

Was ist los mit dem Ozon?

Trends und Analysen

Juli 2023





Impressum:

Amt der NÖ Landesregierung
Abteilung Umwelt- und Anlagentechnik
Referat Luftgüteüberwachung
Landhausplatz 1
3109 St. Pölten

Tel: +43-2742-9005-14114

E-Mail: post.bd4numbis@noel.gv.at

www.numbis.at

Für den Inhalt verantwortlich: Mag. Elisabeth Scheicher

Redaktion: Anna Blasge, BSc; Mag. Elisabeth Scheicher, Moritz Trichtl, MSc





INHALT

Einleitung:.....	4
Ozon – Verlauf und Trends.....	5
Trend von Grenzwertüberschreitungen	5
Trend der höchsten Achtstundenmittelwerte.....	6
Trend der Jahresmittelwerte	8
meteorologische Parameter – Verlauf und Trends	11
Lufttemperatur	11
Sonnenscheindauer	16
Stickoxide Verlauf und Trends.....	18
Zusammenfassung:.....	20





EINLEITUNG:

Im Jahr 1992 trat das Ozongesetz in Kraft, in dem erstmalig die Messung von Ozon, die Anzahl der Stationen pro Bundesland und Grenzwerte definiert wurden. Der Grenzwert der Vorwarnstufe lag bei $200 \mu\text{g}/\text{m}^3$, jener der Warnstufe I bei $300 \mu\text{g}/\text{m}^3$ und für die Warnstufe II wurden $400 \mu\text{g}/\text{m}^3$ als Dreistundenmittelwert definiert. Die Umsetzung der Richtlinie 2002/3/EG erforderte eine Änderung des Ozongesetzes und die Grenzwerte für die aktuelle Warnung der Bevölkerung wurden stark herabgesetzt. Der Grenzwert der Informationsschwelle beträgt seitdem $180 \mu\text{g}/\text{m}^3$ und jener für die Alarmschwelle $240 \mu\text{g}/\text{m}^3$ als Einstundenmittelwert.

Bereits einige Zeit vor den gesetzlichen Regelungen wurde im NÖ Luftgütemessnetz mit Ozonmessungen begonnen. So wurde bereits 1985 an der Station Schwechat ein Ozongerät eingebaut. In den darauffolgenden Jahren wurde die Anzahl der Ozonmessgeräte sukzessive erweitert, aktuell wird nun an 32 Messstellen Ozon gemessen und so das Ozongeschehen flächendeckend in Niederösterreich überwacht.

In all den Jahren waren Überschreitungen der Informationsschwelle in den Sommermonaten immer mehr oder weniger häufig. Abhängig war das Ozongeschehen natürlich sehr von der „Qualität“ des Sommers. Heiße und trockene Sommer bedeuteten meist auch hohe Ozonwerte – als Beispiel sei hier das Jahr 2003 erwähnt. Ein absoluter Rekordsommer und das nicht nur in Hinblick auf die Temperaturen, sondern auch auf die Ozonimmissionen. So traten am 13. August 2003 an allen Stationen Messwerte über der Informationsschwelle auf.

Der subjektive Eindruck der steigenden Temperaturen und der heißer werdenden Sommer legt ja die Vermutung nahe, dass auch die Ozonkonzentrationen steigen müssten. Lange Zeit war dies auch der Fall – jedes Jahr in den Sommermonaten wurden mehr oder weniger ausgedehnte Belastungsepisoden beobachtet, die zu regelmäßigen Überschreitungen der Grenzwerte der Informationsschwelle und auch vereinzelt der Alarmschwelle führten. Nicht so in den letzten Jahren – trotz schöner, heißer Sommer kommt das Ozongeschehen in den Sommermonaten nicht mehr wirklich in Gange. So wurden im Jahr 2020 keine Überschreitung der Informationsschwelle beobachtet, in den Jahren davor waren es jeweils nur ein Tag mit erhöhten Konzentrationen. Natürlich war das Jahr 2020 aufgrund der verschiedenen Lockdowns im Zuge der Covid-19 Pandemie ein in jeder Hinsicht außergewöhnliches. Jedoch war der Rückgang der Ozonimmissionen auch, zwar nicht so ausgeprägt wie 2020 und 2021, in den Jahren davor schon bemerkbar.

In den nachfolgenden Kapiteln wird die langfristige Entwicklung des Ozongeschehens dargestellt und der Versuch einer Ursachenforschung unternommen.





OZON – VERLAUF UND TRENDS

Für die statistischen Analysen werden jeweils die Messergebnisse von 22 Ozonmessstellen im Zeitraum von 1996 bis 2023 herangezogen. Des Weiteren wurden die Messstellen abhängig von ihrer geografischen Lage in fünf Gruppen eingeteilt:

- Umland Wien: Klosterneuburg, Mödling, Schwechat
- Mostviertel: Amstetten, Annaberg, Dunkelsteinerwald, Forsthof, Kollmitzberg, St. Pölten
- Weinviertel: Gänserndorf, Mistelbach, Tulln, Wolkersdorf
- Waldviertel: Heidenreichstein, Irnfritz, Krems
- Industrieviertel: Bad Vöslau, Hainburg, Payerbach, Stixneusiedl, Wiener Neustadt, Wismath

Mithilfe von verschiedenen statistischen Kennwerten wird versucht einen Trend der Messwerte beziehungsweise eine Korrelation mit anderen Einflussparametern festzustellen.

TREND VON GRENZWERTÜBERSCHREITUNGEN

Der Grenzwert der Informationsschwelle ist natürlich jener Wert, der die meiste mediale Aufmerksamkeit verursacht, aber auch für den Messnetzbetreiber werden diese Tage immer mit besonderem Interesse betrachtet. Und hier sind auch wirklich bei Betrachtung der Überschreitungen des Einstundenmittelwertes von $180 \mu\text{g}/\text{m}^3$ Veränderungen zu sehen. Wie in Abbildung 1 erkennbar ist, haben die Tage, an denen die Informationsschwelle überschritten wurde, in den letzten Jahren abgenommen, in vielen Regionen wurde nicht einmal ein Tag pro Jahr erreicht. Von 1996 bis 2023 wurden insgesamt 754-mal Einstundenmittelwerte über $180 \mu\text{g}/\text{m}^3$ gemessen. Mit Abstand am meisten Überschreitungen pro Messstation gab es im Umland Wien (196). Im Waldviertel waren es nur 76 und im Zeitraum von 2016 bis 2023 gab es in diesem Teil von Niederösterreich keine einzige Überschreitung.

Deutlich herausstechend ist das Jahr 2003, das aufgrund einer langanhaltenden Hochdruckwetterphase ideale Bedingungen für die Ozonbildung bot. Wie in der Einleitung bereits erwähnt, traten in diesem Sommer fast täglich Überschreitungen der Informationsschwelle auf. Der Rekord mit Überschreitungen an allen Stationen am 13. August ist bis heute ungebrochen.

In den letzten Jahren treten nur mehr vereinzelt in den Sommermonaten Überschreitungen der Informationsschwelle auf. Oft sind es nur an ein bis zwei Messstellen einzelne Stunden, die erhöhte Werte registrieren. Langanhaltende Ozonepisoden mit langen Überschreitungsdauern treten in den letzten Jahren nicht mehr auf.



