

## **Langfristige Populationsdynamik des Mosel-Apollo im Rahmen der Kryozyklischen und Thermozyklischen Evolution des Klimas in Deutschland in den letzten 200 Jahren**

### **Long-Term Population Dynamics of the Moselle Apollo in the Frame of the Cryocyclical and Thermocyclical Evolution of the Climate in Germany in the last 200 Years**

DETLEF MADER

#### Inhaltsverzeichnis

	Seite
Zusammenfassung.....	126
Abstract.....	127
1 Korrelation der langfristigen Entwicklung der jährlichen Populationsstärke des Mosel-Apollo mit der langfristigen Entwicklung der jährlichen Anzahlen verschiedener Temperaturdaten Kopulation und Sexualethologie von Insekten.....	129
2 Inversion der Populationsstärke des Mosel-Apollo von einem langfristigen Seitwärtstrend von 1895 bis 2011 in einen mittelfristigen Abwärtstrend ab 2012 in 2012 .....	130
2.1 Langfristiges stabiles Gleichgewicht des Mosel-Apollo von 1895 bis 2011.....	131
2.2 Fulminante Populationsexplosion des Mosel-Apollo in 2011.....	132
2.3 Drastischer Populationszusammenbruch des Mosel-Apollo in 2012.....	133
2.4 Vorübergehende Populationserholung des Mosel-Apollo in 2013 und 2014 und schleichender Populationsrückgang des Mosel-Apollo von 2015 bis 2018.....	134
2.5 Apokalyptischer Populationszusammenbruch des Mosel-Apollo in 2019.....	134
2.6 Subextinkte Populationsstagnation des Mosel-Apollo in 2020.....	137
2.7 Prolongation der subextinkten Populationsstagnation und Apokalypse des Mosel-Apollo in 2021 .....	139
2.8 Prolongation der Apokalypse des Mosel-Apollo am Limit der Extinktion: Stagnation, Comeback oder Requiem in 2022 oder folgenden Jahren? .....	142
3 Kryozyklische und thermozyklische Evolution des Klimas in Deutschland im zentralen Mitteleuropa in den letzten 200 Jahren .....	144
3.1 Kryozyklische Evolution des Klimas in Deutschland im zentralen Mitteleuropa in den letzten 200 Jahren .....	146

3.1.1	Inversionen der jährlichen Anzahlen der Frostnächte, der Superfrostnächte, der Ultrafrostnächte, der Dauerfrostage und der Kältenächte von einem langfristigen Aufwärtstrend von 1824/1825 bis 1892/1893 in einen langfristigen Abwärtstrend von 1893/1894 bis 2000/2001 in 1893/1894, und von einem langfristigen Abwärtstrend von 1893/1894 bis 2000/2001 in einen mittel-fristigen bis langfristigen Aufwärtstrend von 2001/2002 bis mindestens 2020/2021 in 2001/2002.....	147
3.1.2	Inversion der Populationsstärke des Mosel-Apollo von dem langfristigen Seitwärtstrend von 1895 bis 2011 in den mittelfristigen Abwärtstrend ab 2012 in dem mittelfristigen Aufwärtstrend der jährlichen Anzahlen der Frostnächte, der Superfrostnächte, der Ultrafrostnächte, der Dauerfrostage und der Kältenächte ab 2001/2002.....	148
3.1.3	Inversionen der jährlichen Anzahlen der frühen Frostnächte von einem langfristigen Abwärtstrend von 1824 bis 1851 in einen langfristigen Aufwärtstrend von 1852 bis 1920 in 1852, und von einem langfristigen Aufwärtstrend von 1852 bis 1920 in einen langfristigen Abwärtstrend von 1921 bis mindestens 2021 in 1921.....	149
3.1.4	Inversion der Populationsstärke des Mosel-Apollo von dem langfristigen Seitwärtstrend von 1895 bis 2011 in den mittelfristigen Abwärtstrend ab 2012 in dem langfristigen Abwärtstrend der jährlichen Anzahlen der frühen Frostnächte ab 1921.....	150
3.1.5	Langfristiger Abwärtstrend der jährlichen Anzahlen der Kältetage und der Kühletage von 1824/1825 bis mindestens 2020/2021.....	152
3.1.6	Inversion der Populationsstärke des Mosel-Apollo von dem langfristigen Seitwärtstrend von 1895 bis 2011 in den mittelfristigen Abwärtstrend ab 2012 in dem langfristigen Abwärtstrend der jährlichen Anzahlen der Kältetage und der Kühletage ab 1824/1825.....	152
3.2	Thermozyklische Evolution des Klimas in Deutschland im zentralen Mitteleuropa in den letzten 200 Jahren.....	154
3.2.1	Inversionen der jährlichen Anzahlen der Hitzetage, der Sommertage, der Sommernächte, der Übergangstage, der Übergangsnächte, der Wärmetage und der Wärmenächte von einem langfristigen Abwärtstrend von 1824 bis 1866 in einen mittelfristigen Aufwärtstrend von 1867 bis 1889 in 1867, von einem mittelfristigen Aufwärtstrend von 1867 bis 1889 in einen langfristigen Abwärtstrend von 1890 bis 1924 in 1890, und von einem langfristigen Abwärtstrend von 1890 bis 1924 in einen langfristigen Aufwärtstrend von 1925 bis mindestens 2021 in 1925.....	155
3.2.2	Inversion der Populationsstärke des Mosel-Apollo von dem langfristigen Seitwärtstrend von 1895 bis 2011 in den mittelfristigen Abwärtstrend ab 2012 in dem langfristigen Aufwärtstrend der jährlichen Anzahlen der Hitzetage, der Sommertage, der Sommernächte, der Übergangstage, der Übergangsnächte, der Wärmetage und der Wärmenächte ab 1925.....	157
3.2.3	Langfristiger Aufwärtstrend der jährlichen Anzahlen der Superhitzetage, der Ultrahitzetage und der Tropennächte sowie der frühen Hitzetage, der späten Hitzetage, der frühen Sommernächte und der späten Sommernächte von 1824 bis mindestens 2021.....	158

3.2.4	Inversion der Populationsstärke des Mosel-Apollo von dem langfristigen Seitwärtstrend von 1895 bis 2011 in den mittelfristigen Abwärtstrend ab 2012 in dem langfristigen Aufwärtstrend der jährlichen Anzahlen der Superhitzetage, der Ultrahitzetage und der Tropennächte sowie der frühen Hitzetage, der späten Hitzetage, der frühen Sommernächte und der späten Sommernächte ab 1824 .....	159
4	Anerkennung.....	161
5	Literaturverzeichnis .....	162
6	Abbildungen.....	165 ff.

## Zusammenfassung

Die langfristige Entwicklung der Populationsstärke des Mosel-Apollo im Moseltal zwischen Winnigen südwestlich Koblenz und Bremm südwestlich Cochem im Rahmen der kryozyklischen und thermozyklischen Evolution des Klimas in Deutschland im zentralen Mitteleuropa in den letzten 200 Jahren, welche von einem primär natürlich induzierten und sekundär anthropogen akzelerierten Klimawandel geprägt wird, korreliert mit der langfristigen Entwicklung der jährlichen Anzahlen der Frostnächte (Minimum ab 0 °C), der Superfrostnächte (Minimum ab - 5 °C), der Ultrafrostnächte (Minimum ab - 10 °C), der Dauerfrosttage (Maximum bis 0 °C) und der Kältenächte (Minimum bis 5 °C); mit der langfristigen Entwicklung der jährlichen Anzahlen der Hitzetage (Maximum ab 30 °C), der Sommertage (Maximum ab 25 °C), der Sommernächte (Minimum ab 15 °C), der Übergangstage (Maximum 15 – 24 °C), der Übergangsnächte (Minimum 6 – 14 °C), der Wärmetage (Maximum ab 20 °C) und der Wärmenächte (Minimum ab 10 °C); mit der langfristigen Entwicklung der jährlichen Anzahlen der Kältetage (Maximum bis 5 °C) und der Kühletage (Maximum 6 – 14 °C); und mit der langfristigen Entwicklung der jährlichen Anzahlen der Superhitzetage (Maximum ab 32 °C), der Ultrahitzetage (Maximum ab 35 °C) und der Tropennächte (Minimum ab 20 °C). Die kryozyklische Evolution des Klimas in Deutschland im zentralen Mitteleuropa in den letzten 200 Jahren, welche von einem primär natürlich induzierten und sekundär anthropogen akzelerierten Klimawandel geprägt wird, im Spiegel der langfristigen Entwicklung der jährlichen Anzahlen der Frostnächte (Minimum ab 0 °C), der Superfrostnächte (Minimum ab - 5 °C), der Ultrafrostnächte (Minimum ab - 10 °C), der Dauerfrosttage (Maximum bis 0 °C) und der Kältenächte (Minimum bis 5 °C) von 1824/1825 bis 2020/2021 beinhaltet einen langfristigen Aufwärtstrend von 1824/1825 bis 1892/1893, eine Inversion von einem langfristigen Aufwärtstrend von 1824/1825 bis 1892/1893 in einen langfristigen Abwärtstrend von 1893/1894 bis 2000/2001 in 1893/1894, einen langfristigen Abwärtstrend von 1893/1894 bis 2000/2001, eine Inversion von einem langfristigen Abwärtstrend von 1893/1894 bis 2000/2001 in einen mittelfristigen bis langfristigen Aufwärtstrend von 2001/2002 bis mindestens 2020/2021 in 2001/2002, und einen mittelfristigen bis langfristigen Aufwärtstrend von 2001/2002 bis mindestens 2020/2021, welcher sich vermutlich zunächst linear und dann entweder linear oder asymptotisch in der Zukunft fortsetzen wird. Die Korrelation des langfristigen Verlaufs der jährlichen Populationsstärke des Mosel-Apollo im Moseltal zwischen Winnigen südwestlich Koblenz und Bremm südwestlich Cochem ab 1895 mit dem langfristigen Verlauf der jährlichen Anzahlen der Frostnächte, der Superfrostnächte, der Ultrafrostnächte, der Dauerfrosttage und der Kältenächte ab 1824/1825 ergibt, daß die Inversion der Populationsstärke des Mosel-Apollo von dem langfristigen Seitwärtstrend von 1895 bis 2011 in den mittelfristigen Abwärtstrend ab 2012 und die drastischen Populationszusammenbrüche des Mosel-Apollo in 2012 und 2019 in dem mittelfristigen Aufwärtstrend der jährlichen Anzahlen der Frostnächte, der Superfrostnächte, der Ultrafrostnächte, der Dauerfrosttage und der Kältenächte ab 2001/2002 und in dem herausragenden Abschnitt der außergewöhnlich hohen jährlichen Anzahlen von Frostnächten mit 75 und mehr Frostnächten während des ganzen Intervalls von Herbst, Winter und Frühling von 2005/2006 bis 2019/2020 im Oberrheingraben und im Moseltal stattgefunden haben. Die thermozyklische Evolution des Klimas in Deutschland im zentralen Mitteleuropa in den letzten 200 Jahren, welche von einem primär natürlich induzierten und sekundär anthropogen akzelerierten Klimawandel geprägt wird, im Spiegel der langfristigen Entwicklung der jährlichen Anzahlen der Hitzetage (Maximum ab 30 °C), der Sommertage (Maximum ab 25 °C), der Sommernächte (Minimum ab 15 °C), der Übergangstage (Maximum 15 – 24 °C), der Übergangsnächte (Minimum 6 – 14 °C), der Wärmetage (Maximum ab 20 °C) und der Wärmenächte (Minimum ab 10 °C) von 1824 bis

2021 beinhaltet einen langfristigen Abwärtstrend von 1824 bis 1866, eine Inversion von einem langfristigen Abwärtstrend von 1824 bis 1866 in einen mittelfristigen Aufwärtstrend von 1867 bis 1889 in 1867, einen mittelfristigen Aufwärtstrend von 1867 bis 1889, eine Inversion von einem mittelfristigen Aufwärtstrend von 1867 bis 1889 in einen langfristigen Abwärtstrend von 1890 bis 1924 in 1890, einen langfristigen Abwärtstrend von 1890 bis 1924, eine Inversion von einem langfristigen Abwärtstrend von 1890 bis 1924 in einen langfristigen Aufwärtstrend von 1925 bis mindestens 2021 in 1925, und einen langfristigen Aufwärtstrend von 1925 bis mindestens 2021, welcher sich vermutlich zunächst linear und dann entweder linear oder asymptotisch in der Zukunft fortsetzen wird. Die Korrelation des langfristigen Verlaufs der jährlichen Populationsstärke des Mosel-Apollo im Moseltal zwischen Winnigen südwestlich Koblenz und Bremm südwestlich Cochem ab 1895 mit dem langfristigen Verlauf der jährlichen Anzahlen der Hitzetage, der Sommertage, der Sommernächte, der Übergangstage, der Übergangsnächte, der Wärmetage und der Wärmenächte ab 1824; und mit dem langfristigen Verlauf der jährlichen Anzahlen der Superhitzetage, der Ultrahitzetage und der Tropennächte ab 1824 ergibt, daß die Inversion der Populationsstärke des Mosel-Apollo von dem langfristigen Seitwärtstrend von 1895 bis 2011 in den mittelfristigen Abwärtstrend ab 2012 und die drastischen Populationszusammenbrüche des Mosel-Apollo in 2012 und 2019 in dem langfristigen Aufwärtstrend der jährlichen Anzahlen der Hitzetage, der Sommertage, der Sommernächte, der Übergangstage, der Übergangsnächte, der Wärmetage und der Wärmenächte ab 1925 und in dem herausragenden Abschnitt der außergewöhnlich hohen jährlichen Anzahlen von Hitzetagen mit 25 und mehr Hitzetagen, Sommertagen mit 70 und mehr Sommertagen, Sommernächten mit 30 und mehr Sommernächten, Wärmetagen mit 125 und mehr Wärmetagen und Wärmenächten mit 120 und mehr Wärmenächten sowie Superhitzetagen mit 10 und mehr Superhitzetagen, Ultrahitzetagen mit 3 und mehr Ultrahitzetagen und Tropennächten mit 5 und mehr Tropennächten während des ganzen Jahres von 1991 bis 2019 im Oberrheingraben und im Moseltal stattgefunden haben. Die thermozyklische Evolution des Klimas in Deutschland im zentralen Mitteleuropa in den letzten 200 Jahren, welche von einem primär natürlich induzierten und sekundär anthropogen akzelerierten Klimawandel geprägt wird, im Spiegel der langfristigen Entwicklung der jährlichen Anzahlen der Superhitzetage (Maximum ab 32 °C), der Ultrahitzetage (Maximum ab 35 °C) und der Tropennächte (Minimum ab 20 °C) von 1824 bis 2021 beinhaltet einen langfristigen Aufwärtstrend von 1824 bis mindestens 2021, welcher sich vermutlich zunächst linear und dann entweder linear oder asymptotisch in der Zukunft fortsetzen wird. Die Korrelation des langfristigen Verlaufs der jährlichen Populationsstärke des Mosel-Apollo im Moseltal zwischen Winnigen südwestlich Koblenz und Bremm südwestlich Cochem ab 1895 mit dem langfristigen Verlauf der jährlichen Anzahlen der Superhitzetage, der Ultrahitzetage und der Tropennächte ab 1824 ergibt, daß die Inversion der Populationsstärke des Mosel-Apollo von dem langfristigen Seitwärtstrend von 1895 bis 2011 in den mittelfristigen Abwärtstrend ab 2012 und die drastischen Populationszusammenbrüche des Mosel-Apollo in 2012 und 2019 in dem langfristigen Aufwärtstrend der jährlichen Anzahlen der Superhitzetage, der Ultrahitzetage und der Tropennächte während des ganzen Jahres von 1824 bis mindestens 2021 stattgefunden haben.

