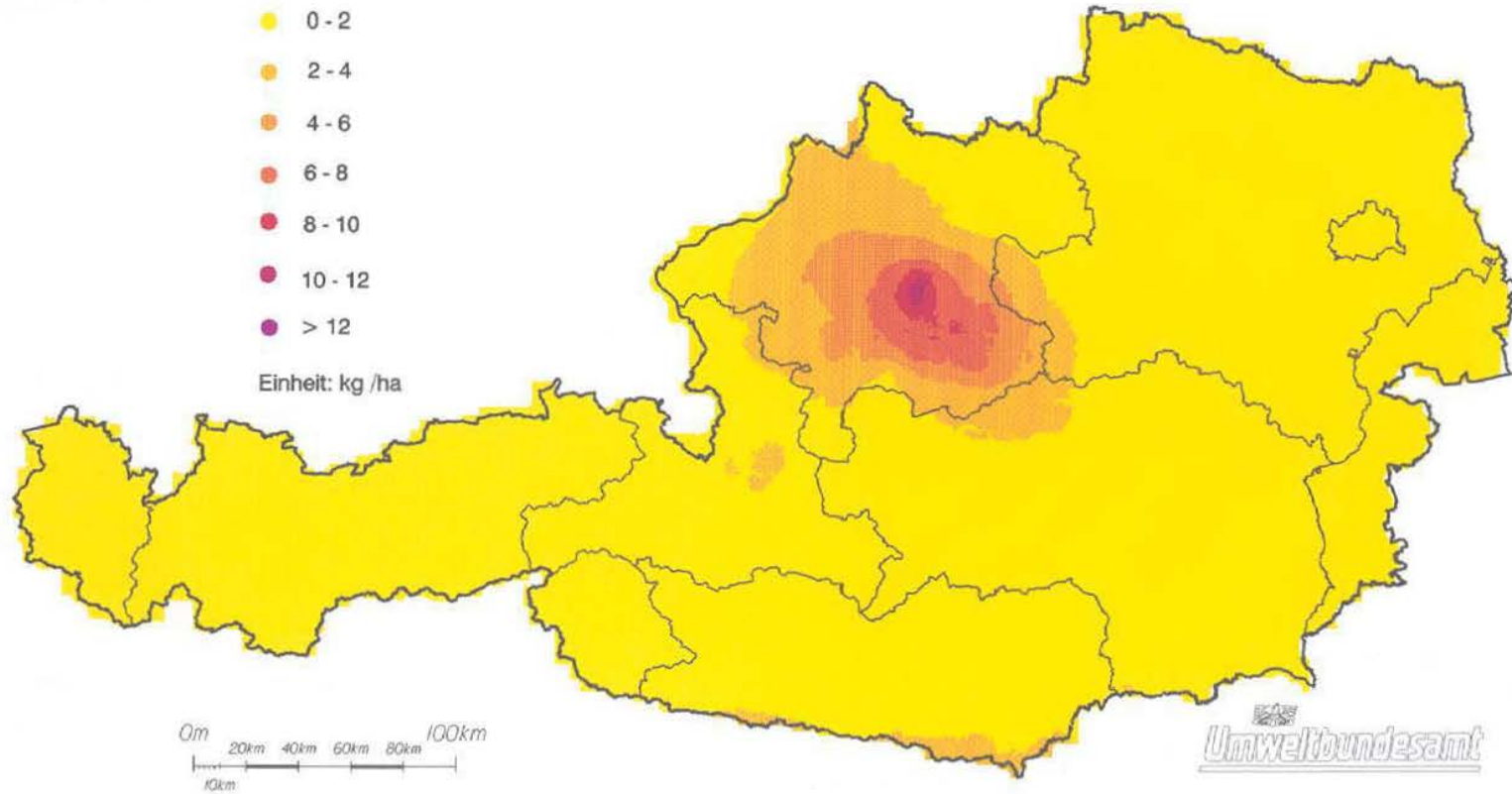
Einheit: kg/ha



## Nasse Deposition von Kalzium 1994



## Nasse Deposition von Magnesium 1994





## 7 DISKUSSION DER ERGEBNISSE

Bei der Niederschlagssumme ist der Einfluß der Alpen deutlich zu sehen. In den Tälern liegen die Niederschlagsmengen deutlich unter jenen der höher gelegenen Regionen. Die niedrigsten Niederschlagsmengen wurden im Burgenland und in Niederösterreich registriert, hier vor allem im Wein- und im Waldviertel.

Bei den verschiedenen Schadstoffen zeigen sich unterschiedliche Belastungsbilder.