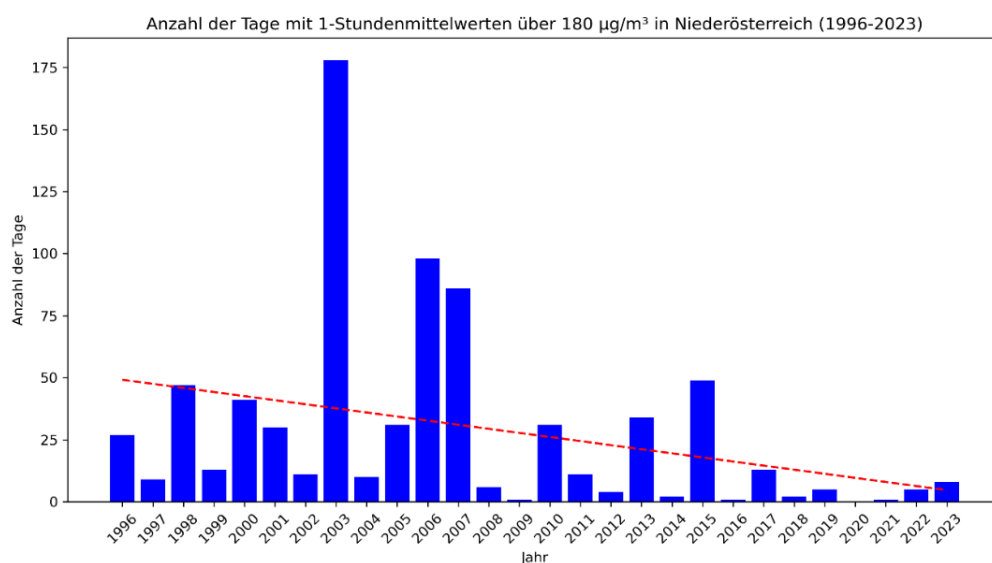


Abbildung 1: Anzahl der Tage an denen der Einstundenmittelwert von $180 \mu\text{g}/\text{m}^3$ überschritten wurde, bezogen auf 22 Messstellen in Niederösterreich

TREND DER HÖCHSTEN ACHTSTUNDENMITTELWERTE

Der Wert von $120 \mu\text{g}/\text{m}^3$ als höchster Achtstundenmittelwert eines Tages ist im Ozongesetz idF als Zielwert definiert. In Abbildung 2 ist Anzahl der Überschreitungen des Achtstundenmittelwerts von $120 \mu\text{g}/\text{m}^3$ in Niederösterreich dargestellt, welche im betrachteten Zeitraum ebenfalls etwas gesunken sind. Das Muster der Abnahme ist ähnlich jenem der maximalen Einstundenmittelwerte.

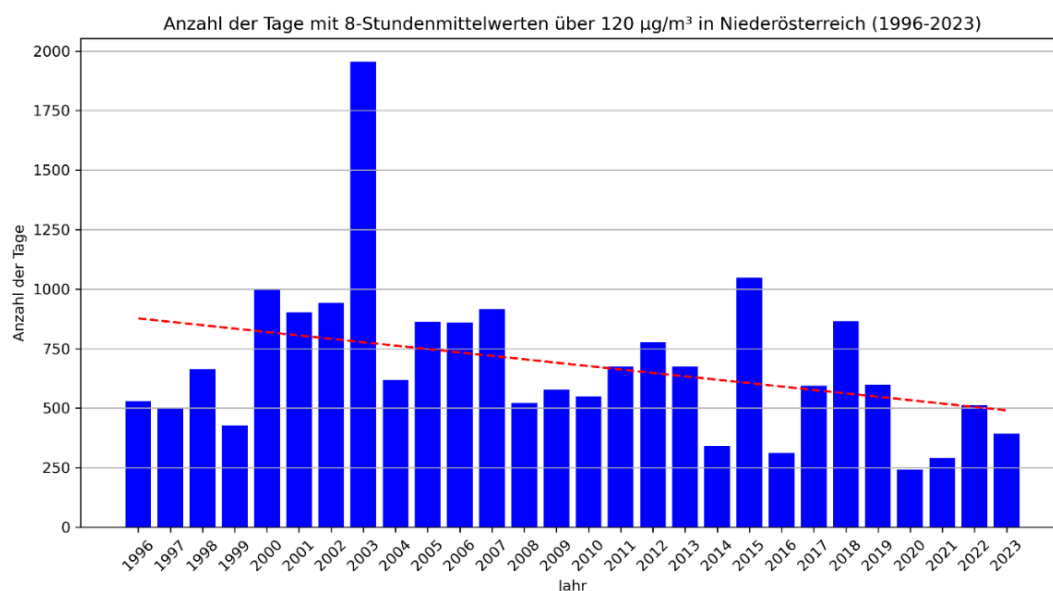




Abbildung 2: Anzahl der Tage an denen der Achtstundenmittelwert von $120 \mu\text{g}/\text{m}^3$ überschritten wurde, bezogen auf 22 Messstellen in Niederösterreich

Betrachtet man die Verläufe in den einzelnen geografischen Bereichen, so zeigt sich, dass die Abnahmen je nach Region unterschiedlich stark ausfielen.

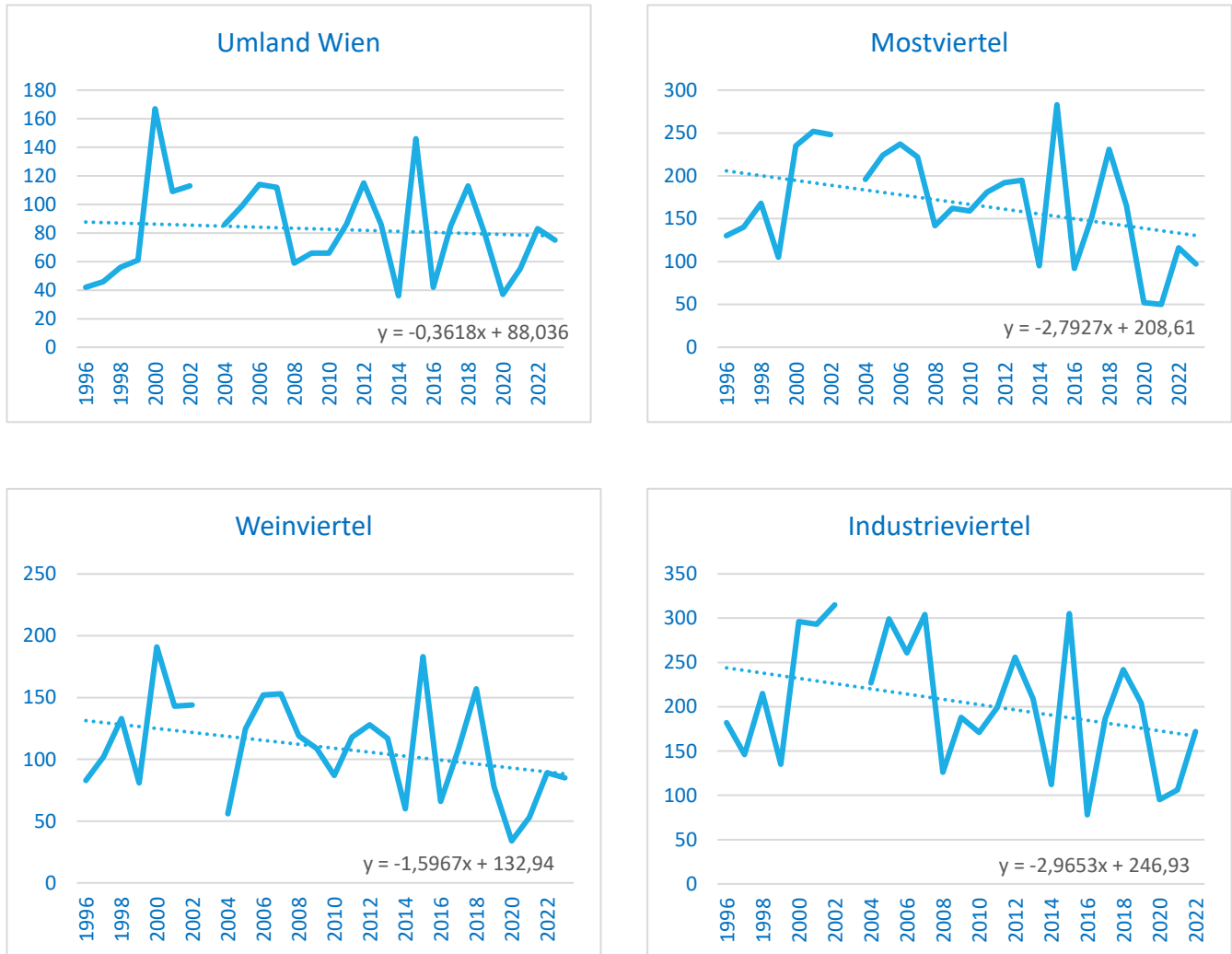


Abbildung 3: Anzahl der Tage an denen der Achtstundenmittelwert von $120 \mu\text{g}/\text{m}^3$ überschritten wurde, aufgeteilt auf die vier Viertel von Niederösterreich

Wie aus der Abbildung 3 ersichtlich sind die Abnahmen in den einzelnen Regionen unterschiedlich. Verzeichneten das Most- und Industrieviertel starke Rückgänge in den letzten Jahren, so fiel die Reduktion im Umland Wien schon weit weniger deutlich aus. Wenn man das stark belastete Jahr 2003 aus der Betrachtung herausnimmt, so schrumpft der Rückgang im Umland Wien (s. Abbildung 4) zusammen – man kann fast von einer Stagnation sprechen.