## **Abstract**

The long-term development of the population size of the Moselle Apollo in the Moselle valley between Winnigen southwest of Koblenz and Bremm southwest of Cochem in the frame of the cryocyclical and thermocyclical evolution of the climate in Germany in central Middle Europe, which is controlled by a primarily naturally induced and secondarily anthropogenically accelerated climatical change, correlates with the long-term development

of the yearly numbers of frost nights (minimum from 0 °C), super frost nights (minimum from - 5 °C), ultra frost nights (minimum from - 10 °C), permafrost days (maximum up to 0 °C) and cold nights (minimum up to 5 °C); with the long-term development of the yearly numbers of heat days (maximum from 30 °C), summer days (maximum from 25 °C), summer nights (minimum from 15 °C), transitional days (maximum 15 – 24 °C), transitional nights (minimum 6 – 14 °C), warm days (maximum from 20 °C) and warm nights (minimum from 10 °C); with the long-term development of the yearly numbers of cold days (maximum up to 5 °C) and cool days (maximum 6 – 14 °C); and with the long-term development of the yearly numbers of super heat days (maximum from 32 °C), ultra heat days (maximum from 35 °C) and tropical nights (minimum from 20 °C). The cryocyclical evolution of the climate in Germany in central Middle Europe in the last 200 years, which is controlled by a primarily naturally induced and secondarily anthropogenically accelerated climatical change, as reflected by the long-term development of the yearly numbers of frost nights (minimum from 0 °C), super frost nights (minimum from - 5 °C), ultra frost nights (minimum from - 10 °C), permafrost days (maximum up to 0 °C) and cold nights (minimum up to 5 °C) from 1824/1825 until 2020/2021 includes a long-term upwards trend from 1824/1825 until 1892/1893, an inversion from a long-term upwards trend from 1824/1825 until 1892/1893 into a long-term downwards trend from 1893/1894 until 2000/2001 in 1893/1894, a long-term downwards trend from 1893/1894 until 2000/2001, an inversion from a long-term downwards trend from 1893/1894 until 2000/2001 into a medium-term to long-term upwards trend from 2001/2002 until at least 2020/2021 in 2001/2002, and a medium-term to long-term upwards trend from 2001/2002 until at least 2020/2021 which will probably continue first linearly and then either linearly or asymptotically in the future. The correlation of the long-term development of the yearly population size of the Moselle Apollo from 1895 with the long-term development of the yearly numbers of frost nights, super frost nights, ultra frost nights, permafrost days and cold nights from 1824/1825 reveals that the inversion of the population size of the Moselle Apollo from the long-term sideways trend from 1895 until 2011 into a medium-term downwards trend from 2012 and the drastical population breakdowns of the Moselle Apollo in 2012 und 2019 have happened within the medium-term upwards trend of the yearly numbers of frost nights, super frost nights, ultra frost nights, permafrost days and cold nights from 2001/2002 and within the outstanding interval of the extraordinarily high yearly numbers of frost nights with more than 75 frost nights within the whole interval of autumn, winter and spring from 2005/2006 until 2019/2020 in the Upper Rhine Graben and in the Moselle valley. The thermocyclical evolution of the climate in Germany in central Middle Europe in the last 200 years, which is controlled by a primarily naturally induced and secondarily anthropogenically accelerated climatical change, as reflected by the long-term development of the yearly numbers of heat days (maximum from 30 °C), summer days (maximum from 25 °C), summer nights (minimum from 15 °C), transitional days (maximum 15 – 24 °C), transitional nights (minimum 6 – 14 °C), warm days (maximum from 20 °C) and warm nights (minimum from 10 °C) from 1824 until 2021 includes a long-term downwards trend from 1824 until 1866, an inversion from a long-term downwards trend from 1824 until 1866 into a medium-term upwards trend from 1867 until 1889 in 1867, a medium-term upwards trend from 1867 until 1889, an inversion from a medium-term upwards trend from 1867 until 1889 into a long-term downwards trend from 1890 until 1924 in 1890, a long-term downwards trend from 1890 until 1924, an inversion from a long-term downwards trend from 1890 until 1924 into a long-term upwards trend from 1925 until at least 2021 in 1925, and a long-term upwards trend from 1925 until at least 2021 which will probably continue first linearly and then either linearly or asymptotically in the future. The correlation of the long-term

development of the yearly population size of the Moselle Apollo from 1895 with the long-term development of the yearly numbers of heat days, summer days, summer nights, transitional days, transitional nights, warm days and warm nights from 1824; and with the long-term development of the yearly numbers of super heat days, ultra heat days and tropical nights from 1824 reveals that the inversion of the population size of the Moselle Apollo from the long-term sideways trend from 1895 until 2011 into a medium-term downwards trend from 2012 and the drastical population breakdowns of the Moselle Apollo in 2012 und 2019 have happened within the long-term upwards trend of the yearly numbers of heat days, summer days, summer nights, transitional days, transitional nights, warm days and warm nights from 1925 and within the outstanding interval of extraordinarily high yearly numbers of heat days with 25 and more heat days, summer days with 70 and more summer days, summer nights with 30 and more summer nights, warm days with 125 and more warm days and warm nights with 120 and more warm nights as well as super heat days with 10 and more super heat days, ultra heat days with 3 and more ultra heat days and tropical nights with 5 and more tropical nights within the whole year from 1991 until 2019 in the Upper Rhine Graben and in the Moselle valley. The thermocyclical evolution of the climate in Germany in central Middle Europe in the last 200 years, which is controlled by a primarily naturally induced and secondarily anthropogenically accelerated climatological change, as reflected by the long-term development of the yearly numbers of super heat days (maximum from 32 °C), ultra heat days (maximum from 35 °C) and tropical nights (minimum from 20 °C) from 1824 until 2021 includes a long-term upwards trend from 1824 until at least 2021 which will probably continue first linearly and then either linearly or asymptotically in the future. The correlation of the long-term development of the yearly population size of the Moselle Apollo from 1895 with the long-term development of the yearly numbers of super heat days, ultra heat days and tropical nights from 1824 reveals that the inversion of the population size of the Moselle Apollo from the long-term sideways trend from 1895 until 2011 into a medium-term downwards trend from 2012 and the drastical population breakdowns of the Moselle Apollo in 2012 und 2019 have happened within the long-term upwards trend of the yearly numbers of super heat days, ultra heat days and tropical nights within the whole year from 1824 until at least 2021.

## **1 Korrelation der langfristigen Entwicklung der jährlichen Populationsstärke des Mosel-Apollo mit der langfristigen Entwicklung der jährlichen Anzahlen verschiedener Temperaturdaten**

Die Korrelation der langfristigen Entwicklung der jährlichen Populationsstärke des Mosel-Apollo (*Parnassius apollo vinningensis* Stichel 1899; Lepidoptera: Papilionidae) im Moseltal zwischen Winnigen südwestlich Koblenz und Bremm südwestlich Cochem im Rahmen der kryozyklischen und thermozyklischen Evolution des Klimas in Deutschland im zentralen Mitteleuropa in den letzten 200 Jahren, welche von einem primär natürlich induzierten und sekundär anthropogen akzelerierten Klimawandel geprägt wird (Mader 2020a, 2022), mit der langfristigen Entwicklung der jährlichen Anzahlen der Frostnächte (Minimum ab 0 °C), der Superfrostnächte (Minimum ab - 5 °C), der Ultrafrostnächte (Minimum ab - 10 °C), der Dauerfrosttage (Maximum bis 0 °C) und der Kältenächte (Minimum bis 5 °C); mit der langfristigen Entwicklung der jährlichen Anzahlen der Hitzetage (Maximum ab 30 °C), der Sommertage (Maximum ab 25 °C), der Sommernächte (Minimum ab 15 °C), der Übergangstage (Maximum 15 – 24 °C), der Übergangsnächte (Minimum 6 – 14 °C), der Wärmetage (Maximum ab 20 °C) und der Wärmenächte (Minimum ab 10 °C); mit der langfristigen Entwicklung der jährlichen Anzahlen der Kältetage (Maximum bis 5 °C) und der Kühletage (Maximum 6 – 14 °C); und mit der langfristigen

Entwicklung der jährlichen Anzahlen der Superhitzetage (Maximum ab 32 °C), der Ultrahitzetage (Maximum ab 35 °C) und der Tropennächte (Minimum ab 20 °C) (Mader 2021a, 2022) wird nachstehend anhand der kryozyklischen und thermozyklischen Evolution des Klimas in Deutschland im zentralen Mitteleuropa in den letzten 200 Jahren, der Inversion der Populationsstärke des Mosel-Apollo von einem langfristigen Seitwärtstrend von 1895 bis 2011 in einen mittelfristigen Abwärtstrend ab 2012 in 2012, der Inversion der jährlichen Anzahlen der Frostnächte, der Superfrostnächte, der Ultrafrostnächte, der Dauerfrosttage und der Kältenächte von einem langfristigen Aufwärtstrend von 1824/1825 bis 1892/1893 in einen langfristigen Abwärtstrend von 1893/1894 bis 2000/2001 in 1893/1894, der Inversion der jährlichen Anzahlen der Frostnächte, der Superfrostnächte, der Ultrafrostnächte, der Dauerfrosttage und der Kältenächte von einem langfristigen Abwärtstrend von 1893/1894 bis 2000/2001 in einen mittelfristigen bis langfristigen Aufwärtstrend von 2001/2002 bis mindestens 2020/2021 in 2001/2002; der Inversion der jährlichen Anzahlen der Hitzetage, der Sommertage, der Sommernächte, der Übergangstage, der Übergangsnächte, der Wärmetage und der Wärmenächte von einem langfristigen Abwärtstrend von 1824 bis 1866 in einen mittelfristigen Aufwärtstrend von 1867 bis 1889 in 1867 und von einem mittelfristigen Aufwärtstrend von 1867 bis 1889 in einen langfristigen Abwärtstrend von 1890 bis 1924 in 1890; und der Inversion der jährlichen Anzahlen der Hitzetage, der Sommertage, der Sommernächte, der Übergangstage, der Übergangsnächte, der Wärmetage und der Wärmenächte von einem langfristigen Abwärtstrend von 1890 bis 1924 in einen langfristigen Aufwärtstrend von 1925 bis mindestens 2021 in 1925 erläutert. Weitere nachstehende Ausführungen betreffen die Inversion der jährlichen Anzahlen der frühen Frostnächte von einem langfristigen Abwärtstrend von 1824 bis 1851 in einen langfristigen Aufwärtstrend von 1852 bis 1920 in 1852, die Inversion der jährlichen Anzahlen der frühen Frostnächte von einem langfristigen Aufwärtstrend von 1852 bis 1920 in einen langfristigen Abwärtstrend von 1921 bis mindestens 2021 in 1921, den langfristigen Abwärtstrend der jährlichen Anzahlen der Kältetage und der Kühletage von 1824/1825 bis mindestens 2020/2021, und den langfristigen Aufwärtstrend der jährlichen Anzahlen der Superhitzetage, der Ultrahitzetage und der Tropennächte sowie der frühen Hitzetage, der späten Hitzetage, der frühen Sommernächte und der späten Sommernächte von 1824 bis mindestens 2021.

Ein langfristiger Abwärtstrend der jährlichen Anzahlen der Frostnächte (Min. ab 0 °C) und der Dauerfrosttage (Maximum bis 0 °C) in den letzten 60 Jahren, und ein langfristiger Aufwärtstrend der jährlichen Anzahlen der Hitzetage (Maximum ab 30 °C), der Sommertage (Maximum ab 25 °C) und der Tropennächte (Minimum ab 20 °C) in den letzten 60 Jahren wird auch von Zahradníček, Brázdil, Rehor, Lhotka, Dobrovolný, Stepánek & Trnka (2021) beschrieben und graphisch dargestellt.

## **2 Inversion der Populationsstärke des Mosel-Apollo von einem langfristigen Seitwärtstrend von 1895 bis 2011 in einen mittelfristigen Abwärtstrend ab 2012 in 2012**

In dem langfristigen Verlauf der Populationsstärke des Mosel-Apollo (*Parnassius apollo vinningensis* Stichel 1899; Lepidoptera: Papilionidae) im Moseltal zwischen Winnigen südwestlich Koblenz und Bremm südwestlich Cochem von 1895 bis 2021 spiegelt sich in dem Chart der jährlichen Populationsstärke ein langfristiger Seitwärtstrend von 1895 bis 2011 wider, welcher horizontal verläuft, wohingegen in 2012 eine markante Inversion von dem langfristigen Seitwärtstrend von 1895 bis 2011 in einen inzwischen mittelfristigen und möglicherweise in der Zukunft langfristigen Abwärtstrend ab 2012 stattgefunden hat, welcher entsprechend der Skalierung von Abszisse und Ordinate der Diagramme mit einem flacheren oder steileren Winkel abfällt und sich vermutlich zunächst linear und

dann entweder linear oder asymptotisch in der Zukunft fortsetzen wird (Mader 2021a, 2022). Der nachstehende Abriß der Historie der Populationsstärke des Mosel-Apollo von 1895 bis 2021 beinhaltet das langfristige stabile Gleichgewicht des Mosel-Apollo von 1895 bis 2011, die fulminante Populationsexplosion des Mosel-Apollo in 2011, den drastischen Populationszusammenbruch des Mosel-Apollo in 2012, die vorübergehende Populationserholung des Mosel-Apollo in 2013 und 2014 und den schleichenden Populationsrückgang des Mosel-Apollo von 2015 bis 2018, den apokalyptischen Populationszusammenbruch des Mosel-Apollo in 2019, die subextinkte Populationsstagnation des Mosel-Apollo in 2020, die Prolongation der subextinkten Populationsstagnation und Apokalypse des Mosel-Apollo in 2021, und die Prolongation der Apokalypse des Mosel-Apollo am Limit der Extinktion: Stagnation, Comeback oder Requiem in 2022 oder folgenden Jahren? Ein mittelfristiger Abwärtstrend der Populationsstärke des Mosel-Apollo in den letzten Jahrzehnten wird auch von Müller & Griebeler (2021) beschrieben und graphisch dargestellt.

## **2.1 Langfristiges stabiles Gleichgewicht des Mosel-Apollo von 1895 bis 2011**

Innerhalb des langfristigen Seitwärtstrendes der jährlichen Populationsstärke des Mosel-Apollo (*Parnassius apollo vinningensis* Stichel 1899; Lepidoptera: Papilionidae) im Moseltal zwischen Winingen südwestlich Koblenz und Bremm südwestlich Cochem von 1895 bis 2011 ist der Mosel-Apollo stets in den aufeinanderfolgenden Flugjahren wechselnd in einer akzelerierten Populationsstärke mit insgesamt ca. 1.000 – 1.500 Exemplaren, einer intermediären Populationsstärke mit insgesamt ca. 750 – 1.000 Exemplaren oder einer retardierten Populationsstärke mit insgesamt ca. 500 – 750 Exemplaren aufgetreten, und es hat ein langfristiges stabiles Gleichgewicht innerhalb der Spanne der vorgenannten Schwankungen zwischen den aufeinanderfolgenden Flugjahren bestanden, welches durch die langjährige Unterstützungslinie der retardierten Populationsstärke von insgesamt ca. 500 – 750 Exemplaren nach unten abgesichert war (Mader 2020a, 2021a, 2022).

Der Mosel-Apollo ist in einer akzelerierten Populationsstärke in 1990, 1995, 2003, 2005, 2008 und 2011 sowie auch in 1938, in mehreren Jahren zwischen 1920 und 1930 und möglicherweise auch in 1895; in einer intermediären Populationsstärke in 1987, 1989, 1991, 1999, 2001 und 2007 sowie vermutlich auch in 1907, 1921, 1923, 1933 und 1977; und in einer retardierten Populationsstärke in 1985, 1986, 1988, 1992, 1993, 1994, 1996, 1997, 1998, 2000, 2002, 2004, 2006, 2009, 2010, 2013 und 2014 sowie auch in 1935 vorgekommen (Mader 2020a, 2021a, 2022). In dem langfristig austarierten Gefüge der Populationsstärke des Mosel-Apollo in dem Rahmen der vorgenannten langfristigen Variationsbreite zwischen den aufeinanderfolgenden Flugjahren und in dem Kontext des vorgenannten langfristigen Seitwärtstrendes hat sich bis 2011 ein etabliertes und konsolidiertes Vorkommen des Mosel-Apollo im Moseltal zwischen Winingen südwestlich Koblenz und Bremm südwestlich Cochem widerspiegelt, welches bis 2011 als stationär und ungefährdet eingeschätzt und bewertet werden konnte.

In einigen Jahren mit einer akzelerierten Populationsstärke haben spektakuläre Massenflüge des Mosel-Apollo stattgefunden, bei denen jeweils insgesamt ca. 100 – 250 Exemplare des Mosel-Apollo an den Flugplatzstrecken am Weinbergsweg zwischen Winingen und Kobern-Gondorf südwestlich Koblenz, am Ausoniusstein nördlich Löff-Kattenes südlich Lehmen südwestlich Koblenz, am Apolloweg zwischen Valwig und Cochem-Cond und am Weinbergsweg am Calmont zwischen Ediger-Eller und Bremm südwestlich Cochem herumgeschwärmt sind, und in diesen fulminanten Populationsexplosionen hat die Gesamtzahl der im Moseltal herumgeflogenen Exemplare des Mosel-Apollo ein Allzeithoch von

ca. 2.000 Faltern erreicht, was als exorbitante oder stark überdurchschnittliche Populationsstärke definiert werden kann. Der bisher letzte derartige herausragende Schwärmflug des Mosel-Apollo hat in 2011 stattgefunden, und es ist nach jetziger Einschätzung möglicherweise auch der letzte bemerkenswerte Schwärmflug des Mosel-Apollo überhaupt gewesen. Bei dem bisher letzten faszinierenden Massenflug des Mosel-Apollo in 2011 sind an manchen Flugplatzstrecken derart viele Exemplare des Mosel-Apollo herumgeflogen wie ansonsten an anderen Lokalitäten zahlreiche Individuen populationsstarker Weißlingsarten (Pieridae), Edelfalterarten (Nymphalidae) und Augenfalterarten (Satyridae) sowie an manchen Stellen zeitweise auch Bärenspinnerarten (Arctiidae) und Bläulingsarten (Lycaenidae) herumschwärmen.