### Schwefel

Die Verteilung der Schwefeldeposition (als Sulfat) ist im großen und ganzen einheitlich. Schwerpunkte der Belastungen mit über 12 kg/ha waren im Jahr 1994 die Karnischen Alpen und die Karawanken, was z.T. auf die hohen Niederschlagsmengen zurückzuführen ist.

Im Durchschnitt lag der Eintrag durch nasse Deposition in Österreich 1994 bei knapp 6 kg Schwefel/ha. Dies ergibt für das gesamte Bundesgebiet einen Eintrag von etwa 51 000 t im Jahr 1994.

Der Eintrag durch trockene und okkulte Deposition dürfte sich in einer ähnlichen Größenordnung bewegen. Allerdings ist bei der trockenen Deposition davon auszugehen, daß die Verteilung der Belastung nicht der nassen Deposition entspricht. Insbesondere in höheren alpinen Gebieten dürfte die trockene Deposition kaum eine Rolle spielen, sehr wohl jedoch die okkulte in nebelreichen Gebieten.

### Nitrat

Schwerpunkte der nassen Nitratdeposition liegen im südlichen Kärnten sowie im Bereich des Alpennordrandes in Oberösterreich und Salzburg. Im Jahre 1994 lag die durchschnittliche Eintragsmenge von Nitrat (als Stickstoff) durch nasse Deposition bei etwas über 4 kg/ha. Für ganz Österreich bedeutet das eine Deposition von rund 36 000 t.

### Ammonium

Der Eintrag von Stickstoff in reduzierter Form (Ammonium) durch nasse Deposition ist höher als jener durch Nitrat. Besonders hoch ist der Eintrag in Oberösterreich und im nördlichen Salzburg. Durchschnittlich wurden 1994 5,4 kg/ha deponiert, was einer Gesamtmenge von etwa 47 000 t entspricht.

Der Eintrag von reduziertem Stickstoff durch trockene Deposition kann lokal in der Nähe von Quellen, d.h. etwa in Gebieten mit intensiver Viehzucht, weit höhere Werte erreichen.

### Gesamtstickstoff (Nitrat + Ammonium)

Die höchsten Einträge von Stickstoff durch nasse Deposition wurden im Jahr 1994 in den nördlichen Kalkalpen in Oberösterreich und Salzburg sowie dem angrenzenden Alpenvorland gemessen. Dabei kann es zu Einträgen bis über 20 kg/ha und Jahr kommen. Die Critical Loads für Stickstoffeintrag betragen im österreichweiten Durchschnitt etwa 12 kg/ha. Dieser Wert wird in vielen Gebieten alleine schon durch den Eintrag durch nasse Deposition überschritten.

### pH-Wert

Der Eintrag von Protonen ( $H^+$ ) ist in Form des mengengewichteten, durchschnittlichen pH-Wertes des Niederschlags dargestellt. Dieser ist in weiten Teilen des Bundesgebiets relativ einheitlich und liegt in einer Größenordnung von 4,5 - 6.

### Chlorid

Das Belastungsbild für Chlorid ist sehr uneinheitlich. Während weite Teile des Bundesgebietes 1994 Einträge von knapp 5 kg/ha hatten, sind der Norden Salzburgs und vor allem der Nordwesten Oberösterreichs von weit höheren Chloriddepositionen betroffen. Diese Interpolationsergebnisse gehen auf weit überdurchschnittliche Einträge an zwei Meßstellen zurück, Schöneben und Haunsberg. Auf Nachfrage wurden diese Werte von den jeweiligen Meßnetzbetreibern als abgesichert bezeichnet, ähnlich hohe Belastungen wurden darüber hinaus auch für das Jahr 1993 festgestellt. Als Gegenion wurden ebenfalls stark erhöhte Kalziummengen nachgewiesen. Die Quellen der hohen Kalziumchloridbelastung in diesen Gebieten sind bislang nicht identifiziert worden, auch lagen die entsprechenden Belastungen 1995 z.T. niedriger.

### Basische Kationen

Die Deposition von basischen Kationen ist in mehrfacher Hinsicht von Bedeutung.

- Diese Größe geht in die Berechnung der Critical Loads ein; aus theoretischen Überlegungen gilt dies jedoch für den nicht-anthropogene Anteil an der Gesamtdeposition
- Basische Kationen können den Säureeintrag z.T. neutralisieren.

Sowohl die Menge als auch die räumliche Verteilung der Deposition der einzelnen Komponenten Natrium, Kalium, Magnesium und Kalzium ist stark unterschiedlich.