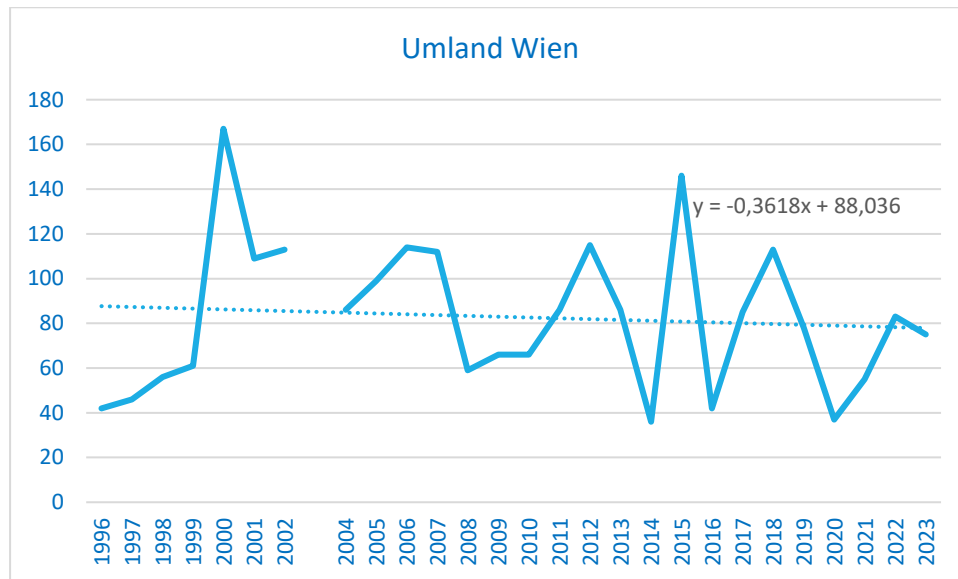


Abbildung 4: Anzahl der Tage – ohne das Jahr 2003 - an denen der Achtstundenmittelwert von $120 \mu\text{g}/\text{m}^3$ im Umland Wien überschritten wurde

TREND DER JAHRESMITTELWERTE

Bei den Jahresmittelwerten können keine starken Veränderungen beobachtet werden, hier bleiben die Konzentrationen über die Jahre hinweg ziemlich gleich bis zu einem leichten Anstieg hin (vgl. Abbildungen 5). Der Ozonjahresmittelwert lag in Niederösterreich durchschnittlich bei $59 \mu\text{g}/\text{m}^3$. Im Industrieviertel war der Jahresmittelwert im Durchschnitt am höchsten ($64 \mu\text{g}/\text{m}^3$) und im Umland Wien am niedrigsten ($54 \mu\text{g}/\text{m}^3$). Der hohe Mittelwert im Industrieviertel ist bedingt durch die Hinzunahme der Stationen Payerbach und Wiesmath. Diese beiden Messstellen liegen auf 877 m bzw. 752 m Seehöhe und sind dadurch nicht vom nächtlichen Abbau der Ozonkonzentrationen betroffen, wodurch der Mittelwert erhöht wird.



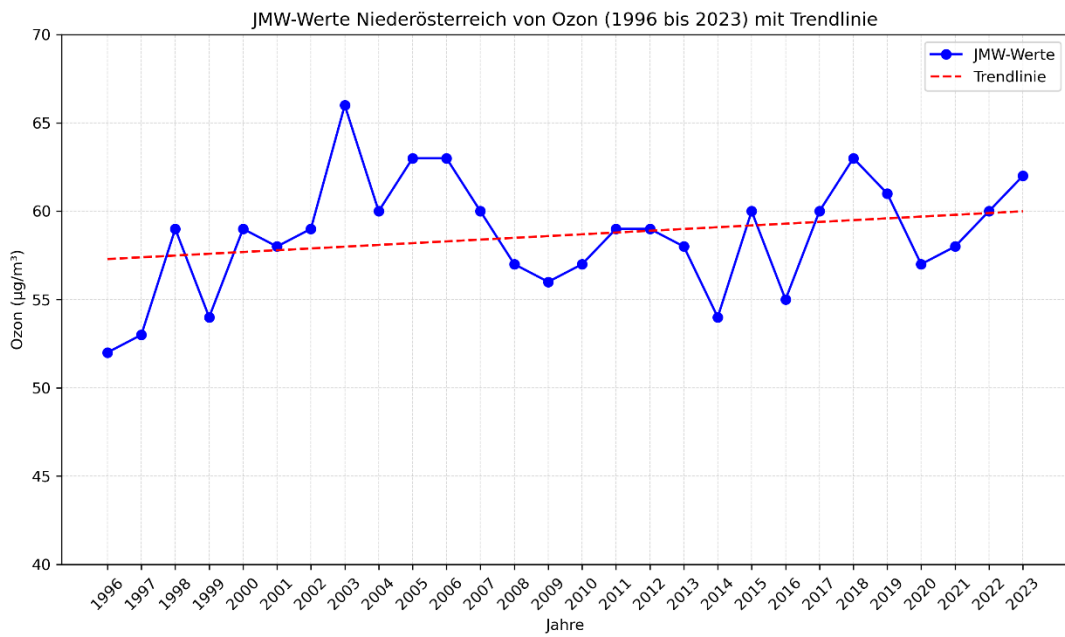


Abbildung 5: Ozonjahresmittelwerte in Niederösterreich mit Trendlinie in $\mu\text{g}/\text{m}^3$

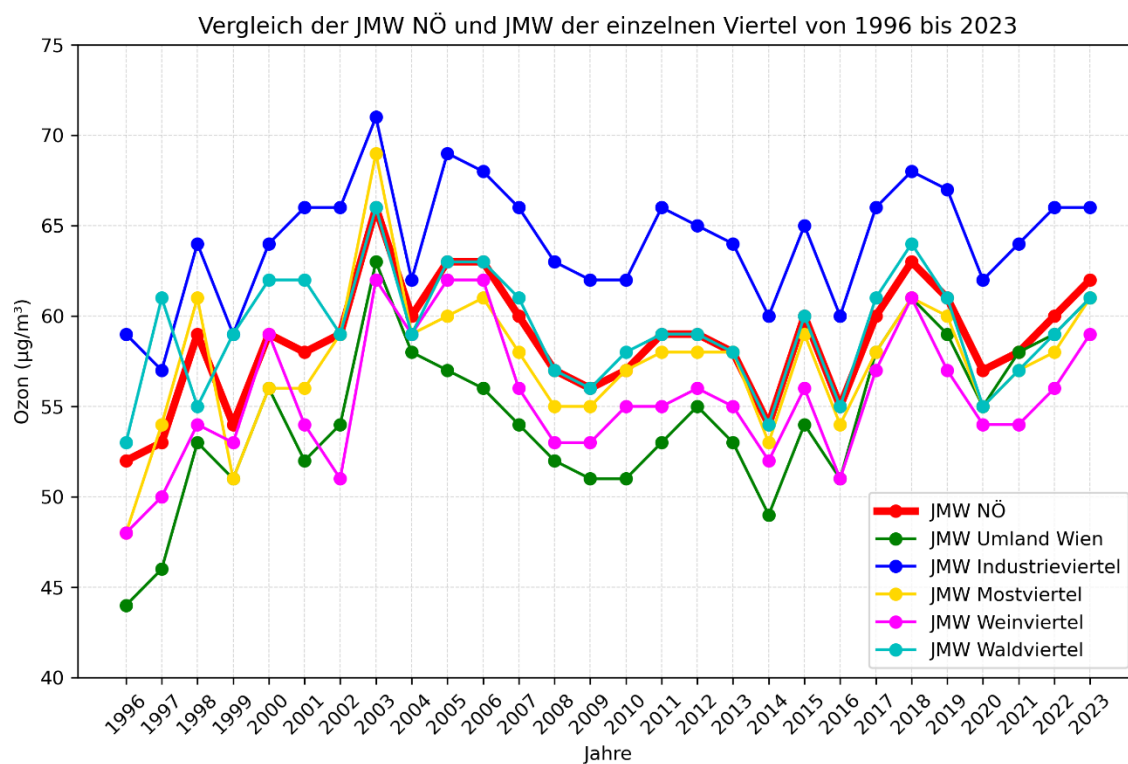


Abbildung 6: Ozonjahresmittelwerte NÖ und der einzelnen Viertel in $\mu\text{g}/\text{m}^3$