Die Korrelation von Dauerfrostperioden im Winter und Populationsstärke des Mosel-Apollo in Frühling und Sommer spiegelt das Auftreten einer akzelerierten und intermediären Populationsstärke des Mosel-Apollo hauptsächlich nach Wintern mit kürzeren und milderen Dauerfrostperioden sowie das Vorkommen einer retardierten Populationsstärke des Mosel-Apollo überwiegend nach Wintern mit längeren und härteren Dauerfrostperioden wider (Mader 2013a). Eine besonders hohe Anzahl von Dauerfrosttagen in den Wintern 1991/1992, 1992/1993, 1995/1996, 2005/2006, 2009/2010 und 2012/2013 hat vermutlich maßgeblich das Auftreten des Mosel-Apollo in lediglich retardierter Populationsstärke in Frühling und Sommer 1992, 1993, 1996, 2006, 2010 und 2013 verursacht, wohingegen eine besonders niedrige Anzahl von Dauerfrosttagen in den Wintern 1994/1995, 2000/2001, 2002/2003, 2006/2007 und 2007/2008 wahrscheinlich wesentlich das Vorkommen des Mosel-Apollo in akzelerierter Populationsstärke in Frühling und Sommer 1995, 2003 und 2008 sowie in intermediärer Populationsstärke in Frühling und Sommer 2001 und 2007 gefördert hat. Die kryochronologische Analyse und Interpretation von Anzahl, Länge und Intensität der Dauerfrostperioden von dem Winter 1991/1992 bis zu dem Winter 2012/2013 bezüglich des Einflusses auf die Populationsstärke des Mosel-Apollo in Frühling und Sommer ist in Mader (2013a) enthalten.

## **2.2 Fulminante Populationsexplosion des Mosel-Apollo in 2011**

In 2011 hat nach einer jeweils retardierten Populationsstärke von insgesamt ca. 500 – 750 Exemplaren in 2009 und 2010 noch einmal eine fulminante Populationsexplosion des Mosel-Apollo (*Parnassius apollo vinningensis* Stichel 1899; Lepidoptera: Papilionidae) im Moseltal zwischen Winingen südwestlich Koblenz und Bremm südwestlich Cochem auf eine akzelerierte Populationsstärke von insgesamt ca. 1.000 – 1.500 Exemplaren stattgefunden, wie sie zuvor auch schon in 1990, 1995, 2003, 2005 und 2008 sowie auch in 1938, in mehreren Jahren zwischen 1920 und 1930 und möglicherweise auch in 1895 ausgebildet war. Die fulminante Populationsexplosion in 2011 hat noch einmal einen spektakulären Massenflug des Mosel-Apollo hervorgerufen, bei welchem faszinierend zahlreiche Exemplare des Mosel-Apollo an den Flugplatzstrecken am Weinbergsweg zwischen Winingen und Kobern-Gondorf südwestlich Koblenz, am Ausoniusstein nördlich Löf-Kattenes südlich Lehmen südwestlich Koblenz, am Apolloweg zwischen Valwig und Cochem-Cond und am Weinbergsweg am Calmont zwischen Ediger-Eller und Bremm südwestlich Cochem herumgeschwärmt sind. Keiner der zahlreichen restlos begeisterten und völlig hingerissenen Naturfotografen, welche das attraktive Schauspiel des sehenswerten Massenfluges des Mosel-Apollo bewundert haben und im Bild festgehalten haben, hat sich auch nur ansatzweise vorstellen können, daß er das unbeschreibliche Glück hatte, den wahrscheinlich letzten bemerkenswerten Schwärmflug des Mosel-Apollo überhaupt erleben und dokumentieren zu können, und daß nur ein Jahr später in 2012 bezüglich der Populationsstärke des Mosel-Apollo nichts mehr so sein würde wie es einmal war und

bombastische Massenflüge des Mosel-Apollo bereits der Vergangenheit und der Geschichte angehören würden.

### **2.3 Drastischer Populationszusammenbruch des Mosel-Apollo in 2012**

In 2012 hat infolge einer extrem langen und harten arktischen Dauerfrostperiode in der ersten Februarhälfte mit zweiwöchigen zweistelligen Minusgraden ein drastischer Populationszusammenbruch des Mosel-Apollo (*Parnassius apollo vinningensis* Stichel 1899; Lepidoptera: Papilionidae) im Moseltal zwischen Winningen südwestlich Koblenz und Bremm südwestlich Cochem unter die langjährige Unterstützungslinie der retardierten Populationsstärke von insgesamt ca. 500 – 750 Exemplaren bis 2011 auf eine subresiduale Populationsstärke von insgesamt nur noch ca. 150 – 300 Exemplaren in 2012 stattgefunden, wodurch der langfristige ausgeglichene und fundamentierte Seitwärtstrend gebrochen wurde, ein historisches Minimum der Populationsstärke erreicht wurde, eine neue untere Unterstützungslinie markiert wurde und ein inzwischen mittelfristiger Abwärtstrend unter das langjährige stabile Gleichgewicht eingeleitet wurde, von dem sich der Mosel-Apollo nicht mehr nachhaltig und belastbar erholen konnte (Mader 2013a). Der drastische Populationszusammenbruch des Mosel-Apollo in 2012 infolge einer extrem langen und harten arktischen Dauerfrostperiode in der ersten Februarhälfte mit zweiwöchigen zweistelligen Minusgraden hat mit einem Schlag das bis 2011 bestandene langfristig austarierte Gefüge der Populationsstärke des Mosel-Apollo in dem Rahmen der vorgeannten langfristigen Variationsbreite zwischen den aufeinanderfolgenden Flugjahren und in dem Kontext des vorgenannten langfristigen Seitwärtstrendes zerstört und hat in dramatischer Weise verdeutlicht, daß das scheinbar etablierte und konsolidierte Vorkommen des Mosel-Apollo im Moseltal zwischen Winningen südwestlich Koblenz und Bremm südwestlich Cochem in Wirklichkeit fragil und metastabil ist, so daß es nicht mehr als stationär und ungefährdet eingeschätzt und bewertet werden konnte, sondern als labil und bedroht eingestuft und evaluiert werden mußte sowie im Falle einer Wiederholung eines derartigen einschneidenden Ereignisses als akut vom Aussterben gefährdet angesehen werden mußte (Mader 2020a, 2021a, 2022).

Einen ähnlich drastischen Populationszusammenbruch in 2012 infolge der extrem langen und harten Dauerfrostperiode in der ersten Februarhälfte mit zweiwöchigen zweistelligen Minusgraden wie der Mosel-Apollo (*Parnassius apollo vinningensis* Stichel 1899; Lepidoptera: Papilionidae) sowie die Rotflügelige Ödlandschrecke (*Oedipoda germanica* (Latreille 1804); Orthoptera: Acrididae) und der Russische Bär oder die Spanische Fahne (*Euplagia quadripunctaria* (Poda 1761); Lepidoptera: Arctiidae) im Moseltal zwischen Winningen südwestlich Koblenz und Bremm südwestlich Cochem hat auch die Hornisse (*Vespa crabro* Linnaeus 1758; Hymenoptera: Vespidae) im Rhein-Neckar-Raum und in dessen Umgebung um Mannheim, Ludwigshafen, Heidelberg, Neustadt an der Weinstraße, Bad Dürkheim, Grünstadt und Kaiserslautern erlitten (Mader 2013a). Der signifikante und einschneidende Rückgang der Populationsstärke der Hornisse in 2012 gegenüber der Konstellation in 2011 (Mader 2012b) hat sich vor allem in Bauarten, Baustil, Größe, Anzahl und Verteilung der Papiernester der Hornisse; in Menge und Frequenz der am Waldrand und in Wiesen im Frühling herumgeflogenen überwinterten Jungköniginnen der Hornisse und in Sommer und Herbst herumgeflogenen frisch geschlüpften Arbeiterinnen und Jungköniginnen der Hornisse, und in Selektion und Akzeptanz geeigneter Niststandorte durch die überwinterten Jungköniginnen der Hornisse wiedergespiegelt. Die zweiwöchige Dauerfrostperiode mit zweistelligen Minusgraden im Februar 2012 hat die Bedingungen für die ohnehin problematische Überbrückung des Winters durch die hibernierenden Jungköniginnen der Hornisse und zahlreiche andere Insekten derart verschlechtert, daß viele überwinterte Jungköniginnen der Hornisse in

ihren nur unzureichend vor der Einwirkung des zweiwöchigen Permafrostes mit Tiefsttemperaturen von -10 – -15 °C geschützten Verstecken den Winter 2012 nicht überlebt haben und erfroren sind.

#### **2.4 Vorübergehende Populationserholung des Mosel-Apollo in 2013 und 2014 und schleichender Populationsrückgang des Mosel-Apollo von 2015 bis 2018**

Es hat zwar in 2013 und 2014 noch einmal eine signifikante Erholung der Populationsstärke des Mosel-Apollo (*Parnassius apollo vinningensis* Stichel 1899; Lepidoptera: Papilionidae) im Moseltal zwischen Winnigen südwestlich Koblenz und Bremm südwestlich Cochem wieder auf eine retardierte Populationsstärke von insgesamt ca. 500 – 750 Exemplaren stattgefunden (Mader 2013b), welche jedoch lediglich eine vorübergehende korrektive Gegenbewegung in der durch den drastischen Populationszusammenbruch auf das Allzeittief in 2012 ausgelösten Abwärtsspirale war und in den darauffolgenden Jahren nicht stabilisiert und manifestiert werden konnte, so daß die Populationsstärke des Mosel-Apollo in 2015 (Pfeifer 2016, 2017), 2016, 2017 und 2018 mit progressiver Abwärtstendenz schleichend auf eine stark retardierte Populationsstärke von insgesamt nur noch ca. 300 – 500 Exemplaren immer weiter zurückgegangen ist, und deshalb erneut unter die langjährige obere Unterstützungslinie der retardierten Populationsstärke von insgesamt ca. 500 – 750 Exemplaren gefallen ist und sich damit allmählich wieder dem historischen Minimum der subresidualen Populationsstärke von insgesamt nur noch ca. 150 – 300 Exemplaren in 2012 angenähert hat, welche die kurzfristige untere Unterstützungslinie darstellt. Trotz des immer weiter fortschreitenden Abwärtstrendes der Populationsstärke des Mosel-Apollo hat bis 2018 noch keine konkrete Gefahr des Aussterbens des Mosel-Apollo bestanden, insbesondere weil sich bis 2018 ein derartiges einschneidendes Ereignis wie in 2012 nicht wiederholt hatte, und es hat bis 2018 immer wieder noch die Chance und die Hoffnung bestanden, daß der Mosel-Apollo sich noch einmal auf die langjährige obere Unterstützungslinie der retardierten Populationsstärke von insgesamt ca. 500 – 750 Exemplaren erholen könnte, von welcher er sich erst ab 2015 anhaltend nach unten entfernt hat, wodurch die langjährige obere Unterstützungslinie in eine kurzfristige Widerstandslinie umgewandelt wurde (Mader 2020a, 2021a, 2022).

#### **2.5 Apokalyptischer Populationszusammenbruch des Mosel-Apollo in 2019**

In 2019 hat dann schließlich ein ultimativer und apokalyptischer Populationszusammenbruch des Mosel-Apollo (*Parnassius apollo vinningensis* Stichel 1899; Lepidoptera: Papilionidae) im Moseltal zwischen Winnigen südwestlich Koblenz und Bremm südwestlich Cochem noch wesentlich unter die untere Unterstützungslinie der subresidualen Populationsstärke von insgesamt nur noch ca. 150 – 300 Exemplaren in 2012 stattgefunden, wodurch die letzte Auffangbasis nach unten durchbrochen wurde, ein neues Allzeittief erreicht wurde und ein finaler Absturz eingeleitet wurde, welcher in dem Aussterben des Mosel-Apollo enden kann (Mader 2019a, 2020a, 2021a, 2022; Müller & Hanisch 2020, 2021; Müller & Griebeler 2021). Mit dem ultimativen und apokalyptischen Populationszusammenbruch des Mosel-Apollo in 2019 ist dann schließlich die seit dem drastischen Populationszusammenbruch des Mosel-Apollo in 2012 infolge der extrem langen und harten Dauerfrostperiode in der ersten Februarhälfte 2012 mit zweiwöchigen zweistelligen Minusgraden immer wieder befürchtete Wiederholung eines einschneidenden Ereignisses eingetreten, wodurch sich die Bedingungen für das Überleben des Mosel-Apollo derart extrem verschlechtert haben, daß der Mosel-Apollo an der Grenze zum Aussterben angekommen ist und die konkrete Gefahr des Verschwindens des Mosel-Apollo besteht (Mader 2020a, 2021a, 2022).

Der terminale Populationscrash des Mosel-Apollo in 2019 auf eine residuale, reliktsche oder sogar subextinkte Populationsstärke von insgesamt lediglich ca. 100 – 200 Exemplaren (Mader 2019a, 2020a, 2021a, 2022) hat sich hauptsächlich darin widerspiegelt, daß in 2019 an allen Flugplätzen im Moseltal nur noch einzelne oder wenige Exemplare des Mosel-Apollo herumgeflogen sind, und daß an den besonders stark frequentierten Flugplätzen vor allem am Apolloweg zwischen Valwig und Cochem-Cond sowie am Weinbergsweg zwischen Winnigen und Kobern-Gondorf südwestlich Koblenz, am Ausoniusstein nördlich Löff-Kattenes südlich Lehmen südwestlich Koblenz, am Dortebachtal östlich Klotten nordöstlich Cochem, am Kaderbachtal nördlich Klotten nordöstlich Cochem, und am Weinbergsweg am Calmont zwischen Bremm und Ediger-Eller südwestlich Cochem die zahlreichen Naturfotografen, welche in den Vorjahren sich immer umgehend und planbar an mehreren bis etlichen oder sogar zahlreichen Exemplaren des Mosel-Apollo an den violetten Blüten der Wiesen-Flockenblume (*Centaurea jacea*; Asterales: Asteraceae) und der Skabiosen-Flockenblume (*Centaurea scabiosa*; Asterales: Asteraceae), an den weißen Blüten der Weißen Fetthenne oder des Weißen Mauerpfeffers (*Sedum album*; Saxifragales: Crassulaceae) und (bei spätem Beginn und spätem Ende der Flugzeit des Mosel-Apollo) an den violetten Blüten des Sommerfieders oder Schmetterlingsfieders (*Buddleja davidii*; Lamiales: Scrophulariaceae) sowie auch an den Blüten anderer Blumen (Zusammenstellung der Nektarpflanzen der Imagines des Mosel-Apollo in Mader 2011a) sitzend und saugend; um die Felsen herumsegelnd und herumgleitend, die Böschungen und Hänge herabschwebend und entlangfliegend; auf Blättern, Zweigen, Blüten, Felsen und Steinen rastend und ruhend; und manchmal sogar mit der Paarung und der Eiablage beschäftigt erfreuen konnten und die schönen Schmetterlinge ohne Wartezeit in aller Ruhe beobachten und ablichten konnten, in 2019 oftmals vergeblich auf das Erscheinen des Mosel-Apollo gewartet haben oder nur ein oder wenige Exemplare des Mosel-Apollo nach längerer Wartezeit angetroffen oder im Vorbeiflug gesichtet haben. Etliche Naturfotografen, welche in den Vorjahren nach ihren teilweise längeren Anfahrten an die besonders stark frequentierten Flugplätze im Moseltal immer problemlos und unverzüglich mehrere bis etliche oder sogar zahlreiche Exemplare des Mosel-Apollo gefunden und dokumentiert haben, mußten in 2019 trotz längerer Wartezeit erfolglos die Rückfahrt antreten, ohne auch nur ein einziges Exemplar des Mosel-Apollo gesehen und aufgenommen zu haben.

Der terminale Populationscrash des Mosel-Apollo in 2019 auf eine residuale, reliktsche oder sogar subextinkte Populationsstärke von insgesamt lediglich ca. 100 – 200 Exemplaren hat sich signifikant auch darin widerspiegelt, daß in 2019 an allen Flugplätzen im Moseltal nur noch etwa gleich viele oder sogar noch weniger Exemplare des Mosel-Apollo als Individuen des Segelfalters (*Iphiclides podalirius* Scopoli 1763; Lepidoptera: Papilionidae) herumgeflogen sind, wohingegen in den Vorjahren an allen Flugplätzen im Moseltal stets erheblich mehr Exemplare des Mosel-Apollo als Individuen des Segelfalters herumgeflogen sind. Die Populationsstärke des Mosel-Apollo war an allen Flugplätzen im Moseltal in den Vorjahren immer wesentlich höher als die Populationsstärke des Segelfalters, wohingegen in 2019 die Populationsstärke des Mosel-Apollo an allen Flugplätzen im Moseltal auf die Populationsstärke des Segelfalters zurückgegangen ist oder sogar noch unter die Populationsstärke des Segelfalters gefallen ist.