Schwerpunkte der Deposition sind ähnlich wie bei Chlorid Oberösterreich und die nördlichen Teile Salzburgs.

**Natrium:** Die Einträge von Natrium sind im zentralalpinen Raum eher gering, die höchsten Mengen wurden im nördlichen Salzburg und am Südrand Kärntens registriert.

**Kalium:** Generell ist der Eintrag von Kalium österreichweit einheitlich als niedrig anzusehen.

**Magnesium:** Die Einträge sind generell niedrig, nur an der Meßstelle Kremsmünster waren höhere Depositionsmengen zu verzeichnen. Ob es sich dabei um lokal eng begrenzte Effekte handelt, läßt sich retrospektiv nicht feststellen; allerdings wurden auch 1993 an dieser Meßstelle die höchsten Magnesiumeinträge registriert.

**Kalzium:** Auch bei diesem Kation wurden die höchsten Einträge in Oberösterreich und im nördlichen Salzburg gemessen. (Siehe auch den Abschnitt über *Chlorid* am Beginn der Seite.)

## 8 AUSBLICK

Im Rahmen der vorliegenden Arbeit wurden

1. eine Datenbank für Niederschlags- und Depositionsdaten entwickelt
2. ein spezifisches Interpolationsverfahren für die flächenhafte Darstellung von Niederschlag und Schadstoffdeposition mit Hilfe eines Geographischen Informationssystems adaptiert
3. Karten für die nasse Deposition diverser Schadstoffe in Österreich im Jahr 1994 berechnet.

Die unter (1) und (2) beschriebenen Werkzeuge lassen sich dafür verwenden, auch für kommende Jahre mit relativ geringem Aufwand die jeweiligen Depositionskarten zu berechnen. Es ist geplant, derartige Berechnungen in Zukunft regelmäßig durchzuführen.

Die Kartierung der nassen Deposition ist ein erster Schritt, um den Gesamteintrag von versauernden und eutrophierenden Verbindungen in Österreich flächenhaft zu erheben.

In weiterer Folge ist vorgesehen, auch die trockene und die okkulte Deposition zu bestimmen.

## 9 LITERATUR

- Kalina M. und H. Puxbaum. (1996). Verteilung der nassen Deposition von Niederschlagsinhaltsstoffen in Österreich. Dokumentation der Daten für 1993. TU Wien.
- Kalina M. und H. Puxbaum. (1996). Verteilung der nassen Deposition von Niederschlagsinhaltsstoffen in Österreich. Dokumentation der Daten für 1994. TU Wien.
- Kovar A., A. Kasper, H. Puxbaum, G. Fuchs, M. Kalina und M. Gregori. (1991). Kartierung der Deposition von Sox, NOx, NHx und basischen Kationen in Österreich. TU Wien.
- Nilsson, J. (1986). Critical loads for sulphur and nitrogen. Nordic Council of Ministers. Copenhagen.
- UBA (1996). Manual on methodologies and criteria for mapping Critical Loads/levels and geographical areas where they are exceeded. UN/ECE CLRTAP. UBA 71/96. UBA Berlin.
- CCE (1995). Status Report 1995. RIVM Rep. 259101004. RIVM, Bilthoven.
- CCE (1997). Status Report 1995. RIVM Rep. 259101007. RIVM, Bilthoven.

## Annex

### Datenbank und Bearbeitungswerkzeuge

Die Datenbank wurde auf einer Alpha angelegt; ein einfaches Bearbeitungswerkzeug wurde der Fachabteilungen zur Verfügung gestellt (Client/Server-Applikation mittels PowerBuilder). Neben Abfragen soll damit die Ergänzung von Metadaten durch manuelle Eingaben ermöglicht werden (z.B. Koordinaten, Name, Seehöhe ausländischer Meßstellen)

### Datenimport

Sämtliche importierte Meßwerte (Niederschlag und Deposition) werden dem Meßziel Deposition zugeordnet.

### Import der Niederschlagsdaten

Inländische Meßstellen - Metadaten (einmalig) und Meßwerte (Monatsmittelwerte und Jahresmittelwerte) im HZB-Format

Benachbartes Ausland (Meßwertdaten von AFL auf einheitliches Format konvertiert, Metadaten werden von AFL separat erfaßt)

#### Dateiformat

Stationskennung char(10) z.B.: CZJAROSLAV (2 Buchstaben Staat, 8 Buchst. Stationskennung)

Komponentenkennung char(10) für Niederschlag = NIED

12 Monatsmittelwerte

1 Jahresmittelwert

Jahr

z.B.:

CZJAROSLAV NIED 11 7 20 66 63 18 25 56 21 42 19 26 374 1994

Ausländische Werte sind von der Fachabteilung im Bedarfsfall auf die Einheit des HZB umzurechnen (vor dem Import !!)