Nun stellt sich die Frage, warum der abnehmende Trend der Achtstunden- und Einstundenmittelwerte in den Jahresmittelwerten gar nicht zu sehen ist bzw. diese sogar tendenziell im Laufe der Jahre ein wenig angestiegen sind. Aus diesem Grund werden die Jahresmittelwerte noch einmal in Jahreszeiten aufgeteilt, um hier allenfalls Unterschiede zu erkennen. In der Abbildung 7 sind die Mittelwerte für die meteorologischen Jahreszeiten Frühling (März bis Mai), Sommer (Juni bis August), Herbst (September bis November) und Winter (Dezember bis Februar) dargestellt. Das Bild, das hier gezeichnet wird, ist schon ein wenig differenzierter. Im Frühling nehmen die Mittelwerte im Laufe der Jahre ein wenig ab, im Sommer bleiben sie gleich und in den Jahreszeiten Herbst und Winter kommt es zu einer leichten Zunahme über die Jahre hinweg.

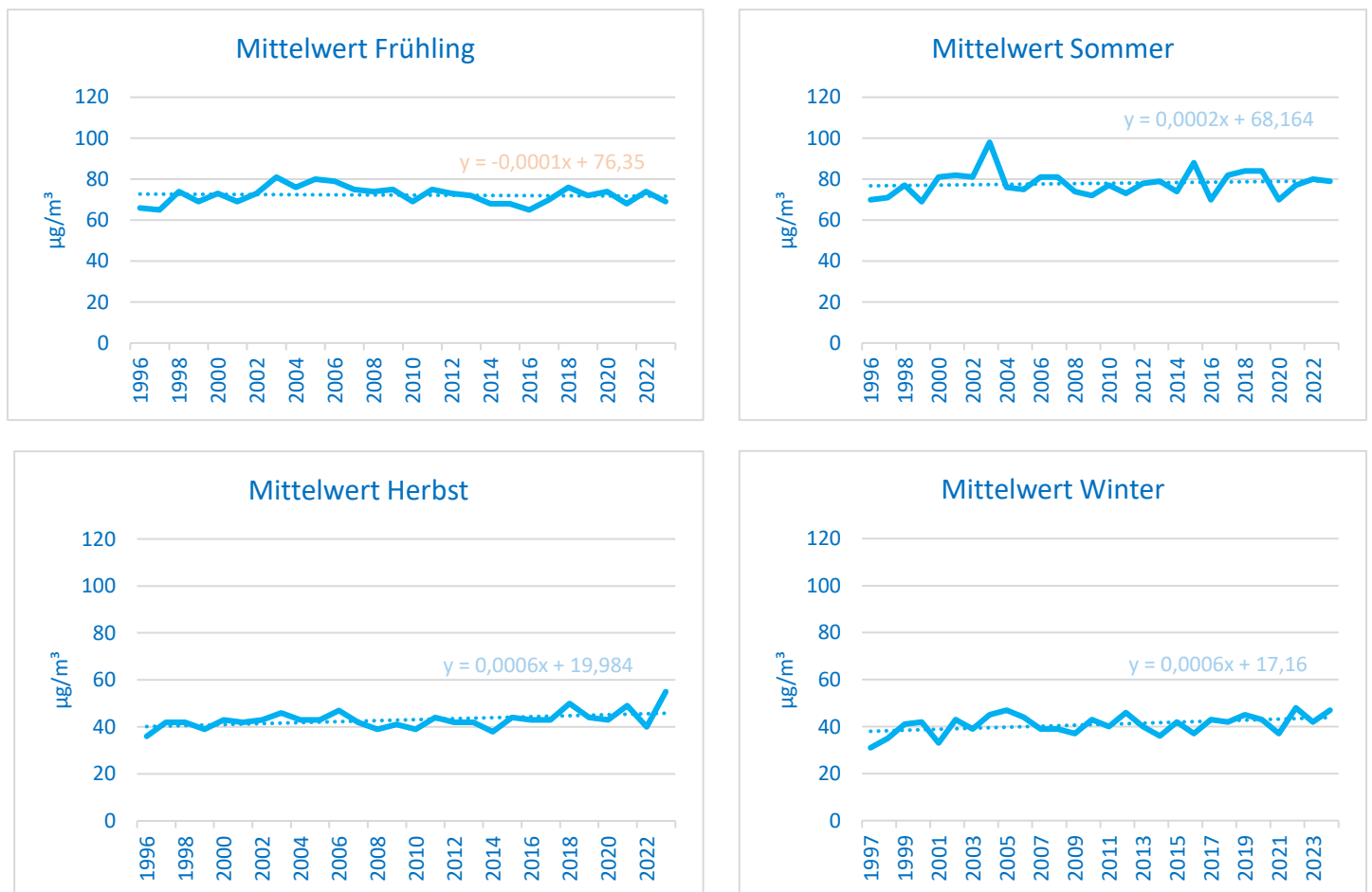


Abbildung 7: Trend der Mittelwerte der einzelnen Jahreszeiten in $[\mu\text{g}/\text{m}^3]$





Das erklärt ein wenig, warum die Trends bei Achtstundenmittelwerten und Jahresmittelwerten nicht parallel laufen. Da die maximalen Achtstundenmittelwerte natürlich eher in den wärmeren Sommermonaten (Mai bis August) auftreten und da ein leichter Rückgang der mittleren Belastungen zu verzeichnen ist, ist die Abnahme der Maxima nachvollziehbar. Allerdings erklärt das nicht die Zunahme der mittleren Belastungen in den Wintermonaten.

Um dieser Frage nachzugehen, werden in den folgenden Abschnitten die Trends einiger meteorologischer Parameter analysiert.

METEOROLOGISCHE PARAMETER – VERLAUF UND TRENDS

LUFTTEMPERATUR

An den ausgewählten Messstellen wurde auch die Entwicklung der Lufttemperatur über den Zeitraum 1996-2023 betrachtet.

In Abbildung 8 ist der Jahresmittelwert der Lufttemperatur in ganz Niederösterreich dargestellt. Es lässt sich eindeutig ein Anstieg feststellen. Der Jahresmittelwert lag im Durchschnitt bei 10,03 °C. In den verschiedenen Regionen verlaufen die Kurven der Jahresmittelwerte sehr ähnlich, sind jedoch entlang der vertikalen Achse verschoben. Im Umland Wien beispielsweise war der Jahresmittelwert im Mittel am höchsten (11,41 °C) und im Waldviertel am niedrigsten (9,17 °C).