Aufgrund des apokalyptischen Populationszusammenbruches des Mosel-Apollo in 2019 sind in der residualen, reliktschen oder sogar subextinkten Populationsstärke von insgesamt lediglich ca. 100 – 200 Exemplaren in 2019 nur noch ca. 5 – 10 % der exorbitanten oder stark überdurchschnittlichen Populationsstärke von insgesamt bis zu 2.000 Exemplaren in den spektakulären Massenflügen in den fulminanten Populationsexplosionen in

den vorgenannten früheren Jahren bis 2011, nur noch ca. 5 – 15 % der akzelerierten Populationsstärke von insgesamt ca. 1.000 – 1.500 Exemplaren in den vorgenannten früheren Jahren bis 2011, nur noch ca. 10 – 20 % der intermediären Populationsstärke von insgesamt ca. 750 – 1.000 Exemplaren in den vorgenannten früheren Jahren bis 2011, nur noch ca. 10 – 30 % der retardierten Populationsstärke von insgesamt ca. 500 – 750 Exemplaren in den vorgenannten früheren Jahren bis 2011 sowie in 2013 und 2014, nur noch ca. 15 – 40 % der stark retardierten Populationsstärke von insgesamt ca. 300 – 500 Exemplaren von 2015 bis 2018, und nur noch ca. 25 – 40 % der subresidualen Populationsstärke von insgesamt ca. 150 – 300 Exemplaren nach dem drastischen Populationszusammenbruch in 2012 infolge der extrem langen und harten arktischen Dauerfrostperiode in der ersten Februarhälfte 2012 mit zweiwöchigen zweistelligen Minusgraden übriggeblieben (Mader 2020a, 2021a, 2022).

Der apokalyptische Populationszusammenbruch des Mosel-Apollo in 2019 auf eine residuale, reliktsche oder sogar subextinkte Populationsstärke von insgesamt lediglich ca. 100 – 200 Exemplaren in 2019 hat noch einmal in dramatischer, tragischer und schlimmstenfalls sogar fataler Weise unterstrichen, daß der drastische Populationszusammenbruch des Mosel-Apollo in 2012 infolge der extrem langen und harten Dauerfrostperiode in der ersten Februarhälfte 2012 mit zweiwöchigen zweistelligen Minusgraden unter die langjährige Unterstützungslinie der retardierten Populationsstärke von insgesamt ca. 500 – 750 Exemplaren bis 2011 auf eine subresiduale Populationsstärke von insgesamt nur noch ca. 150 – 300 Exemplaren in 2012 den langfristigen ausgeglichenen und fundamentierten Trend gebrochen hat, wodurch ein historisches Minimum der Populationsstärke erreicht wurde, eine neue untere Unterstützungslinie markiert wurde und eine Abwärtsbewegung unter das langjährige stabile Gleichgewicht eingeleitet wurde, von der sich der Mosel-Apollo nicht mehr nachhaltig und belastbar erholen konnte (Mader 2013a). Der apokalyptische Populationszusammenbruch des Mosel-Apollo in 2019 auf eine residuale, reliktsche oder sogar subextinkte Populationsstärke von insgesamt lediglich ca. 100 – 200 Exemplaren in 2019 hat noch einmal in eklatanter, drakonischer und schlimmstenfalls mortaler Weise bestätigt, daß der drastische Populationszusammenbruch des Mosel-Apollo in 2012 infolge einer extrem langen und harten Dauerfrostperiode in der ersten Februarhälfte mit zweiwöchigen zweistelligen Minusgraden plötzlich und momentan das bis 2011 bestandene langfristig austarierte Gefüge der Populationsstärke des Mosel-Apollo innerhalb der Spanne der vorgenannten Schwankungen zwischen den aufeinanderfolgenden Flugjahren zerbrochen hat, und hat unzweifelhaft und unmißverständlich belegt, daß das scheinbar etablierte und konsolidierte Vorkommen des Mosel-Apollo im Moseltal zwischen Winingen südwestlich Koblenz und Bremm südwestlich Cochem in Wirklichkeit fragil und metastabil ist, so daß es seit dem drastischen Populationszusammenbruch des Mosel-Apollo in 2012 infolge einer extrem langen und harten Dauerfrostperiode in der ersten Februarhälfte mit zweiwöchigen zweistelligen Minusgraden nicht mehr als stationär und ungefährdet eingeschätzt und bewertet werden konnte, sondern als labil und bedroht eingestuft und evaluiert werden mußte sowie im Falle einer Wiederholung eines derartigen einschneidenden Ereignisses, welches dann schließlich mit dem apokalyptischen Populationszusammenbruch des Mosel-Apollo in 2019 eingetreten ist, als akut vom Aussterben gefährdet angesehen werden mußte (Mader 2020a, 2021a, 2022).

Der apokalyptische Populationszusammenbruch des Mosel-Apollo auf eine residuale, reliktsche oder sogar subextinkte Populationsstärke in 2019 ist deshalb die ultimative Konsequenz des drastischen Populationszusammenbruches des Mosel-Apollo auf nur noch eine subresiduale Populationsstärke in 2012 infolge der extrem langen und harten Dauerfrostperiode in der ersten Februarhälfte 2012 mit zweiwöchigen zweistelligen

Minusgraden (Mader 2013a) und verifiziert in dramatischer, tragischer und schlimmstenfalls sogar fataler Weise, daß mit dem drastischen Populationszusammenbruch des Mosel-Apollo in 2012 infolge der extrem langen und harten Dauerfrostperiode in der ersten Februarhälfte 2012 mit zweiwöchigen zweistelligen Minusgraden trotz einer darauffolgenden vorübergehenden Erholung wieder auf eine retardierte Populationsstärke in 2013 und 2014 der irreversible Abwärtstrend begonnen hat, welcher dann über den weiteren schleichenden Populationsrückgang mit progressiver Abwärtstendenz auf eine stark retardierte Populationsstärke von 2015 bis 2018 schließlich in 2019 in dem apokalyptischen Populationszusammenbruch des Mosel-Apollo auf nur noch eine residuale, reliktsche oder sogar subextinkte Populationsstärke kulminiert hat, welcher den Mosel-Apollo auf ein Niveau kurz vor dem Aussterben hat abstürzen lassen (Mader 2020a, 2021a, 2022).

## **2.6 Subextinkte Populationsstagnation des Mosel-Apollo in 2020**

In 2020 hat die Populationsstärke des Mosel-Apollo (*Parnassius apollo vinningensis* Stichel 1899; Lepidoptera: Papilionidae) im Moseltal zwischen Winingen südwestlich Koblenz und Bremm südwestlich Cochem nach dem ultimativen und apokalyptischen Populationszusammenbruch in 2019 sich zwar von dem aktuellen historischen Tief der residualen, reliktschen oder sogar subextinkten Populationsstärke von insgesamt lediglich ca. 100 – 200 Exemplaren in 2019 wieder leicht erholt und hat in 2020 das vorherige Allzeit-tief der subresidualen Populationsstärke von insgesamt lediglich ca. 150 – 300 Exemplaren in 2012 wieder erreicht und möglicherweise stellenweise sogar geringfügig überschritten, hat jedoch in 2020 nicht mehr wieder das Niveau der stark retardierten Populationsstärke von insgesamt nur ca. 300 – 500 Exemplaren in 2015, 2016, 2017 und 2018 erreicht, sondern ist in 2020 an der Grenze zum Aussterben von 2012 und 2019 verharret (Mader 2021a, 2022). Aufgrund der subextinkten Populationsstagnation des Mosel-Apollo in 2020 hat bereits vor dem Einsetzen der arktischen Dauerfrostperiode mit zweistelligen Minusgraden in der ersten Februarhälfte 2021 weiterhin die akute Gefahr des Aussterbens im Falle des erneuten Auftretens eines außergewöhnlichen Ereignisses wie in 2012 und 2019 und einem dadurch verursachten drastischen oder dramatischen Populationszusammenbruch des Mosel-Apollo bestanden (Mader 2020b). Müller & Hanisch (2021) haben ebenfalls darauf hingewiesen, daß aufgrund der Beobachtungen des Mosel-Apollo in 2020 zwar in 2020 im Vergleich mit 2019 (Müller & Hanisch 2020) ein leichter Zuwachs der Abundanzen des Mosel-Apollo vermutet werden kann, aber trotzdem die aktuelle Bestandssituation des Mosel-Apollo aufgrund der Beobachtungen des Mosel-Apollo in 2020 weiterhin als äußerst besorgniserregend angesehen werden muß, weil die Individuenzahlen des Mosel-Apollo sich in 2020 ebenso wie in 2019 auf einem sehr niedrigen Niveau bewegt haben. Ein mittelfristiger Abwärtstrend der Populationsstärke des Mosel-Apollo in den letzten Jahrzehnten wird auch von Müller & Griebeler (2021) beschrieben und graphisch dargestellt.

Nach dem sehr schwachen Flugjahr 2020 hat sich deshalb eine ungünstige populationsdynamische und klimatische Ausgangslage des Mosel-Apollo im Moseltal zwischen Winingen südwestlich Koblenz und Bremm südwestlich Cochem für das Flugjahr 2021 bereits vor dem Einsetzen der arktischen Dauerfrostperiode mit zweistelligen Minusgraden in der ersten Februarhälfte 2021 durch mehrere populationsdynamische und klimatische Faktoren und Ereignisse in 2020 ergeben (Mader 2020b, 2021a). Der Mosel-Apollo fliegt in insgesamt vier im Abstand von jeweils einem Viertel bis einem halben Mondzyklus aufeinanderfolgenden Flugzyklen (Mader 2010b, 2011a, 2012a, 2013a, 2013b, 2014a, 2019a, 2020a, 2022). Die ersten beiden von insgesamt vier im Abstand von jeweils einem Viertel bis einem halben Mondzyklus aufeinanderfolgenden Flugzyklen in 2020 haben vor und während der zusammenhängenden Schlechtwetterperiode des ersten Vorläufers der

Schafskälte vom 03.06.2020 nachmittags bis 11.06.2020 nachmittags und der Hauptphase der Schafskälte vom 14.06.2020 vormittags bis 17.06.2020 nachmittags stattgefunden, wohingegen die letzten beiden von insgesamt vier im Abstand von jeweils einem Viertel bis einem halben Mondzyklus aufeinanderfolgenden Flugzyklen in 2020 sich nach der zusammenhängenden Schlechtwetterperiode des ersten Vorläufers der Schafskälte vom 03.06.2020 nachmittags bis 11.06.2020 nachmittags und der Hauptphase der Schafskälte vom 14.06.2020 vormittags bis 17.06.2020 nachmittags ereignet haben.

Die geringfügige Steigerung der Populationsstärke des Mosel-Apollo in 2020 gegenüber 2019 von dem aktuellen Allzeittief der nur noch residualen, reliktschen oder sogar subextinkten Populationsstärke von insgesamt lediglich ca. 100 – 200 Exemplaren in 2019 wieder auf das vorherige Allzeittief der nur noch subresidualen Populationsstärke von insgesamt lediglich ca. 150 – 300 Exemplaren in 2012 konnte in 2020 jedoch nur in den ersten beiden von insgesamt vier im Abstand von jeweils einem Viertel bis einem halben Mondzyklus aufeinanderfolgenden Flugzyklen an der Flugplatzstrecke am Weinbergsweg zwischen Kobern und Winnigen südwestlich Koblenz und teilweise auch an der Flugplatzstrecke am Apolloweg zwischen Valwig und Cochem-Cond festgestellt werden, wohingegen in den letzten beiden von insgesamt vier im Abstand von jeweils einem Viertel bis einem halben Mondzyklus aufeinanderfolgenden Flugzyklen weder an der Flugplatzstrecke am Weinbergsweg zwischen Kobern und Winnigen südwestlich Koblenz noch an der Flugplatzstrecke am Apolloweg zwischen Valwig und Cochem-Cond eine Verbesserung der Populationsstärke des Mosel-Apollo in 2020 gegenüber 2019 konstatiert werden konnte, sondern in 2020 von einer Stagnation auf dem niedrigem Niveau an der Grenze zum Aussterben von 2019 ausgegangen werden muß (Mader 2020b, 2021a, 2022).

Für das Flugjahr 2021 hat sich deshalb schon am Ende des Flugjahres 2020 erneut die akute Gefahr des Aussterbens des Mosel-Apollo in 2021 dergestalt abgezeichnet, daß über eine Wiederholung einer außergewöhnlich langen und harten Dauerfrostperiode mit zweistelligen Minusgraden wie in der ersten Februarhälfte 2012 gegenüber den anderen Jahren in den letzten 12 Jahren hinaus auch eine Wiederholung einer außergewöhnlich späten Dauerfrostphase wie zwischen Mitte Februar und Ende März 2018 gegenüber den anderen Jahren in den letzten 12 Jahren, einer außergewöhnlich hohen Anzahl von Dauerfrosttagen insgesamt wie in den Wintern 2016/2017 und 2018/2019 gegenüber den anderen Jahren in den letzten 12 Jahren; einer außergewöhnlichen Häufung später Frostnächte wie in der zweiten Märzhälfte und der ersten Aprilhälfte 2019 und 2020, in der zweiten Aprilhälfte 2015, 2016 und 2017, und in der ersten Maihälfte 2019 und 2020 gegenüber den anderen Jahren in den letzten 12 Jahren; einer außergewöhnlich hohen Anzahl von Frostnächten insgesamt wie in den Wintern 2016/2017 und 2019/2020 gegenüber den anderen Jahren in den letzten 12 Jahren, einer außergewöhnlichen Häufung später Kältenächte wie in der zweiten Märzhälfte und in der ersten Aprilhälfte 2019 und 2020 gegenüber den anderen Jahren in den letzten 12 Jahren, und einer überdurchschnittlichen Häufung später Kältenächte wie in der zweiten Aprilhälfte und in der ersten Maihälfte 2019 und 2020 gegenüber den anderen Jahren in den letzten 12 Jahren in dem Winter 2020/2021 und dem Frühling 2021; sowie eine Wiederholung einer außergewöhnlichen Häufung von Hitzetagen und Tropennächten wie in den heißen Sommern 2015 und 2018 gegenüber den anderen Jahren in den letzten 12 Jahren, einer außergewöhnlichen Häufung von Superhitzetagen und Ultrahitzetagen wie in dem heißen Sommer 2015 gegenüber den anderen Jahren in den letzten 12 Jahren, und einer überdurchschnittlichen Häufung von Hitzetagen, Superhitzetagen, Ultrahitzetagen und Tropennächten wie in dem heißen Sommer 2019 mit einer Serie von immer neuen Allzeit-Hitzerekorden gegenüber den anderen Jahren in den letzten 12 Jahren in dem Sommer 2020 das Verschwin-

den des Mosel-Apollo in 2021 besiegeln könnte (Mader 2020a, 2021a, 2022). In 2021 hat nicht nur erneut eine arktische Dauerfrostperiode mit zweistelligen Minusgraden im Februar stattgefunden, sondern es waren auch der April so kalt wie seit über 40 Jahren nicht mehr und der Mai so kalt wie seit über 30 Jahren nicht mehr.

## **2.7 Prolongation der subextinkten Populationsstagnation und Apokalypse des Mosel-Apollo in 2021**

Als Konsequenz der Wiederholung der arktischen Dauerfrostperiode mit zweistelligen Minusgraden in 2021 in nahezu identischer Weise wie in 2012 und als Folge des gegenüber den anderen Jahren außergewöhnlich ungünstigen Triples von extremen Wetterkonfigurationen mit negativem Einfluß auf die Entwicklung der Insekten in 2021 mit der Serie von der arktischen Dauerfrostperiode mit zweistelligen Minusgraden im Februar als Fundament, dem seit über 40 Jahren nicht mehr so kalten April als Fortgang, und dem seit über 30 Jahren nicht mehr so kalten Mai als Terminalstufe hat der Mosel-Apollo (*Parnassius apollo vinningensis* Stichel 1899; Lepidoptera: Papilionidae) im Moseltal zwischen Winnigen südwestlich Koblenz und Bremm südwestlich Cochem in 2021 einen erneuten dramatischen Populationsabsturz erlitten und ist nach der vorübergehenden Erholung in 2020 auf das vorherige Allzeittief der nur noch subresidualen Populationsstärke von insgesamt lediglich ca. 150 – 300 Exemplaren in 2012 dann in 2021 wieder auf das aktuelle Allzeittief einer nur noch residualen, reliktschen oder sogar subextinkten Populationsstärke von insgesamt lediglich ca. 100 – 200 Exemplaren in 2019 zurückgefallen, was eine Prolongation der subextinkten Populationsstagnation und der Apokalypse des Mosel-Apollo (Mader 2020a, 2021a) von 2019 und 2020 in 2021 hervorgerufen hat, so daß eine nochmalige Wiederholung einer arktischen Dauerfrostperiode mit zweistelligen Minusgraden in 2022 oder folgenden Jahren in analoger Weise wie in 2012 und 2021 und/oder eines erneuten gegenüber den anderen Jahren außergewöhnlich ungünstigen Terzetts von extremen Wetterkonstellationen mit negativem Einfluß auf die Entwicklung der Insekten mit einer Abfolge von einer arktischen Dauerfrostperiode mit zweistelligen Minusgraden im Februar als Sockel, einem seit über 40 Jahren nicht mehr so kalten April als Progression, und einem seit über 30 Jahren nicht mehr so kalten Mai als Krönung in 2022 oder folgenden Jahren in analoger Weise wie in 2021 das Überschreiten der Grenze zum Aussterben verursachen kann und das Erlöschen des Mosel-Apollo bewirken kann (Mader 2020b, 2021a, 2022).