**Import von Depositionsdaten**

Vor dem Import sind die folgenden Komponenten in der Depositionsdatenbank einzurichten::

Komponentenkennung	Name	Einheit	Kommentar
pH			
H+			
NH4+-N			
Na+			
K+			
Ca2+			
Mg2+			
Cl-			
NO3-N			
SO42-S			

Wichtig: Es gibt nur eine Einheit pro Komponente für alle Stationen (bei unterschiedlichen Einheiten in den Bundesländern erfolgt die Umrechnung in der AFL).

Das Dateiformat:

1. Zeile: Stationskennung ( wieder char(10) !! AT am Anfang !) fortlaufendes Datum (MM/JJJJ bzw. JJJJ für Jahres)
2. Zeile: Komponentenkennung fortlaufende Monatswerte  
.....  
%% (=Ende des Stationssatzes)

z.B.:

ATNassfeld	1989-10	1989-11	1989-12	1990-01	1990-02	1990-03	1990-04
<b>NIED</b>	20,0	274,3	242,5	90,6	22,6	151,3	121,1
<b>pH</b>		4,7	4,8	4,7	4,4	4,5	4,5
<b>H+</b>		0,020	0,016	0,020	0,039	0,031	0,029
<b>NH4+-N</b>		0,54	0,43	0,20	0,89	1,50	0,33
<b>Na+</b>		0,35	0,78	0,46	0,24	0,46	0,26

<b>K+</b>		0,10	0,14	0,18	0,07	0,12	0,06
<b>Ca<sup>2+</sup></b>		0,32	0,59	0,28	0,27	0,76	0,23
<b>Mg<sup>2+</sup></b>		0,07	0,09	0,03	0,05	0,13	0,03
<b>Cl-</b>		0,50	1,14	0,65	0,35	0,82	0,33
<b>NO<sub>3</sub>-N</b>		0,19	0,40	0,24	0,81	1,17	0,28
<b>SO<sub>4</sub><sup>2-</sup>-S</b>		0,56	0,91	0,55	0,97	11,55	0,67
<b>%%</b>							
<b>ATxyz</b>	1989-10	1989-11	1989-12	1990-01	1990-02	1990-03	1990-04
<b>NIED</b>	20,0	274,3	242,5	90,6	22,6	151,3	121,1
<b>pH</b>		4,7	4,8	4,7	4,4	4,5	4,5
<b>H+</b>		0,020	0,016	0,020	0,039	0,031	0,029
<b>NH<sub>4</sub><sup>+</sup>-N</b>		0,54	0,43	0,20	0,89	1,50	0,33
<b>Na+</b>		0,35	0,78	0,46	0,24	0,46	0,26
<b>K+</b>		0,10	0,14	0,18	0,07	0,12	0,06
<b>Ca<sup>2+</sup></b>		0,32	0,59	0,28	0,27	0,76	0,23
<b>Mg<sup>2+</sup></b>		0,07	0,09	0,03	0,05	0,13	0,03
<b>Cl-</b>		0,50	1,14	0,65	0,35	0,82	0,33
<b>NO<sub>3</sub>-N</b>		0,19	0,40	0,24	0,81	1,17	0,28
<b>SO<sub>4</sub><sup>2-</sup>-S</b>		0,56	0,91	0,55	0,97	11,55	0,67
<b>%%</b>							
<b>.....</b>							

Dabei ist im EXCEL das benutzerdefinierte Format JJJJ-MM für das Datum zu verwenden. Die Jahresmittelwerte werden von der AFL in das EXCEL-Spreadsheet eingearbeitet (Datumformat JJJJ).

Die Transposition im EXCEL kann durch Kopieren und Inhalte einfügen (Transponieren markieren) bewerkstelligt werden.

Alle Stationen sollen in einer Datei zusammengefaßt werden und im CSV-Format abgelegt werden (DEPO.CSV).

**Datenexport ins GIS**

3 Dateien sind vorgesehen:

- Stationsdatei (Stationskennung, Staatenkennung, Stationsname, Lagenname, Höhenlage-name, Geogr. Länge und Breite, Seehöhe (für GIS Typ float erforderlich !), ms\_link (integer) )
- Komponentendatei (Komponentenkennung, Komponentename, Einheit, Kommentar)
- Wertedatei (Stationskennung, Komponentenkennung, Jahr des Meßanfanges, Jahresmit-telwert)