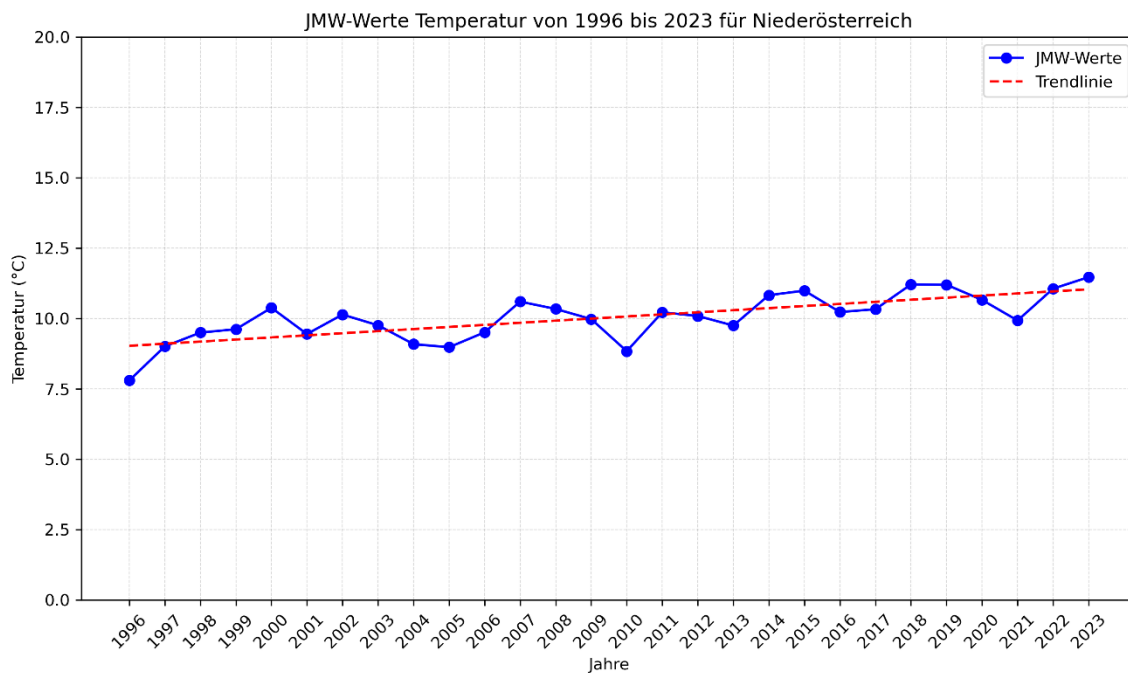


Abbildung 8: Jahresmittelwert der Lufttemperatur in °C in Niederösterreich

Um festzustellen, ob sich der Temperaturanstieg in Städten und am Land unterschiedlich stark verhält, wurden die Messstellen in zwei neue Kategorien eingeteilt:

- städtische Gebiete: Amstetten, Bad Vöslau, Gänserndorf, Hainburg, Klosterneuburg, Krems, Mistelbach, Mödling, Schwechat, St. Pölten, Tulln, Wiener Neustadt
- ländliche Gebiete: Annaberg, Dunkelsteinerwald, Forsthof, Heidenreichstein, Irnfritz, Kollmitzberg, Payerbach, Stixneusiedl, Wiesmath, Wolkersdorf

In Abbildung 9 werden die Jahresmittelwerte der Lufttemperatur dieser beiden Gruppen verglichen. Dabei lässt sich erkennen, dass die Werte in städtischen Bereichen etwa um 2 °C höher waren als in ländlichen Bereichen.



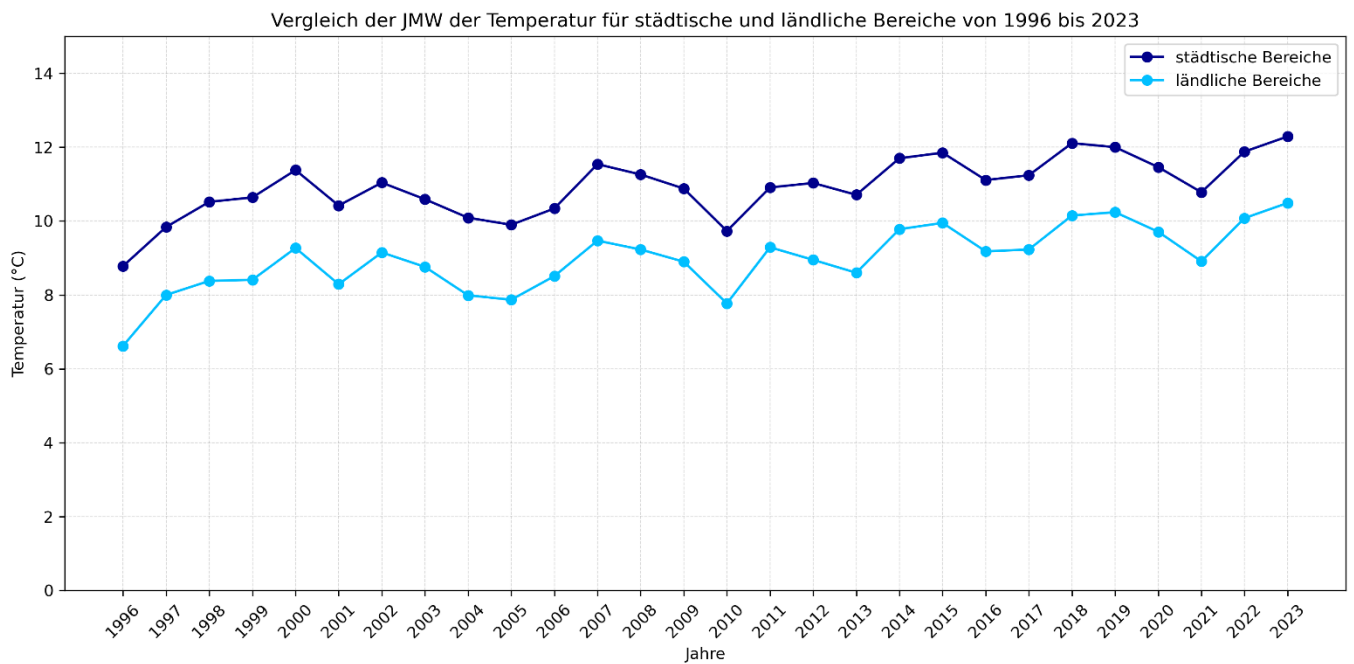


Abbildung 9: Vergleich der Jahresmittelwerte der Lufttemperatur in °C in den städtischen und ländlichen Bereichen in Niederösterreich

Des Weiteren wurde die Anzahl der Sommertage (Tage, an denen die Lufttemperatur Werte über 25 °C erreicht) und die Anzahl der heißen Tage (Tage, an denen die Lufttemperatur Werte über 30 °C erreicht) betrachtet.

Im Durchschnitt gab es in Niederösterreich 62,14 Sommertage pro Jahr. Im Umland Wien gab es im Mittel am meisten Sommertage (81,4 Tage) und im Mostviertel am wenigsten (51,3 Tage). In gesamt Niederösterreich und auch in allen einzelnen Regionen ist ein Anstieg zu erkennen. In Abbildung 10 sind die Anzahl der Sommertage im städtischen und im ländlichen Raum gegenübergestellt. Hier ist der Einfluss von urbanen Hitzeinseln gut zu sehen.



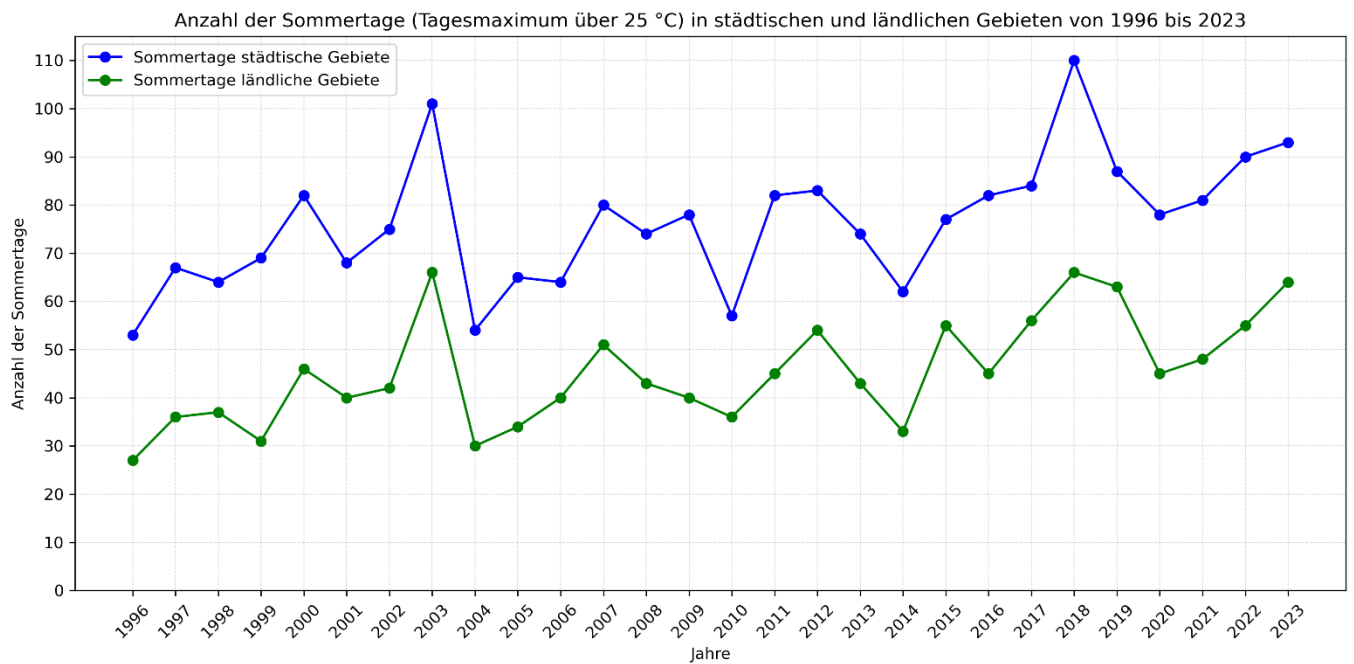


Abbildung 10: Vergleich der gemittelten Anzahl der Tage mit Temperaturen über 25 °C in den städtischen und ländlichen Bereichen in Niederösterreich