Deshalb droht im Falle einer nochmaligen Wiederholung einer arktischen Dauerfrostperiode mit zweistelligen Minusgraden in 2022 oder folgenden Jahren in analoger Weise wie in 2012 und 2021 und/oder eines erneuten gegenüber den anderen Jahren außergewöhnlich ungünstigen Trios von extremen Wetterkonfigurationen mit negativem Einfluß auf die Entwicklung der Insekten mit einer Sukzession von einer arktischen Dauerfrostperiode mit zweistelligen Minusgraden im Februar als Grundlage, einem seit über 40 Jahren nicht mehr so kalten April als Aufbaustufe, und einem seit über 30 Jahren nicht mehr so kalten Mai als Abschluß in 2022 oder folgenden Jahren in analoger Weise wie in 2021 ein sukzessiver Populationskollaps des Mosel-Apollo auf eine präextinkte Populationsmarginalie von insgesamt lediglich ca. 50 – 100 Exemplaren in 2022 oder folgenden Jahren oder sogar das Finale der Apokalypse und die Extinktion des Mosel-Apollo in 2022 oder folgenden Jahren. In 2022 oder folgenden Jahren geht es deshalb weiterhin für den Mosel-Apollo um Alles oder Nichts und Sein oder Nichtsein, und es wird eine ultimative und irreversible Entscheidung über Persistenz oder Extinktion des endemischen und reliktschen Vorkommens des Mosel-Apollo im Moseltal fallen, welches zu den wenigen letzten noch vorhandenen Flugprovinzen des Apollofalters (*Parnassius apollo* Linnaeus 1758; Lepidoptera: Papilionidae) in Deutschland und umgebenden Ländern in Europa gehört

(Mader 2021a). Es ist deshalb nach wie vor die Frage: Quo Vadis, Mosel-Apollo?, welche jetzt aufgrund des erneuten drastischen Populationszusammenbruches des Mosel-Apollo im Moseltal in 2021 als Folge der gegenüber den anderen Jahren außergewöhnlich ungünstigen Troika von extremen Wetterkonstellationen mit negativem Einfluß auf die Entwicklung der Insekten in 2021 mit der Reihe von der arktischen Dauerfrostperiode mit zweistelligen Minusgraden im Februar als Initialstufe, dem seit über 40 Jahren nicht mehr so kalten April als Steigerung, und dem seit über 30 Jahren nicht mehr so kalten Mai als Kulmination und dem dadurch verursachten Rückfall der Populationsstärke des Mosel-Apollo auf das aktuelle Allzeittief von 2019 in 2021, wodurch die vorübergehende geringfügige Erholung der Populationsstärke des Mosel-Apollo wieder auf das vorherige Allzeittief von 2012 in 2020 revidiert und eliminiert wurde, zunächst zumindest an einigen Flugplätzen und schlimmstenfalls früher oder später auch im gesamten Moseltal zwischen Winningen südwestlich Koblenz und Bremm südwestlich Cochem wie folgt präzisiert werden kann: Stagnation, Comeback oder Requiem, Mosel-Apollo?

Die Seltenheit oder das Fehlen von Exemplaren des Mosel-Apollo an allen Flugplatzstrecken im Moseltal zwischen Winningen südwestlich Koblenz und Bremm südwestlich Cochem in 2021 als Folge des gegenüber den anderen Jahren außergewöhnlich ungünstigen Triples von extremen Wetterkonfigurationen mit negativem Einfluß auf die Entwicklung der Insekten in 2021 mit der Serie von der arktischen Dauerfrostperiode mit zweistelligen Minusgraden im Februar als Fundament, dem seit über 40 Jahren nicht mehr so kalten April als Fortgang, und dem seit über 30 Jahren nicht mehr so kalten Mai als Terminalstufe hatte sich an der Flugplatzstrecke am Weinbergsweg zwischen Winningen und Kobern-Gondorf südwestlich Koblenz, welche von dem Winninger Hamm westlich Winningen und südöstlich der Autobahnbrücke über die Blumslay nordwestlich Winningen und nordwestlich der Autobahnbrücke, den Winninger Uhlen nordwestlich Winningen und nordwestlich der Autobahnbrücke, das Belltal zwischen Winningen und Kobern, und den Fahrberg nordöstlich Kobern bis zu dem Rosenberg nördlich Kobern verläuft, bereits vor dem Beginn der Flugzeit des Mosel-Apollo in 2021 dadurch abgezeichnet, daß die lokalen Biotopbetreuer an der vorgenannten Flugplatzstrecke in 50 Stunden Suche nach Raupen des Mosel-Apollo an den Vorkommen der Weißen Fetthenne oder des Weißen Mauerpfeffers (*Sedum album*; Saxifragales: Crassulaceae) an den Felsen und Weinbergsmauern nur eine einzige Raupe des Mosel-Apollo gefunden haben (SWR 2021), und hatte sich an der vorgenannten Flugplatzstrecke dann während der Flugzeit des Mosel-Apollo in 2021 darin widerspiegelt, daß die lokalen Biotopbetreuer an der vorgenannten Flugplatzstrecke die Sichtung eines fliegenden oder sitzenden Exemplares des Mosel-Apollo als einen vergleichbaren Glücksfall wie einen Sechser im Lotto bezeichnet haben (SWR 2021).

In analoger Weise wie der terminale Populationscrash des Mosel-Apollo im Moseltal zwischen Winningen südwestlich Koblenz und Bremm südwestlich Cochem in 2019 auf eine residuale, reliktsche oder sogar subextinkte Populationsstärke von insgesamt lediglich ca. 100 – 200 Exemplaren (Mader 2019a, 2020a, 2021a, 2022) hat sich auch der erneute finale Populationskollaps des Mosel-Apollo in 2021 auf eine ebenfalls residuale, reliktsche oder sogar subextinkte Populationsstärke von insgesamt lediglich ca. 100 – 200 Exemplaren nach der vorübergehenden geringfügigen Erholung auf eine subresiduale Populationsstärke von insgesamt lediglich ca. 150 – 300 Exemplaren in 2020 (Mader 2020b, 2021a) hauptsächlich darin widerspiegelt, daß sowohl in 2019 als auch in 2021 an allen Flugplätzen im Moseltal nur noch einzelne oder wenige Exemplare des Mosel-Apollo herumgeflogen sind, und daß an den besonders stark frequentierten Flugplätzen vor allem am Apolloweg zwischen Valwig und Cochem-Cond sowie am Weinbergsweg zwischen Winningen und Kobern-Gondorf südwestlich Koblenz, am Ausoniusstein nördlich Löf-Kat-

tenes südlich Lehmen südwestlich Koblenz, am Dortebachtal östlich Klotten nordöstlich Cochem, am Kaderbachtal nördlich Klotten nordöstlich Cochem, und am Weinbergsweg am Calmont zwischen Bremm und Ediger-Eller südwestlich Cochem die zahlreichen Naturfotografen, welche in den Vorjahren sich immer umgehend und planbar an mehreren bis etlichen oder sogar zahlreichen Exemplaren des Mosel-Apollo an den violetten Blüten der Wiesen-Flockenblume (*Centaurea jacea*; Asterales: Asteraceae) und der Skabiosen-Flockenblume (*Centaurea scabiosa*; Asterales: Asteraceae), an den weißen Blüten der Weißen Fetthenne oder des Weißen Mauerpfeffers (*Sedum album*; Saxifragales: Crassulaceae) und (bei spätem Beginn und spätem Ende der Flugzeit des Mosel-Apollo) an den violetten Blüten des Sommerflieders oder Schmetterlingsflieders (*Buddleja davidii*; Lamiales: Scrophulariaceae) sowie auch an den Blüten anderer Blumen (Zusammenstellung der Nektarpflanzen der Imagines des Mosel-Apollo in Mader 2011a) sitzend und saugend; um die Felsen herumsegelnd und herumgleitend, die Böschungen und Hänge herabschwebend und entlangfliegend; auf Blättern, Zweigen, Blüten, Felsen und Steinen rastend und ruhend; und manchmal sogar mit der Paarung und der Eiablage beschäftigt erfreuen konnten und die schönen Schmetterlinge ohne Wartezeit in aller Ruhe beobachten und ablichten konnten, sowohl in 2019 als auch in 2021 oftmals vergeblich auf das Erscheinen des Mosel-Apollo gewartet haben oder nur ein oder wenige Exemplare des Mosel-Apollo nach längerer Wartezeit angetroffen oder im Vorbeiflug gesichtet haben. Etliche Naturfotografen, welche in den Vorjahren nach ihren teilweise längeren Anfahrten an die besonders stark frequentierten Flugplätze im Moseltal immer problemlos und unverzüglich mehrere bis etliche oder sogar zahlreiche Exemplare des Mosel-Apollo gefunden und dokumentiert haben, mußten sowohl in 2019 als auch in 2021 trotz längerer Wartezeit erfolglos die Rückfahrt antreten, ohne auch nur ein einziges Exemplar des Mosel-Apollo gesehen und aufgenommen zu haben.

An den umfangreichen Beständen der Wiesen-Flockenblume und der Skabiosen-Flockenblume an den Rändern der Wege in mehreren Bereichen der Flugplatzstrecken am Apolloweg zwischen Valwig und Cochem-Cond, am Ausoniusstein nördlich Löf-Kattenes südlich Lehmen südwestlich Koblenz, am Dortebachtal östlich Klotten nordöstlich Cochem und an der Würzlay südlich Lehmen südwestlich Koblenz haben sowohl ich als auch zahlreiche Naturfotografen in 2021 kein einziges Exemplar des Mosel-Apollo sitzend und saugend angetroffen, und die ausgedehnten Bestände der Wiesen-Flockenblume und der Skabiosen-Flockenblume, welche in voller Blüte stehend wie eine lange Theke in einer Bar oder an einem Buffet auf die Individuen des Mosel-Apollo als Gäste zum Nektartrinken gewartet haben, sind am Ende wieder verblüht, ohne daß in den meisten Bereichen auch nur ein einziges Exemplar des Mosel-Apollo an den Tankstellen der geöffneten Blüten der Wiesen-Flockenblume und der Skabiosen-Flockenblume erschienen ist und lediglich an manchen Stellen nur gelegentlich und zufällig ein Exemplar des Mosel-Apollo an den Zapfstellen der geöffneten Blüten der Wiesen-Flockenblume und der Skabiosen-Flockenblume aufgetaucht ist. Am Hahnenberg in der Mitte der Flugplatzstrecke am Apolloweg zwischen Valwig und Cochem-Cond, wo sich in den Vorjahren (mit Ausnahme von 2019) während der Flugzeit des Mosel-Apollo und der Blütezeit der Wiesen-Flockenblume und der Skabiosen-Flockenblume immer etliche bis zahlreiche Naturfotografen versammelt haben und stets ein oder mehrere Exemplare des Mosel-Apollo an den Blüten der Wiesen-Flockenblume und der Skabiosen-Flockenblume sitzend und saugend ohne Wartezeit in aller Ruhe beobachten und ablichten konnten, haben in 2021 nur wenige Naturfotografen gelegentlich einzelne Individuen des Mosel-Apollo im Vorbeiflug gesichtet, welche sich nicht auf den geöffneten Blüten der Wiesen-Flockenblume und der Skabiosen-Flockenblume niedergelassen haben, sondern ihren Suchflug nach Partnern zur Paarung ohne Rast und Pause auf den geöffneten Blüten der Wiesen-Flockenblume und der Skabiosen-Flocken-

blume fortgesetzt haben, und weil es sich unter den Naturfotografen rasch herumgesprochen und herumgeschrieben hat, daß sich an den Blüten der Wiesen-Flockenblume und der Skabiosen-Flockenblume keine Exemplare des Mosel-Apollo einfänden, haben oftmals dort erst gar keine Naturfotografen auf ein mögliches Erscheinen von Individuen des Mosel-Apollo gewartet.

Es war im Vergleich zu den Vorjahren (mit Ausnahme von 2019) in 2021 ein gespenstisches, geisterhaftes, makabres und funerales Bild, daß bei meinen häufigen Begehungen der Flugplatzstrecke am Apolloweg zwischen Valwig und Cochem-Cond am Hahnenberg in der Mitte des Profils an den in voller Blüte stehenden umfangreichen Beständen der Wiesen-Flockenblume und der Skabiosen-Flockenblume immer kein einziges Exemplar des Mosel-Apollo gesessen ist, häufig kein einziger Naturfotograf auf ein potentielles Auftauchen von Individuen des Mosel-Apollo gewartet hat, wiederholt frustrierte Naturfotografen stundenlang vergeblich auf eine Begegnung mit einem Exemplar des Mosel-Apollo gehofft haben, die Tankstellen der geöffneten Blüten der Wiesen-Flockenblume und der Skabiosen-Flockenblume stets leer geblieben sind, und schließlich die permanent verwaisten Blüten der Wiesen-Flockenblume und der Skabiosen-Flockenblume, welche in voller Blüte stehend wie eine lange Theke in einer Bar oder an einem Buffet auf die Individuen des Mosel-Apollo als Gäste zum Nektartrinken gewartet haben, wieder verblüht sind, ohne daß sie auch nur von einem einzigen Exemplar des Mosel-Apollo zum Auftanken und zur Auffüllung der Reserven besucht worden sind, so daß ich mich jedesmal an den verwaisten und leeren Beständen der Wiesen-Flockenblume und der Skabiosen-Flockenblume in erschütterter Wehmut, überwältigender Sehnsucht, tiefer Bewegttheit und ehrendem Gedenken an die früheren Jahre erinnert habe, in denen während der Flugzeit immer ein oder mehrere Exemplare des Mosel-Apollo auf den geöffneten Blüten der Wiesen-Flockenblume und der Skabiosen-Flockenblume zum Nektartrinken gesessen sind oder aus der näheren Umgebung zu den geöffneten Blüten der Wiesen-Flockenblume und der Skabiosen-Flockenblume herangeflattert, herangesegelt, herangeschwebt oder herangeglitten sind.

## **2.8 Prolongation der Apokalypse des Mosel-Apollo am Limit der Extinction: Stagnation, Comeback oder Requiem in 2022 oder folgenden Jahren?**

Im Falle einer erneuten negativen populationsdynamischen und klimatischen Ausgangslage aufgrund einer nochmaligen gegenüber den anderen Jahren außergewöhnlich ungünstigen Triade von extremen Wetterkonfigurationen mit negativem Einfluß auf die Entwicklung der Insekten mit einer Sequenz von einer arktischen Dauerfrostperiode mit zweistelligen Minusgraden im Februar als Basis, einem seit über 40 Jahren nicht mehr so kalten April als Supplement, und einem seit über 30 Jahren nicht mehr so kalten Mai als Finale in 2022 oder folgenden Jahren in analoger Weise wie in 2021 ist dann in 2022 oder folgenden Jahren bestenfalls mit einer weiteren Stagnation der Populationsstärke des Mosel-Apollo (*Parnassius apollo vinningensis* Stichel 1899; Lepidoptera: Papilionidae) im Moseltal zwischen Winingen südwestlich Koblenz und Bremm südwestlich Cochem auf dem aktuellen Allzeittief der nur noch residualen, reliktschen oder sogar subextinkten Populationsstärke von insgesamt lediglich ca. 100 – 200 Exemplaren in 2019 und 2021 zu rechnen, wodurch die geringfügige Erholung in 2020 auf das vorherige Allzeittief der nur noch subresidualen Populationsstärke von insgesamt lediglich ca. 150 – 300 Exemplaren in 2012 nach 2021 auch in 2022 oder folgenden Jahren kompensiert und revidiert wäre sowie eine Prolongation der subextinkten Populationsstagnation und der Apokalypse des Mosel-Apollo von 2019, 2020 und 2021 auch in 2022 oder folgenden Jahren stattfinden würde, wohingegen schlimmstenfalls der Mosel-Apollo in 2022 oder folgenden Jahren

entweder nur noch in einer terminalen präextinkten Populationsstärke von insgesamt lediglich ca. 50 – 100 Exemplaren erscheinen würde, welche möglicherweise zumindest an einigen Flugplätzen nicht mehr mit einer verkraftbaren und tolerierbaren Verlustrate fortpflanzungsfähig sein könnte, und wodurch ein neues historisches Minimum markiert werden würde und damit ein sukzessiver Populationskollaps auf eine präextinkte Populationsmarginalie erfolgen würde, oder zumindest an einigen Flugplätzen oder sogar überhaupt im Moseltal zwischen Winnigen südwestlich Koblenz und Bremm südwestlich Cochem gar nicht mehr erscheinen würde, womit das Vorkommen erlöschen würde und der Mosel-Apollo aus dem Faunenbild verschwinden würde, was das Finale der Apokalypse und die Extinktion bedeuten würde (Mader 2021a, 2022). Es ist deshalb nach wie vor die Frage: Quo Vadis, Mosel-Apollo?, welche jetzt aufgrund des erneuten drastischen Populationszusammenbruches des Mosel-Apollo im Moseltal in 2021 als Folge des gegenüber den anderen Jahren außergewöhnlich ungünstigen Terzetts von extremen Wetterkonstellationen mit negativem Einfluß auf die Entwicklung der Insekten in 2021 mit einer Abfolge von einer arktischen Dauerfrostperiode mit zweistelligen Minusgraden im Februar als Sockel, einem seit über 40 Jahren nicht mehr so kalten April als Progression, und einem seit über 30 Jahren nicht mehr so kalten Mai als Krönung und dem dadurch verursachten Rückfall der Populationsstärke des Mosel-Apollo auf das aktuelle Allzeittief von 2019 in 2021, wodurch die vorübergehende geringfügige Erholung der Populationsstärke des Mosel-Apollo wieder auf das vorherige Allzeittief von 2012 in 2020 revidiert und eliminiert wurde, zunächst zumindest an einigen Flugplätzen und schlimmstenfalls früher oder später auch im gesamten Moseltal zwischen Winnigen südwestlich Koblenz und Bremm südwestlich Cochem wie folgt präzisiert werden kann: Stagnation, Comeback oder Requiem, Mosel-Apollo?