Auch die Anzahl der heißen Tage hat zugenommen, wobei die konkrete Tagesanzahl jeweils stark regional abhängig ist. Im Umland Wien hatte es an durchschnittlich 28,8 Tagen über 30 °C, mehr als doppelt so oft wie im Mostviertel, wo dieser Wert nur an 12,4 Tagen erreicht wurde. In gesamt Niederösterreich gab es im Mittel 18,6 heiße Tage pro Jahr.



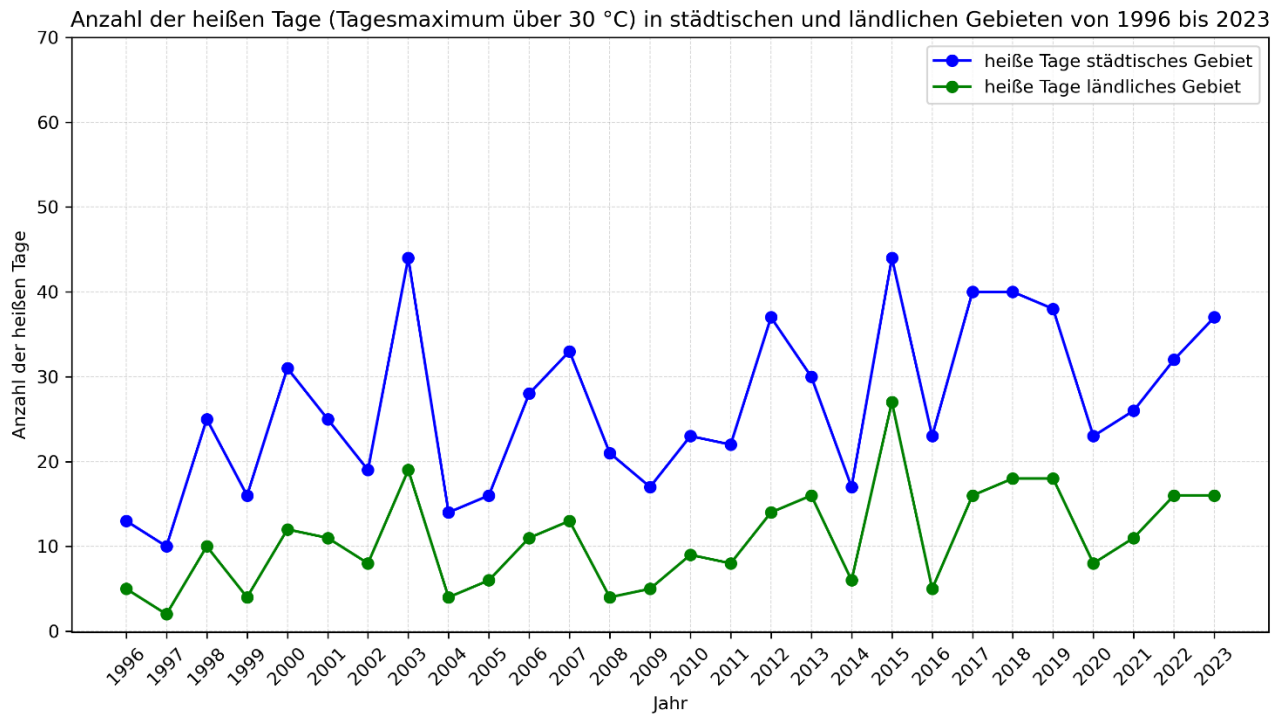


Abbildung 11: Vergleich der gemittelten Anzahl der Tage mit Temperaturen über 30 °C in den städtischen und ländlichen Bereichen in Niederösterreich



SONNENSCHENDAUER

Seit 2003 wird an drei Messstationen die Sonnenscheindauer gemessen: Forsthof - Seehöhe 568m, Kollmitzberg – Seehöhe 458m, Mistelbach – Seehöhe 248m.

Wie aus der Abbildung 12 ersichtlich wurden in den letzten Jahren mehr Sonnenstunden verzeichnet als in den Jahren davor. Sonnenenergie für die Bildung von Ozon wäre also genug vorhanden bzw. hat in den letzten Jahren sogar zugenommen.

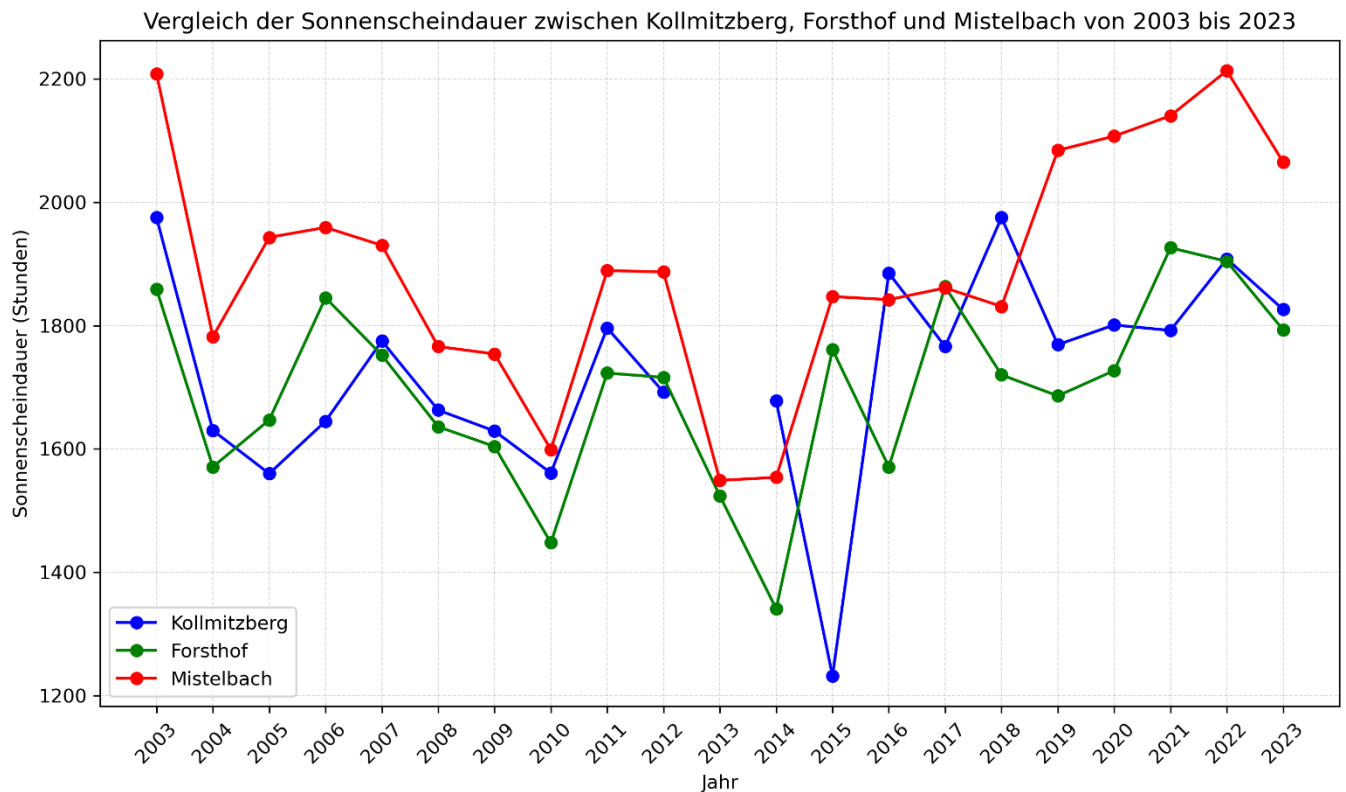


Abbildung 12: Sonnenscheindauer an den Stationen Forsthof, Mistelbach und Kollmitzberg

Gibt es auch hier Unterschiede in den Jahreszeiten? Die nachfolgende Abbildung 13, in der die Summe der Sonnenstunden nach Jahreszeiten aufgeteilt ist, erlaubt einen etwas detaillierteren Blick.