Weil der Mosel-Apollo die erneute arktische Dauerfrostperiode mit zweistelligen Minusgraden in 2021 und das gegenüber den anderen Jahren außergewöhnlich ungünstige Triple von extremen Wetterkonfigurationen mit negativem Einfluß auf die Entwicklung der Insekten in 2021 mit der Serie von der arktischen Dauerfrostperiode mit zweistelligen Minusgraden im Februar als Fundament, dem seit über 40 Jahren nicht mehr so kalten April als Fortgang, und dem seit über 30 Jahren nicht mehr so kalten Mai als Terminalstufe überlebt hat und glücklicherweise entgegen den schlimmsten Befürchtungen nicht lediglich in einer nur noch terminalen präextinkten Populationsstärke von insgesamt lediglich ca. 50 – 100 Exemplaren als Konsequenz eines sukzessiven Populationskollapses auf eine präextinkte Populationsmarginalie noch einmal erschienen ist und damit erfreulicherweise entgegen dem pessimistischen Szenario kein neues Allzeittief markiert hat, sondern entsprechend der günstigsten Erwartungen in einer nur noch residualen, reliktschen oder sogar subextinkten Populationsstärke von insgesamt lediglich ca. 100 – 200 Exemplaren wie in 2019 und dadurch in einer Prolongation der subextinkten Populationsstagnation und der Apokalypse von 2019 und 2020 in 2021 noch einmal aufgetreten ist und damit entsprechend dem optimistischen Szenario in 2021 von dem aktuellen Allzeittief in 2019 aufgefangen wurde und nicht noch weiter abgestürzt ist und dadurch sich noch einmal vor dem Aussterben gerettet hat, hat der Mosel-Apollo zwar in 2021 einen ultimativen Härtetest oder Streßtest bestanden und eine apokalyptische Herausforderung und Grenzsituation gemeistert und konnte damit seine subextinkte Präsenz geringfügig stabilisieren und unter der Voraussetzung des Ausbleibens weiterer signifikanter negativer externer Ereignisse in stagnierender minimaler Populationsstärke mit jährlichen geringfügigen Fluktuationen nach oben und nach unten bestenfalls zwischen dem aktuellen Allzeittief der nur noch residualen, reliktschen oder sogar subextinkten Populationsstärke von insgesamt lediglich ca. 100 – 200 Exemplaren in 2019 und 2021 und dem vorherigen Allzeittief der nur noch subresidualen Populationsstärke von insgesamt lediglich ca. 150 –

300 Exemplaren in 2012 und 2020 oder schlimmstenfalls zwischen dem aktuellen Allzeittief der nur noch residualen, reliktschen oder sogar subextinkten Populationsstärke von insgesamt lediglich ca. 100 – 200 Exemplaren in 2019 und 2021 und einem möglichen neuen Allzeittief einer nur noch terminalen präextinkten Populationsstärke von insgesamt lediglich ca. 50 – 100 Exemplaren in 2022 oder folgenden Jahren sogar zementieren und fundamentieren, jedoch könnte dann eine erneute Wiederholung einer arktischen Dauerfrostperiode mit zweistelligen Minusgraden in 2022 oder folgenden Jahren in analoger Weise wie in 2012 und 2021 und/oder einer erneuten gegenüber den anderen Jahren außergewöhnlich ungünstigen Troika von extremen Wetterkonstellationen mit negativem Einfluß auf die Entwicklung der Insekten mit einer Reihe von einer arktischen Dauerfrostperiode mit zweistelligen Minusgraden im Februar als Initialstufe, einem seit über 40 Jahren nicht mehr so kalten April als Steigerung, und einem seit über 30 Jahren nicht mehr so kalten Mai als Kulmination in 2022 oder folgenden Jahren in analoger Weise wie in 2021 definitiv das Ende des Mosel-Apollo in 2022 oder folgenden Jahren verursachen, so daß das Finale der Apokalypse und die Extinktion des Mosel-Apollo nur eine Frage der Zeit wäre und die Konsequenz daraus nicht wäre ob, sondern lediglich wann der Mosel-Apollo aussterben würde (Mader 2021a). Es ist deshalb nach wie vor die Frage: Quo Vadis, Mosel-Apollo?, welche jetzt aufgrund des erneuten drastischen Populationszusammenbruches des Mosel-Apollo im Moseltal in 2021 als Folge des gegenüber den anderen Jahren außergewöhnlich ungünstigen Trios von extremen Wetterkonfigurationen mit negativem Einfluß auf die Entwicklung der Insekten in 2021 mit einer Sukzession von einer arktischen Dauerfrostperiode mit zweistelligen Minusgraden im Februar als Grundlage, einem seit über 40 Jahren nicht mehr so kalten April als Aufbaustufe, und einem seit über 30 Jahren nicht mehr so kalten Mai als Abschluß und dem dadurch verursachten Rückfall der Populationsstärke des Mosel-Apollo auf das aktuelle Allzeittief von 2019 in 2021, wodurch die vorübergehende geringfügige Erholung der Populationsstärke des Mosel-Apollo wieder auf das vorherige Allzeittief von 2012 in 2020 revidiert und eliminiert wurde, zunächst zumindest an einigen Flugplätzen und schlimmstenfalls früher oder später auch im gesamten Moseltal zwischen Winingen südwestlich Koblenz und Bremm südwestlich Cochem wie folgt präzisiert werden kann: Stagnation, Comeback oder Requiem, Mosel-Apollo?

### **3 Kryozyklische und thermozyklische Evolution des Klimas in Deutschland im zentralen Mitteleuropa in den letzten 200 Jahren**

Die kryozyklische und thermozyklische Evolution des Klimas in Deutschland im zentralen Mitteleuropa in den letzten 200 Jahren, welche von einem primär natürlich induzierten und sekundär anthropogen akzelerierten Klimawandel geprägt wird (Mader 2020a), spiegelt sich in der langfristigen Entwicklung der jährlichen Anzahlen der Frostnächte (Minimum ab 0 °C) (Mader 2021a), der Superfrostnächte (Minimum ab - 5 °C), der Ultrafrostnächte (Minimum ab - 10 °C), der Dauerfrosttage (Maximum bis 0 °C) und der Kältenächte (Minimum bis 5 °C) von 1824/1825 bis 2020/2021; in der langfristigen Entwicklung der jährlichen Anzahlen der Hitzetage (Maximum ab 30 °C) (Mader 2021a), der Sommertage (Maximum ab 25 °C), der Sommernächte (Minimum ab 15 °C), der Übergangstage (Maximum 15 – 24 °C), der Übergangsnächte (Minimum 6 – 14 °C), der Wärmetage (Maximum ab 20 °C) und der Wärmenächte (Minimum ab 10 °C) von 1824 bis 2021; in der langfristigen Entwicklung der jährlichen Anzahlen der Kältetage (Maximum bis 5 °C) und der Kühletage (Maximum 6 – 14 °C) von 1824/1825 bis 2020/2021; und in der langfristigen Entwicklung der jährlichen Anzahlen der Superhitzetage (Maximum ab 32 °C), der Ultrahitzetage (Maximum ab 35 °C) und der Tropennächte (Minimum ab 20 °C) von 1824 bis 2021 wider.

Die Korrelation des langfristigen Verlaufs der jährlichen Populationsstärke des Mosel-Apollo (*Parnassius apollo vinningensis* Stichel 1899; Lepidoptera: Papilionidae) im Moseltal zwischen Winnigen südwestlich Koblenz und Bremm südwestlich Cochem ab 1895 mit dem langfristigen Verlauf der jährlichen Anzahlen der Frostnächte (Mader 2021a), der Superfrostnächte, der Ultrafrostnächte, der Dauerfrosttage und der Kältenächte ab 1824/1825; mit dem langfristigen Verlauf der jährlichen Anzahlen der Hitzetage (Mader 2021a), der Sommertage, der Sommernächte, der Übergangstage, der Übergangsnächte, der Wärmetage und der Wärmenächte ab 1824; mit dem langfristigen Verlauf der jährlichen Anzahlen der Kältetage und der Kühletage ab 1824/1825; und mit dem langfristigen Verlauf der jährlichen Anzahlen der Superhitzetage, der Ultrahitzetage und der Tropennächte ab 1824 ergibt, daß die Inversion der Populationsstärke des Mosel-Apollo von dem langfristigen Seitwärtstrend von 1895 bis 2011 in den mittelfristigen Abwärtstrend ab 2012 und die drastischen Populationszusammenbrüche des Mosel-Apollo in 2012 und 2019 in dem mittelfristigen Aufwärtstrend der jährlichen Anzahlen der Frostnächte, der Superfrostnächte, der Ultrafrostnächte, der Dauerfrosttage und der Kältenächte ab 2001/2002 und in dem Abschnitt der außergewöhnlich hohen jährlichen Anzahlen von Frostnächten mit 75 und mehr Frostnächten während des ganzen Intervalls von Herbst, Winter und Frühling von 2005/2006 bis 2019/2020 im Oberrheingraben und im Moseltal sowie in dem langfristigen Aufwärtstrend der jährlichen Anzahlen der Hitzetage, der Sommertage, der Sommernächte, der Übergangstage, der Übergangsnächte, der Wärmetage und der Wärmenächte ab 1925 und in dem herausragenden Abschnitt der außergewöhnlich hohen jährlichen Anzahlen von Hitzetagen mit 25 und mehr Hitzetagen, Sommertagen mit 70 und mehr Sommertagen, Sommernächten mit 30 und mehr Sommernächten, Wärmetagen mit 125 und mehr Wärmetagen und Wärmenächten mit 120 und mehr Wärmenächten sowie Superhitzetagen mit 10 und mehr Superhitzetagen, Ultrahitzetagen mit 3 und mehr Ultrahitzetagen und Tropennächten mit 5 und mehr Tropennächten während des ganzen Jahres von 1991 bis 2019 im Oberrheingraben und im Moseltal stattgefunden haben (Mader 2021a, 2022).

Die Korrelation des langfristigen Verlaufs der jährlichen Populationsstärke des Mosel-Apollo (*Parnassius apollo vinningensis* Stichel 1899; Lepidoptera: Papilionidae) im Moseltal zwischen Winnigen südwestlich Koblenz und Bremm südwestlich Cochem ab 1895 mit dem langfristigen Verlauf der jährlichen Anzahlen der Kältetage und der Kühletage ab 1824/1825 sowie mit dem langfristigen Verlauf der jährlichen Anzahlen der Superhitzetage, der Ultrahitzetage und der Tropennächte ab 1824 ergibt, daß die Inversion der Populationsstärke des Mosel-Apollo von dem langfristigen Seitwärtstrend von 1895 bis 2011 in den mittelfristigen Abwärtstrend ab 2012 und die drastischen Populationszusammenbrüche des Mosel-Apollo in 2012 und 2019 in dem langfristigen Abwärtstrend der jährlichen Anzahlen der Kältetage und der Kühletage während des ganzen Intervalls von Herbst, Winter und Frühling von 1824/1825 bis mindestens 2020/2021 sowie in dem langfristigen Aufwärtstrend der jährlichen Anzahlen der Superhitzetage, der Ultrahitzetage und der Tropennächte während des ganzen Jahres von 1824 bis mindestens 2021 stattgefunden haben.

Ein langfristiger Abwärtstrend der jährlichen Anzahlen der Frostnächte (Minimum ab 0 °C) und der Dauerfrosttage (Maximum bis 0 °C) in den letzten 60 Jahren, und ein langfristiger Aufwärtstrend der jährlichen Anzahlen der Hitzetage (Maximum ab 30 °C), der Sommertage (Maximum ab 25 °C) und der Tropennächte (Minimum ab 20 °C) in den letzten 60 Jahren wird auch von Zahradníček, Brázdil, Rehor, Lhotka, Dobrovolný, Štěpánek & Trnka (2021) beschrieben und graphisch dargestellt.

### 3.1 Kryozyklische Evolution des Klimas in Deutschland im zentralen Mitteleuropa in den letzten 200 Jahren

Die kryozyklische Evolution des Klimas in Deutschland im zentralen Mitteleuropa in den letzten 200 Jahren, welche von einem primär natürlich induzierten und sekundär anthropogen akzelerierten Klimawandel geprägt wird (Mader 2020a), im Spiegel der langfristigen Entwicklung der jährlichen Anzahlen der Frostnächte (Minimum ab 0 °C) (Mader 2021a), der Superfrostnächte (Minimum ab - 5 °C), der Ultrafrostnächte (Minimum ab - 10 °C), der Dauerfrosttage (Maximum bis 0 °C) und der Kältenächte (Minimum bis 5 °C) von 1824/1825 bis 2020/2021 beinhaltet einen langfristigen Aufwärtstrend von 1824/1825 bis 1892/1893, eine Inversion von einem langfristigen Aufwärtstrend von 1824/1825 bis 1892/1893 in einen langfristigen Abwärtstrend von 1893/1894 bis 2000/2001 in 1893/1894, einen langfristigen Abwärtstrend von 1893/1894 bis 2000/2001, eine Inversion von einem langfristigen Abwärtstrend von 1893/1894 bis 2000/2001 in einen mittelfristigen bis langfristigen Aufwärtstrend von 2001/2002 bis mindestens 2020/2021 in 2001/2002, und einen mittelfristigen bis langfristigen Aufwärtstrend von 2001/2002 bis mindestens 2020/2021, welcher sich vermutlich zunächst linear und dann entweder linear oder asymptotisch in der Zukunft fortsetzen wird (Mader 2021a, 2022).

Die Korrelation des langfristigen Verlaufs der jährlichen Populationsstärke des Mosel-Apollo (*Parnassius apollo vinningensis* Stichel 1899; Lepidoptera: Papilionidae) im Moseltal zwischen Winnigen südwestlich Koblenz und Bremm südwestlich Cochem ab 1895 mit dem langfristigen Verlauf der jährlichen Anzahlen der Frostnächte (Mader 2021a), der Superfrostnächte, der Ultrafrostnächte, der Dauerfrosttage und der Kältenächte ab 1824/1825 ergibt, daß die Inversion der Populationsstärke des Mosel-Apollo von dem langfristigen Seitwärtstrend von 1895 bis 2011 in den mittelfristigen Abwärtstrend ab 2012 und die drastischen Populationszusammenbrüche des Mosel-Apollo in 2012 und 2019 in dem mittelfristigen Aufwärtstrend der jährlichen Anzahlen der Frostnächte, der Superfrostnächte, der Ultrafrostnächte, der Dauerfrosttage und der Kältenächte ab 2001/2002 und in dem herausragenden Abschnitt der außergewöhnlich hohen jährlichen Anzahlen von Frostnächten mit 75 und mehr Frostnächten während des ganzen Intervalls von Herbst, Winter und Frühling von 2005/2006 bis 2019/2020 im Oberrheingraben und im Moseltal stattgefunden haben (Mader 2021a, 2022).

Die kryozyklische Evolution des Klimas in Deutschland im zentralen Mitteleuropa in den letzten 200 Jahren, welche von einem primär natürlich induzierten und sekundär anthropogen akzelerierten Klimawandel geprägt wird (Mader 2020a), im Spiegel der langfristigen Entwicklung der jährlichen Anzahlen der Kältetage (Maximum bis 5 °C) und der Kühletage (Maximum 6 – 14 °C) von 1824/1825 bis 2020/2021 beinhaltet einen langfristigen Abwärtstrend von 1824/1825 bis mindestens 2020/2021, welcher sich vermutlich zunächst linear und dann entweder linear oder asymptotisch in der Zukunft fortsetzen wird.

Die Korrelation des langfristigen Verlaufs der jährlichen Populationsstärke des Mosel-Apollo (*Parnassius apollo vinningensis* Stichel 1899; Lepidoptera: Papilionidae) im Moseltal zwischen Winnigen südwestlich Koblenz und Bremm südwestlich Cochem ab 1895 mit dem langfristigen Verlauf der jährlichen Anzahlen der Kältetage und der Kühletage ab 1824/1825 ergibt, daß die Inversion der Populationsstärke des Mosel-Apollo von dem langfristigen Seitwärtstrend von 1895 bis 2011 in den mittelfristigen Abwärtstrend ab 2012 und die drastischen Populationszusammenbrüche des Mosel-Apollo in 2012 und 2019 in dem langfristigen Abwärtstrend der jährlichen Anzahlen der Kältetage und der Kühletage während des ganzen Intervalls von Herbst, Winter und Frühling von 1824/1825 bis mindestens 2020/2021 stattgefunden haben.

Ein langfristiger Abwärtstrend der jährlichen Anzahlen der Frostnächte (Minimum ab 0 °C) und der Dauerfrostage (Maximum bis 0 °C) in den letzten 60 Jahren wird auch von Zahradníček, Brázdil, Rehor, Lhotka, Dobrovolný, Stepánek & Trnka (2021) beschrieben und graphisch dargestellt.

### **3.1.1 Inversionen der jährlichen Anzahlen der Frostnächte, der Superfrostnächte, der Ultrafrostnächte, der Dauerfrostage und der Kältenächte von einem langfristigen Aufwärtstrend von 1824/1825 bis 1892/1893 in einen langfristigen Abwärtstrend von 1893/1894 bis 2000/2001 in 1893/1894, und von einem langfristigen Abwärtstrend von 1893/1894 bis 2000/2001 in einen mittelfristigen bis langfristigen Aufwärtstrend von 2001/2002 bis mindestens 2020/2021 in 2001/2002**

In der Auswertung der Daten der Wetterstation Jena im mittleren Saaletal, welche die täglichen Höchsttemperaturen und Tiefsttemperaturen von 1824 bis 2021 mit zwei Lücken in 1870 und von 1875 bis 1878 aufgezeichnet hat; und im Vergleich damit auch der Wetterstation Karlsruhe im oberen Rheintal im mittleren Oberrheingraben, welche die täglichen Höchsttemperaturen und Tiefsttemperaturen von 1876 bis 2021 mit einer Lücke in 1945 aufgezeichnet hat; der Wetterstation Frankfurt im unteren Maintal im nördlichen Oberrheingraben, welche die täglichen Höchsttemperaturen und Tiefsttemperaturen von 1870 bis 2021 mit vier Lücken in 1945, 2000 und 2008 sowie von 1984 bis 1985 aufgezeichnet hat; und der Wetterstation Halle im unteren Saaletal, welche die täglichen Höchsttemperaturen und Tiefsttemperaturen von 1880 bis 2021 mit drei Lücken von 1898 bis 1899, in 1991 und von 2005 bis 2006 aufgezeichnet hat; spiegelt sich in den Charts der jährlichen Anzahlen der Frostnächte (Minimum ab 0 °C), der Superfrostnächte (Minimum ab - 5 °C), der Ultrafrostnächte (Minimum ab - 10 °C), der Dauerfrostage (Maximum bis 0 °C) und der Kältenächte (Minimum bis 5 °C) ein langfristiger Aufwärtstrend von 1824/1825 bis 1892/1893 wider, welcher entsprechend der Skalierung von Abszisse und Ordinate der Diagramme mit einem flacheren oder steileren Winkel ansteigt, wohingegen in 1893/1894 eine markante Inversion von dem langfristigen Aufwärtstrend von 1824/1825 bis 1892/1893 in einen langfristigen Abwärtstrend von 1893/1894 bis 2000/2001 stattgefunden hat, welcher entsprechend der Skalierung von Abszisse und Ordinate der Diagramme mit einem flacheren oder steileren Winkel abfällt und dann in 2000/2001 endet, weil sich in 2001/2002 eine markante Inversion von dem langfristigen Abwärtstrend von 1893/1894 bis 2000/2001 in einen inzwischen mittelfristigen und wahrscheinlich in der Zukunft langfristigen Aufwärtstrend von 2001/2002 bis mindestens 2020/2021 ereignet hat, welcher entsprechend der Skalierung von Abszisse und Ordinate der Diagramme mit einem flacheren oder steileren Winkel ansteigt und sich vermutlich zunächst linear und dann entweder linear oder asymptotisch in der Zukunft fortsetzen wird.

Die Inversion der jährlichen Anzahlen der Frostnächte (Minimum ab 0 °C), der Superfrostnächte (Minimum ab - 5 °C), der Ultrafrostnächte (Minimum ab - 10 °C), der Dauerfrostage (Maximum bis 0 °C) und der Kältenächte (Minimum bis 5 °C) von einem langfristigen Aufwärtstrend von 1824/1825 bis 1892/1893 in einen langfristigen Abwärtstrend von 1893/1894 bis 2000/2001 in 1893/1894; und die Inversion der jährlichen Anzahlen der Frostnächte, der Superfrostnächte, der Ultrafrostnächte, der Dauerfrostage und der Kältenächte von einem langfristigen Abwärtstrend von 1893/1894 bis 2000/2001 in einen mittelfristigen bis langfristigen Aufwärtstrend von 2001/2002 bis mindestens 2020/2021 in 2001/2002 spiegeln sich nicht nur in den Charts der jährlichen Anzahlen der Frostnächte, der Superfrostnächte, der Ultrafrostnächte, der Dauerfrostage und der Kältenächte während des ganzen Intervalls von Herbst, Winter und Frühling (Auswertung vom

01.07. des Vorjahres bis zum 30.06. des Folgejahres) wider, sondern reflektieren sich auch in den Charts der jährlichen Anzahlen der späten Frostnächte von Mitte Februar bis Mitte Mai (Auswertung vom 15.02. bis zum 15.05. des laufenden Jahres), der späten Frostnächte von Mitte März bis Mitte Mai (Auswertung vom 15.03. bis zum 15.05. des laufenden Jahres), der späten Kältenächte von Mitte März bis Mitte Mai (Auswertung vom 15.03. bis zum 15.05. des laufenden Jahres) und der frühen Kältenächte von Mitte September bis Ende Oktober (Auswertung vom 15.09. bis zum 31.10. des laufenden Jahres).

ine Inversion von einem Abwärtstrend in einen Aufwärtstrend etwa in 2000/2001, wie er sich in den Charts der jährlichen Anzahlen der Frostnächte (Minimum ab 0 °C), der Superfrostnächte (Minimum ab - 5 °C), der Ultrafrostnächte (Minimum ab - 10 °C), der Dauerfrosttage (Maximum bis 0 °C) und der Kältenächte (Minimum bis 5 °C) widerspiegelt, wird auch von Schulze-Neuhoff (2006, 2011) interpretiert.

Ein langfristiger Abwärtstrend der jährlichen Anzahlen der Frostnächte (Minimum ab 0 °C) und der Dauerfrosttage (Maximum bis 0 °C) in den letzten 60 Jahren wird auch von Zahradníček, Brázdil, Rehor, Lhotka, Dobrovolný, Stepánek & Trnka (2021) beschrieben und graphisch dargestellt.

### **3.1.2 Inversion der Populationsstärke des Mosel-Apollo von dem langfristigen Seitwärtstrend von 1895 bis 2011 in den mittelfristigen Abwärtstrend ab 2012 in dem mittelfristigen Aufwärtstrend der jährlichen Anzahlen der Frostnächte, der Superfrostnächte, der Ultrafrostnächte, der Dauerfrosttage und der Kältenächte ab 2001/2002**

Die drastischen Populationszusammenbrüche des Mosel-Apollo (*Parnassius apollo vinnigensis* Stichel 1899; Lepidoptera: Papilionidae) im Moseltal zwischen Winnigen südwestlich Koblenz und Bremm südwestlich Cochem in 2012, 2019 und 2021 fallen in den in 2001/2002 eingesetzten inzwischen mittelfristigen und wahrscheinlich in der Zukunft langfristigen Aufwärtstrend der jährlichen Anzahlen der Frostnächte (Minimum ab 0 °C), der Superfrostnächte (Minimum ab - 5 °C), der Ultrafrostnächte (Minimum ab - 10 °C), der Dauerfrosttage (Maximum bis 0 °C) und der Kältenächte (Minimum bis 5 °C) sowie in den Abschnitt der außergewöhnlich hohen jährlichen Anzahlen von Frostnächten mit 75 und mehr Frostnächten oder sogar mit 100 und mehr Frostnächten während des ganzen Intervalls von Herbst, Winter und Frühling von 2005/2006 bis 2016/2017 in Karlsruhe, Freiburg, Heidelberg, Mannheim, Worms, Darmstadt, Frankfurt und Geisenheim im Oberrheingraben sowie in anderen Regionen sogar bis 2019/2020 und im Moseltal möglicherweise zumindest regional nur bis 2012/2013 (Mader 2021a). Aufgrund des seit 2001/2002 laufenden inzwischen mittelfristigen und wahrscheinlich in der Zukunft langfristigen Aufwärtstrendes der jährlichen Anzahlen der Frostnächte, der Superfrostnächte, der Ultrafrostnächte, der Dauerfrosttage und der Kältenächte, welcher sich vermutlich zunächst linear und dann entweder linear oder asymptotisch in der Zukunft fortsetzen wird, ist in den kommenden Jahren und Jahrzehnten zunehmend mit außergewöhnlich hohen jährlichen Anzahlen von Frostnächten mit 75 und mehr Frostnächten oder sogar mit 100 und mehr Frostnächten während des ganzen Intervalls von Herbst, Winter und Frühling zu rechnen, wodurch sich die Wahrscheinlichkeit von weiteren drastischen Populationszusammenbrüchen des Mosel-Apollo in analoger Weise wie in 2012, 2019 und 2021 zunehmend erhöhen wird und damit auch die Gefahr des Aussterbens des Mosel-Apollo zunehmend steigen wird, sofern der Mosel-Apollo bis dahin überlebt hat (Mader 2021a, 2022). Quo Vadis, Mosel-Apollo?

Die Inversion in dem langfristigen Verlauf der Populationsstärke des Mosel-Apollo im Moseltal von dem langfristigen Seitwärtstrend von 1895 bis 2011, welcher horizontal

verläuft, in einen inzwischen mittelfristigen und möglicherweise in der Zukunft langfristigen Abwärtstrend ab 2012, welcher sich vermutlich zunächst linear und dann entweder linear oder asymptotisch in der Zukunft fortsetzen wird, fällt ebenfalls in den in 2001/2002 eingesetzten inzwischen mittelfristigen und wahrscheinlich in der Zukunft langfristigen Aufwärtstrend der jährlichen Anzahlen der Frosträchte, der Superfrostnächte, der Ultrafrostnächte, der Dauerfrosttage und der Kältenächte sowie in den Abschnitt der außergewöhnlich hohen jährlichen Anzahlen von Frosträchten mit 75 und mehr Frosträchten oder sogar mit 100 und mehr Frosträchten während des ganzen Intervalls von Herbst, Winter und Frühling von 2005/2006 bis 2016/2017 in Karlsruhe, Freiburg, Heidelberg, Mannheim, Worms, Darmstadt, Frankfurt und Geisenheim im Oberrheingraben sowie in anderen Regionen sogar bis 2019/2020 und im Moseltal möglicherweise zumindest regional nur bis 2012/2013 (Mader 2021a). Aufgrund des seit 2001/2002 laufenden inzwischen mittelfristigen und wahrscheinlich in der Zukunft langfristigen Aufwärtstrendes der jährlichen Anzahlen der Frosträchte, der Superfrostnächte, der Ultrafrostnächte, der Dauerfrosttage und der Kältenächte, welcher sich vermutlich zunächst linear und dann entweder linear oder asymptotisch in der Zukunft fortsetzen wird, ist in den kommenden Jahren und Jahrzehnten zunehmend mit außergewöhnlich hohen jährlichen Anzahlen von Frosträchten mit 75 und mehr Frosträchten oder sogar mit 100 und mehr Frosträchten während des ganzen Intervalls von Herbst, Winter und Frühling zu rechnen, wodurch sich die Wahrscheinlichkeit der Prolongation des inzwischen mittelfristigen und möglicherweise in der Zukunft langfristigen mittelsteilen Abwärtstrendes ab 2012, welcher sich vermutlich ebenfalls zunächst linear und dann entweder linear oder asymptotisch in der Zukunft fortsetzen wird, zunehmend erhöhen wird und damit auch die Gefahr des Aussterbens des Mosel-Apollo zunehmend steigen wird, sofern der Mosel-Apollo bis dahin überlebt hat (Mader 2021a, 2022). Quo Vadis, Mosel-Apollo?

Ein mittelfristiger Abwärtstrend der Populationsstärke des Mosel-Apollo in den letzten Jahrzehnten wird auch von Müller & Griebeler (2021) beschrieben und graphisch dargestellt.

### **3.1.3 Inversionen der jährlichen Anzahlen der frühen Frosträchte von einem langfristigen Abwärtstrend von 1824 bis 1851 in einen langfristigen Aufwärtstrend von 1852 bis 1920 in 1852, und von einem langfristigen Aufwärtstrend von 1852 bis 1920 in einen langfristigen Abwärtstrend von 1921 bis mindestens 2021 in 1921**

In der Auswertung der Daten der Wetterstation Jena im mittleren Saaletal, welche die täglichen Höchsttemperaturen und Tiefsttemperaturen von 1824 bis 2021 mit zwei Lücken in 1870 und von 1875 bis 1878 aufgezeichnet hat; und im Vergleich damit auch der Wetterstation Karlsruhe im oberen Rheintal im mittleren Oberrheingraben, welche die täglichen Höchsttemperaturen und Tiefsttemperaturen von 1876 bis 2021 mit einer Lücke in 1945 aufgezeichnet hat; der Wetterstation Frankfurt im unteren Maintal im nördlichen Oberrheingraben, welche die täglichen Höchsttemperaturen und Tiefsttemperaturen von 1870 bis 2021 mit vier Lücken in 1945, 2000 und 2008 sowie von 1984 bis 1985 aufgezeichnet hat; und der Wetterstation Halle im unteren Saaletal, welche die täglichen Höchsttemperaturen und Tiefsttemperaturen von 1880 bis 2021 mit drei Lücken von 1898 bis 1899, in 1991 und von 2005 bis 2006 aufgezeichnet hat; spiegelt sich in den Charts der jährlichen Anzahlen der frühen Frosträchte (Minimum ab 0 °C) von Mitte September bis Mitte Oktober (Auswertung vom 15.09. bis zum 15.10. des laufenden Jahres) ein langfristiger Abwärtstrend von 1824 bis 1851 wider, welcher entsprechend der Skalierung von Abszisse und Ordinate der Diagramme mit einem flacheren oder steileren Winkel abfällt, wohingegen in 1852 eine markante Inversion von dem langfristigen Abwärtstrend

von 1824 bis 1851 in einen langfristigen Aufwärtstrend von 1852 bis 1920 stattgefunden hat, welcher entsprechend der Skalierung von Abszisse und Ordinate der Diagramme mit einem flacheren oder steileren Winkel ansteigt und dann in 1920 endet, weil sich in 1921 eine markante Inversion von dem langfristigen Aufwärtstrend von 1852 bis 1920 in einen langfristigen Abwärtstrend von 1921 bis mindestens 2021 ereignet hat, welcher entsprechend der Skalierung von Abszisse und Ordinate der Diagramme mit einem flacheren oder steileren Winkel abfällt und sich vermutlich zunächst linear und dann entweder linear oder asymptotisch in der Zukunft fortsetzen wird.

Ein langfristiger Abwärtstrend der jährlichen Anzahlen der Frostnächte (Minimum ab 0 °C) und der Dauerfrosttage (Maximum bis 0 °C) in den letzten 60 Jahren wird auch von Zahradníček, Brázdil, Rehor, Lhotka, Dobrovolný, Stepánek & Trnka (2021) beschrieben und graphisch dargestellt.

### **3.1.4 Inversion der Populationsstärke des Mosel-Apollo von dem langfristigen Seitwärtstrend von 1895 bis 2011 in den mittelfristigen Abwärtstrend ab 2012 in dem langfristigen Abwärtstrend der jährlichen Anzahlen der frühen Frostnächte ab 1921**

Die drastischen Populationszusammenbrüche des Mosel-Apollo (*Parnassius apollo vinnigenensis* Stichel 1899; Lepidoptera: Papilionidae) im Moseltal zwischen Winnigen südwestlich Koblenz und Bremm südwestlich Cochem in 2012, 2019 und 2021 fallen in den in 1921 eingesetzten langfristigen Abwärtstrend der jährlichen Anzahlen der frühen Frostnächte (Minimum ab 0 °C) von Mitte September bis Mitte Oktober (Auswertung vom 15.09. bis zum 15.10. des laufenden Jahres). Aufgrund des seit 1921 laufenden langfristigen Abwärtstrendes der jährlichen Anzahlen der frühen Frostnächte, welcher sich vermutlich zunächst linear und dann entweder linear oder asymptotisch in der Zukunft fortsetzen wird, ist in den kommenden Jahren und Jahrzehnten weiterhin mit einer Abnahme der jährlichen Anzahlen der frühen Frostnächte zu rechnen, welche hauptsächlich durch die Zunahme der jährlichen Anzahlen der Hitzetage (Maximum ab 30 °C), der Sommertage (Maximum ab 25 °C), der Sommernächte (Minimum ab 15 °C), der Übergangstage (Maximum 15 – 24 °C), der Übergangsnächte (Minimum 6 – 14 °C), der Wärmetage (Maximum ab 20 °C) und der Wärmenächte (Minimum ab 10 °C) in dem langfristigen Aufwärtstrend ab 1925 verursacht wird. Aufgrund des antiparallel zu dem langfristigen Abwärtstrend der jährlichen Anzahlen der frühen Frostnächte ab 1921 laufenden langfristigen Aufwärtstrendes der jährlichen Anzahlen der Hitzetage, der Sommertage, der Sommernächte, der Übergangstage, der Übergangsnächte, der Wärmetage und der Wärmenächte ab 1925, welcher sich vermutlich zunächst linear und dann entweder linear oder asymptotisch in der Zukunft fortsetzen wird, und insbesondere aufgrund des herausragenden Abschnittes der außergewöhnlich hohen jährlichen Anzahlen von Hitzetagen mit 25 und mehr Hitzetagen (Mader 2021a), Sommertagen mit 70 und mehr Sommertagen, Sommernächten mit 30 und mehr Sommernächten, Wärmetagen mit 125 und mehr Wärmetagen und Wärmenächten mit 120 und mehr Wärmenächten während des ganzen Jahres von 1991 bis 2019 ist in den kommenden Jahren und Jahrzehnten zunehmend mit außergewöhnlich hohen jährlichen Anzahlen von Hitzetagen mit 25 und mehr Hitzetagen, Sommertagen mit 70 und mehr Sommertagen, Sommernächten mit 30 und mehr Sommernächten, Wärmetagen mit 125 und mehr Wärmetagen und Wärmenächten mit 120 und mehr Wärmenächten während des ganzen Jahres zu rechnen, wodurch sich die Wahrscheinlichkeit von weiteren drastischen Populationszusammenbrüchen des Mosel-Apollo in analoger Weise wie in 2012, 2019 und 2021 zunehmend erhöhen wird und damit auch die Gefahr des Aussterbens des Mosel-Apollo zunehmend steigen wird, sofern der Mosel-Apollo bis dahin überlebt hat (Mader 2021a, 2022). Quo Vadis, Mosel-Apollo?