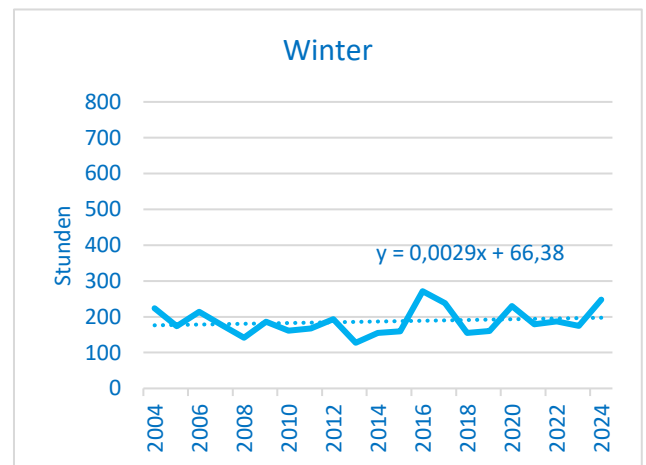
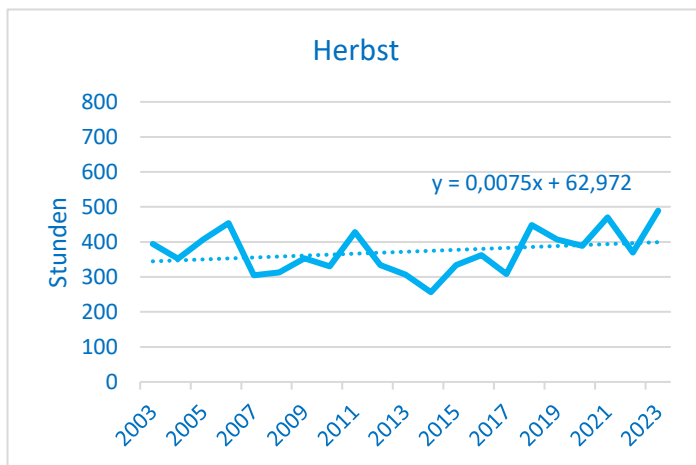
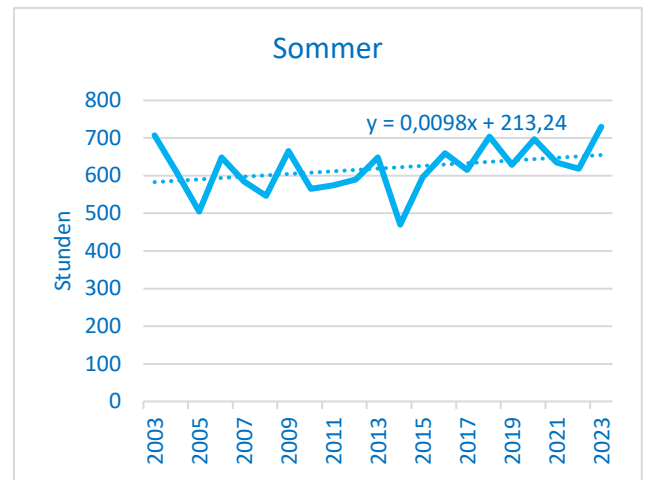
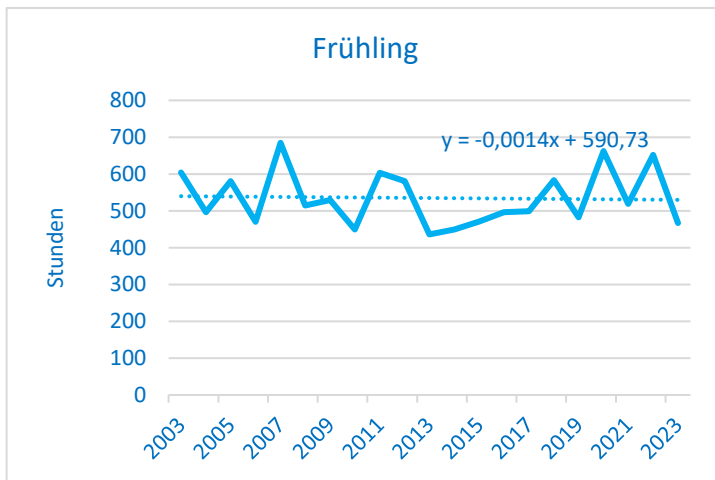


Abbildung 13: Anzahl der Sonnenstunden getrennt nach Jahreszeiten

Im Frühling zeigt sich über die Jahre hinweg eine leichte Abnahme der Sonnenstunden, im Sommer und Herbst steigt die Anzahl leicht an, im Winter bleibt die Anzahl de facto gleich.





STICKOXIDE VERLAUF UND TRENDS

Da Ozon ein sekundärer Schadstoff ist, spielt bei der Bildung von Ozon neben den meteorologischen Einflüssen auch die Menge der Vorläufersubstanzen (Stickoxide und Kohlenwasserstoffe) eine Rolle. Stickoxide werden im Rahmen des Luftgütemessnetzes erfasst, über Immissionsmessungen von Kohlenwasserstoffen gibt es hier leider keine Aufzeichnungen. Daher beschäftigen sich die kommenden Zeilen nur mit dem Trend der Stickoxide. In der Abbildung 14 ist der Trend der Stickoxide dargestellt, der eine sehr erfreulich abnehmende Tendenz aufweist.

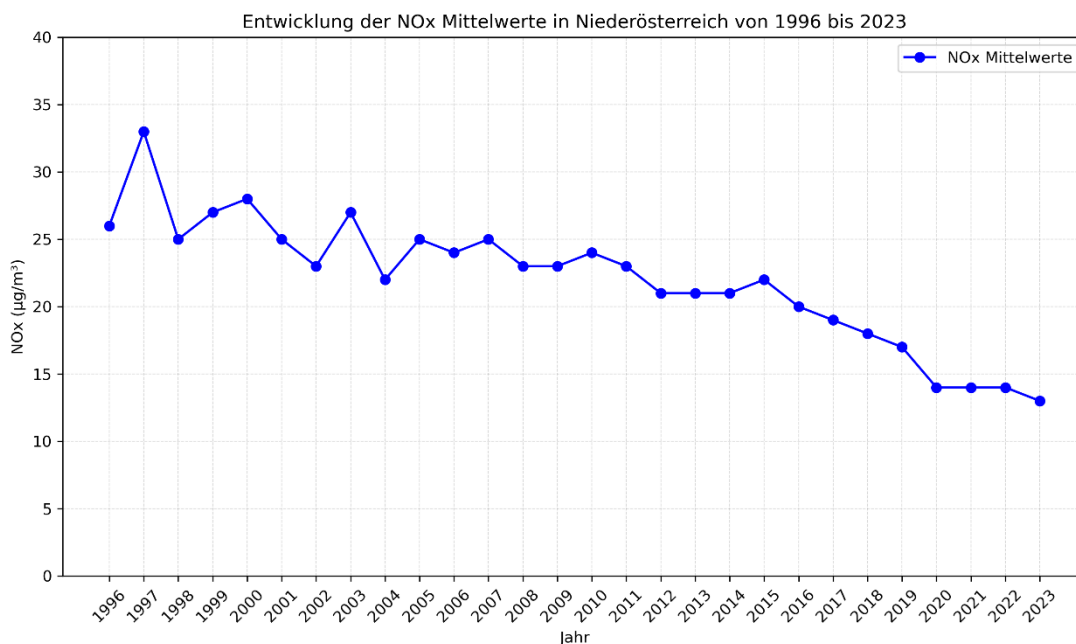


Abbildung 14: Verlauf der mittleren Belastungen mit Stickstoffoxid [$\mu\text{g}/\text{m}^3$], 1996 - 2023

Die Rückgänge sind im städtischen und ländlichen Bereich nicht parallel, im städtischen ist die Abnahme größer. In der Abbildung 15 sind die beiden Kurven für den städtischen und den ländlichen Bereich dargestellt. Die Abnahme fällt im städtischen Bereich etwas größer aus als im ländlichen.



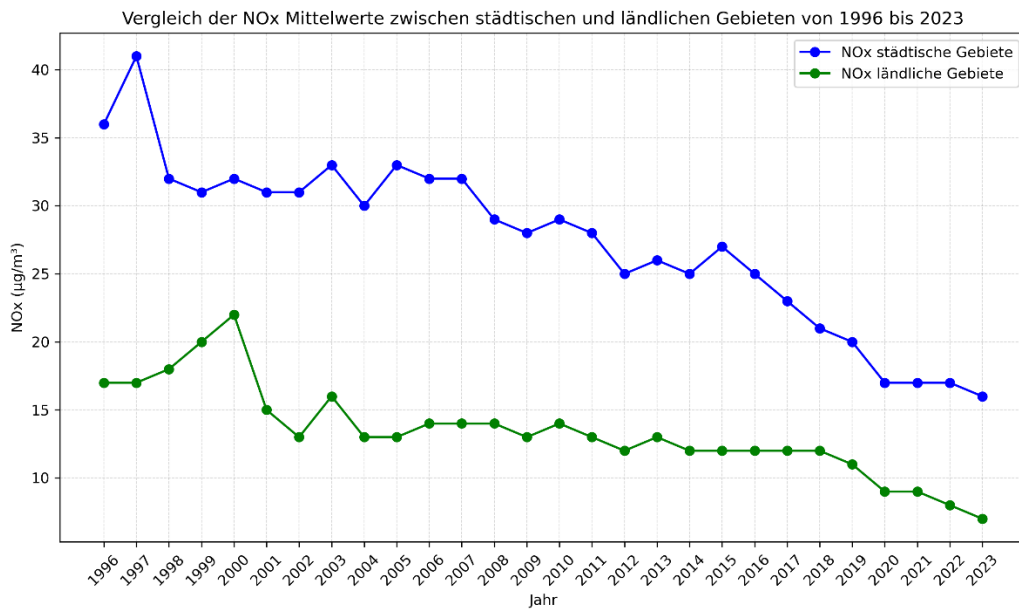


Abbildung 15: Trend der NOx Mittelwerte [µg/m³] getrennt für den städtischen und ländlichen Bereich

Ein Vergleich des Trends der Mittelwerte von NOx und Ozon in der Abbildung 16 zeigt anschaulich die unterschiedlichen Verläufe – ein stark abfallender Trend bei Stickoxiden und ein stagnierender bzw. leicht zunehmender Trend bei den Mittelwerten von Ozon.

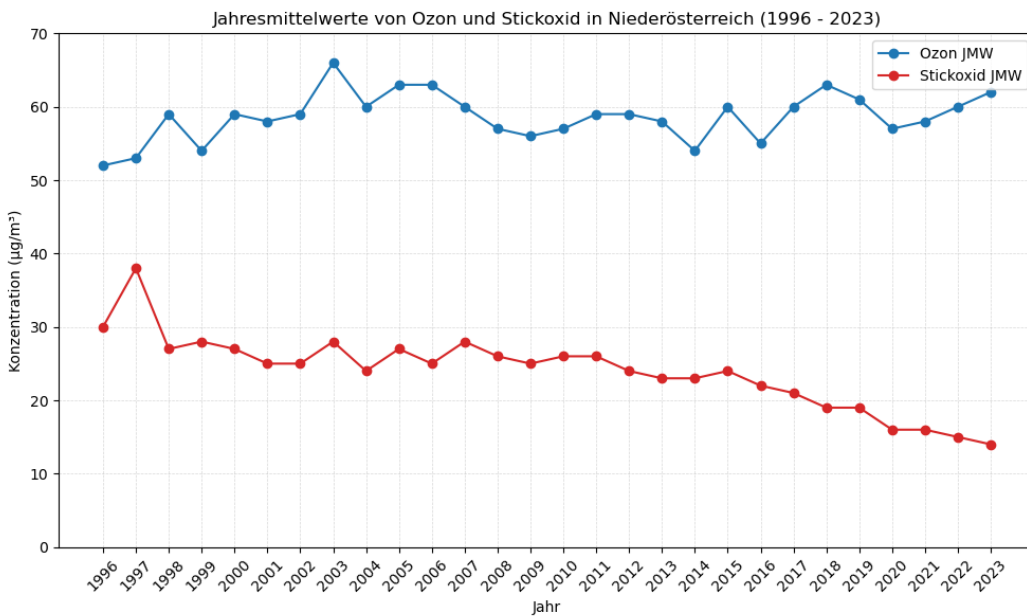


Abbildung 16: Trend der Jahresmittelwerte von Stickoxiden und Ozon [µg/m³] 1996 – 2023





ZUSAMMENFASSUNG:

Welche Ergebnisse wurden nun bei den Analysen der einzelnen Parameter gefunden? Die Aussagen der einzelnen Kapitel werden nachfolgend nochmals kurz zusammengefasst, um einen besseren Überblick zu erhalten

	Trend
Grenzwertüberschreitungen der Informationsschwelle $180 \mu\text{g}/\text{m}^3$ und des Zielwertes von $120 \mu\text{g}/\text{m}^3$	abnehmend
Grenzwertüberschreitungen des Zielwertes von $120 \mu\text{g}/\text{m}^3$	abnehmend
Jahresmittelwerte Ozon	gleichbleibend bis leicht ansteigend
Jahresmittelwerte Lufttemperatur	ansteigend
Anzahl Sommertage und Heiße Tage	ansteigend
Sonnenscheindauer	ansteigend
Jahresmittelwerte Stickoxide	stark abnehmend

Die jahreszeitlichen Trends von Ozon und Sonnenscheindauer sind in der Tabelle dargestellt.

	Trend Mittelwert Ozon	Trend Sonnenscheindauer
Frühling	↓	↓
Sommer	↔	↑
Herbst	↑	↑
Winter	↑	↔





Eindeutig ist, dass die Anzahl der Grenzwertüberschreitungen der Informationsschwelle von $180 \mu\text{g}/\text{m}^3$ und des Zielwertes von $120 \mu\text{g}/\text{m}^3$ in den letzten Jahren abgenommen hat. Die Jahresmittelwerte von Ozon bleiben hingegen auf einem stabilen Niveau über die Jahre hinweg bestehen. Entgegen dem abnehmenden Trend bei den Spitzenbelastungen bei Ozon, nimmt die Sonnenscheindauer zu – eigentlich eine widersprüchliche Entwicklung, wenn man bedenkt, dass Sonnenstrahlung einen wesentlichen Einfluss auf die Ozonbildung hat. Dass die hohen Konzentrationen trotzdem zurückgegangen sind, liegt wahrscheinlich am starken Rückgang zumindest einer Vorläufersubstanz, nämlich Stickstoffoxid.

Abschließend lassen die Auswertungen den Schluss zu, dass die Abnahme der Vorläufersubstanzen einen wesentlichen Beitrag zur Absenkung der Spitzenbelastungen leistet. Die Veränderungen der meteorologischen Parameter beeinflussen zwar die mittlere Belastung, haben aber keinen entscheidenden Effekt auf hohe Immissionswerte.

Bemerkung: Die statistischen Auswertungen wurden ausschließlich mit Daten des NÖ Luftgütemessnetzes durchgeführt. Die Aussagen vor allem bzgl der Veränderungen der meteorologischen Parameter haben daher keine universelle Aussagekraft – mit den Analysen wurde versucht Tendenzen für das Ozongeschehen im Land Niederösterreich zu finden. Da Ozon nicht direkt emittiert wird, sondern über komplexe Mechanismen aus verschiedenen Vorläufersubstanzen gebildet wird, welche teilweise eine sehr lange atmosphärische Lebensdauer aufweisen und über weite Strecken transportiert werden, ist eine lokale Interpretation der Ergebnisse nur eingeschränkt möglich.