Die Inversion in dem langfristigen Verlauf der Populationsstärke des Mosel-Apollo im Moseltal von dem langfristigen Seitwärtstrend von 1895 bis 2011, welcher horizontal verläuft, in einen inzwischen mittelfristigen und möglicherweise in der Zukunft langfristigen Abwärtstrend ab 2012, welcher sich vermutlich zunächst linear und dann entweder linear oder asymptotisch in der Zukunft fortsetzen wird, fällt ebenfalls in den in 1921 eingesetzten langfristigen Abwärtstrend der jährlichen Anzahlen der frühen Frostnächte (Minimum ab 0 °C) von Mitte September bis Mitte Oktober (Auswertung vom 15.09. bis zum 15.10. des laufenden Jahres). Aufgrund des seit 1921 laufenden langfristigen Abwärtstrendes der jährlichen Anzahlen der frühen Frostnächte, welcher sich vermutlich zunächst linear und dann entweder linear oder asymptotisch in der Zukunft fortsetzen wird, ist in den kommenden Jahren und Jahrzehnten weiterhin mit einer Abnahme der jährlichen Anzahlen der frühen Frostnächte zu rechnen, welche hauptsächlich durch die Zunahme der jährlichen Anzahlen der Hitzetage (Maximum ab 30 °C), der Sommertage (Maximum ab 25 °C), der Sommernächte (Minimum ab 15 °C), der Übergangstage (Maximum 15 – 24 °C), der Übergangsnächte (Minimum 6 – 14 °C), der Wärmetage (Maximum ab 20 °C) und der Wärmenächte (Minimum ab 10 °C) in dem langfristigen Aufwärtstrend ab 1925 verursacht wird. Aufgrund des antiparallel zu dem langfristigen Abwärtstrend der jährlichen Anzahlen der frühen Frostnächte ab 1921 laufenden langfristigen Aufwärtstrendes der jährlichen Anzahlen der Hitzetage, der Sommertage, der Sommernächte, der Übergangstage, der Übergangsnächte, der Wärmetage und der Wärmenächte ab 1925, welcher sich vermutlich zunächst linear und dann entweder linear oder asymptotisch in der Zukunft fortsetzen wird, und insbesondere aufgrund des herausragenden Abschnittes der außergewöhnlich hohen jährlichen Anzahlen von Hitzetagen mit 25 und mehr Hitzetagen (Mader 2021a), Sommertagen mit 70 und mehr Sommertagen, Sommernächten mit 30 und mehr Sommernächten, Wärmetagen mit 125 und mehr Wärmetagen und Wärmenächten mit 120 und mehr Wärmenächten während des ganzen Jahres von 1991 bis 2019 ist in den kommenden Jahren und Jahrzehnten zunehmend mit außergewöhnlich hohen jährlichen Anzahlen von Hitzetagen mit 25 und mehr Hitzetagen, Sommertagen mit 70 und mehr Sommertagen, Sommernächten mit 30 und mehr Sommernächten, Wärmetagen mit 125 und mehr Wärmetagen und Wärmenächten mit 120 und mehr Wärmenächten während des ganzen Jahres zu rechnen, wodurch sich die Wahrscheinlichkeit der Prolongation des inzwischen mittelfristigen und möglicherweise in der Zukunft langfristigen mittelsteilen Abwärtstrendes ab 2012, welcher sich vermutlich ebenfalls zunächst linear und dann entweder linear oder asymptotisch in der Zukunft fortsetzen wird, zunehmend erhöhen wird und damit auch die Gefahr des Aussterbens des Mosel-Apollo zunehmend steigen wird, sofern der Mosel-Apollo bis dahin überlebt hat (Mader 2021a, 2022). Quo Vadis, Mosel-Apollo?

Ein mittelfristiger Abwärtstrend der Populationsstärke des Mosel-Apollo in den letzten Jahrzehnten wird auch von Müller & Griebeler (2021) beschrieben und graphisch dargestellt.

### **3.1.5 Langfristiger Abwärtstrend der jährlichen Anzahlen der Kältetage und der Kühletage von 1824/1825 bis mindestens 2020/2021**

In der Auswertung der Daten der Wetterstation Jena im mittleren Saaletal, welche die täglichen Höchsttemperaturen und Tiefsttemperaturen von 1824 bis 2021 mit zwei Lücken in 1870 und von 1875 bis 1878 aufgezeichnet hat; und im Vergleich damit auch der Wetterstation Karlsruhe im oberen Rheintal im mittleren Oberrheingraben, welche die täglichen Höchsttemperaturen und Tiefsttemperaturen von 1876 bis 2021 mit einer Lücke in 1945 aufgezeichnet hat; der Wetterstation Frankfurt im unteren Maintal im nördlichen Oberrheingraben, welche die täglichen Höchsttemperaturen und Tiefsttemperaturen von 1870 bis 2021 mit vier Lücken in 1945, 2000 und 2008 sowie von 1984 bis 1985 aufgezeichnet hat; und der Wetterstation Halle im unteren Saaletal, welche die täglichen Höchsttemperaturen und Tiefsttemperaturen von 1880 bis 2021 mit drei Lücken von 1898 bis 1899, in 1991 und von 2005 bis 2006 aufgezeichnet hat; spiegelt sich in den Charts der jährlichen Anzahlen der Kältetage (Maximum bis 5 °C) und der Kühletage (Maximum 6 – 14 °C) ein langfristiger Abwärtstrend von 1824/1825 bis mindestens 2020/2021 wider, welcher entsprechend der Skalierung von Abszisse und Ordinate der Diagramme mit einem flacheren oder steileren Winkel abfällt und sich vermutlich zunächst linear und dann entweder linear oder asymptotisch in der Zukunft fortsetzen wird.

Der langfristige Abwärtstrend der jährlichen Anzahlen der Kältetage und der Kühletage von 1824/1825 bis mindestens 2020/2021 spiegelt sich nicht nur in den Charts der jährlichen Anzahlen der Kältetage und der Kühletage während des ganzen Intervalls von Herbst, Winter und Frühling (Auswertung vom 01.07. des Vorjahres bis zum 30.06. des Folgejahres) wider, sondern reflektiert sich auch in den Charts der jährlichen Anzahlen der späten Kältetage von Mitte Februar bis Mitte April (Auswertung vom 15.02. bis zum 15.04. des laufenden Jahres), der späten Kältetage von Mitte März bis Mitte Mai (Auswertung vom 15.03. bis zum 15.05. des laufenden Jahres), der frühen Kältetage von Mitte September bis Ende Oktober (Auswertung vom 15.09. bis zum 31.10. des laufenden Jahres), der späten Kühletage von Mitte März bis Mitte Mai (Auswertung vom 15.03. bis zum 15.05. des laufenden Jahres), der späten Kühletage von Anfang April bis Ende Mai (Auswertung vom 01.04. bis zum 31.05. des laufenden Jahres) und der frühen Kühletage von Anfang September bis Mitte Oktober (Auswertung vom 01.09. bis zum 15.10. des laufenden Jahres).

Ein langfristiger Abwärtstrend der jährlichen Anzahlen der Frostnächte (Minimum ab 0 °C) und der Dauerfrosttage (Maximum bis 0 °C) in den letzten 60 Jahren wird auch von Zahradníček, Brázdil, Rehor, Lhotka, Dobrovolny, Stepánek & Trnka (2021) beschrieben und graphisch dargestellt.

### **3.1.6 Inversion der Populationsstärke des Mosel-Apollo von dem langfristigen Seitwärtstrend von 1895 bis 2011 in den mittelfristigen Abwärtstrend ab 2012 in dem langfristigen Abwärtstrend der jährlichen Anzahlen der Kältetage und der Kühletage ab 1824/1825**

Die drastischen Populationszusammenbrüche des Mosel-Apollo (*Parnassius apollo vinnigenensis* Stichel 1899; Lepidoptera: Papilionidae) im Moseltal zwischen Winnigen südwestlich Koblenz und Bremm südwestlich Cochem in 2012, 2019 und 2021 fallen in den in 1824/1825 eingesetzten langfristigen Abwärtstrend der jährlichen Anzahlen der Kältetage (Maximum bis 5 °C) und der Kühletage (Maximum 6 – 14 °C). Aufgrund des seit 1824/1825 laufenden langfristigen Abwärtstrendes der jährlichen Anzahlen der Kältetage und der Kühletage, welcher sich vermutlich zunächst linear und dann entweder linear oder asymptotisch in der Zukunft fortsetzen wird, ist in den kommenden Jahren und

Jahrzehnten weiterhin mit einer Abnahme der jährlichen Anzahlen der Kältetage und der Kühletage zu rechnen, welche hauptsächlich durch die Zunahme der jährlichen Anzahlen der Hitzetage (Maximum ab 30 °C), der Sommertage (Maximum ab 25 °C), der Sommernächte (Minimum ab 15 °C), der Übergangstage (Maximum 15 – 24 °C), der Übergangsnächte (Minimum 6 – 14 °C), der Wärmetage (Maximum ab 20 °C) und der Wärmenächte (Minimum ab 10 °C) in dem langfristigen Aufwärtstrend ab 1925 verursacht wird. Aufgrund des antiparallel zu dem langfristigen Abwärtstrend der jährlichen Anzahlen der Kältetage und der Kühletage ab 1824/1825 laufenden langfristigen Aufwärtstrendes der jährlichen Anzahlen der Hitzetage, der Sommertage, der Sommernächte, der Übergangstage, der Übergangsnächte, der Wärmetage und der Wärmenächte ab 1925, welcher sich vermutlich zunächst linear und dann entweder linear oder asymptotisch in der Zukunft fortsetzen wird, und insbesondere aufgrund des herausragenden Abschnittes der außergewöhnlich hohen jährlichen Anzahlen von Hitzetagen mit 25 und mehr Hitzetagen (Mader 2021a), Sommertagen mit 70 und mehr Sommertagen, Sommernächten mit 30 und mehr Sommernächten, Wärmetagen mit 125 und mehr Wärmetagen und Wärmenächten mit 120 und mehr Wärmenächten während des ganzen Jahres von 1991 bis 2019 ist in den kommenden Jahren und Jahrzehnten zunehmend mit außergewöhnlich hohen jährlichen Anzahlen von Hitzetagen mit 25 und mehr Hitzetagen, Sommertagen mit 70 und mehr Sommertagen, Sommernächten mit 30 und mehr Sommernächten, Wärmetagen mit 125 und mehr Wärmetagen und Wärmenächten mit 120 und mehr Wärmenächten während des ganzen Jahres zu rechnen, wodurch sich die Wahrscheinlichkeit von weiteren drastischen Populationszusammenbrüchen des Mosel-Apollo in analoger Weise wie in 2012, 2019 und 2021 zunehmend erhöhen wird und damit auch die Gefahr des Aussterbens des Mosel-Apollo zunehmend steigen wird, sofern der Mosel-Apollo bis dahin überlebt hat (Mader 2021a, 2022). Quo Vadis, Mosel-Apollo?

Die Inversion in dem langfristigen Verlauf der Populationsstärke des Mosel-Apollo im Moseltal von dem langfristigen Seitwärtstrend von 1895 bis 2011, welcher horizontal verläuft, in einen inzwischen mittelfristigen und möglicherweise in der Zukunft langfristigen Abwärtstrend ab 2012, welcher sich vermutlich zunächst linear und dann entweder linear oder asymptotisch in der Zukunft fortsetzen wird, fällt ebenfalls in den in 1824/1825 eingesetzten langfristigen Abwärtstrend der jährlichen Anzahlen der Kältetage (Maximum bis 5 °C) und der Kühletage (Maximum 6 – 14 °C). Aufgrund des seit 1824/1825 laufenden langfristigen Abwärtstrendes der jährlichen Anzahlen der Kältetage und der Kühletage, welcher sich vermutlich zunächst linear und dann entweder linear oder asymptotisch in der Zukunft fortsetzen wird, ist in den kommenden Jahren und Jahrzehnten weiterhin mit einer Abnahme der jährlichen Anzahlen der Kältetage und der Kühletage zu rechnen, welche hauptsächlich durch die Zunahme der jährlichen Anzahlen der Hitzetage (Maximum ab 30 °C), der Sommertage (Maximum ab 25 °C), der Sommernächte (Minimum ab 15 °C), der Übergangstage (Maximum 15 – 24 °C), der Übergangsnächte (Minimum 6 – 14 °C), der Wärmetage (Maximum ab 20 °C) und der Wärmenächte (Minimum ab 10 °C) in dem langfristigen Aufwärtstrend ab 1925 verursacht wird. Aufgrund des antiparallel zu dem langfristigen Abwärtstrend der jährlichen Anzahlen der Kältetage und der Kühletage ab 1824/1825 laufenden langfristigen Aufwärtstrendes der jährlichen Anzahlen der Hitzetage, der Sommertage, der Sommernächte, der Übergangstage, der Übergangsnächte, der Wärmetage und der Wärmenächte ab 1925, welcher sich vermutlich zunächst linear und dann entweder linear oder asymptotisch in der Zukunft fortsetzen wird, und insbesondere aufgrund des herausragenden Abschnittes der außergewöhnlich hohen jährlichen Anzahlen von Hitzetagen mit 25 und mehr Hitzetagen (Mader 2021a), Sommertagen mit 70 und mehr Sommertagen, Sommernächten mit 30 und mehr Sommernächten, Wärmetagen mit 125 und mehr Wärmetagen und Wärmenächten mit 120

und mehr Wärmenächten während des ganzen Jahres von 1991 bis 2019 ist in den kommenden Jahren und Jahrzehnten zunehmend mit außergewöhnlich hohen jährlichen Anzahlen von Hitzetagen mit 25 und mehr Hitzetagen, Sommertagen mit 70 und mehr Sommertagen, Sommernächten mit 30 und mehr Sommernächten, Wärmetagen mit 125 und mehr Wärmetagen und Wärmenächten mit 120 und mehr Wärmenächten während des ganzen Jahres zu rechnen, wodurch sich die Wahrscheinlichkeit der Prolongation des in zwischen mittelfristigen und möglicherweise in der Zukunft langfristigen mittelsteilen Abwärtstrendes ab 2012, welcher sich vermutlich ebenfalls zunächst linear und dann entweder linear oder asymptotisch in der Zukunft fortsetzen wird, zunehmend erhöhen wird und damit auch die Gefahr des Aussterbens des Mosel-Apollo zunehmend steigen wird, sofern der Mosel-Apollo bis dahin überlebt hat (Mader 2021a, 2022). Quo Vadis, Mosel-Apollo?

Ein mittelfristiger Abwärtstrend der Populationsstärke des Mosel-Apollo in den letzten Jahrzehnten wird auch von Müller & Griebeler (2021) beschrieben und graphisch dargestellt.

### **3.2 Thermozyklische Evolution des Klimas in Deutschland im zentralen Mitteleuropa in den letzten 200 Jahren**

Die thermozyklische Evolution des Klimas in Deutschland im zentralen Mitteleuropa in den letzten 200 Jahren, welche von einem primär natürlich induzierten und sekundär anthropogen akzelerierten Klimawandel geprägt wird (Mader 2020a), im Spiegel der langfristigen Entwicklung der jährlichen Anzahlen der Hitzetage (Maximum ab 30 °C) (Mader 2021a), der Sommertage (Maximum ab 25 °C), der Sommernächte (Minimum ab 15 °C), der Übergangstage (Maximum 15 – 24 °C), der Übergangsnächte (Minimum 6 – 14 °C), der Wärmetage (Maximum ab 20 °C) und der Wärmenächte (Minimum ab 10 °C) von 1824 bis 2021 beinhaltet einen langfristigen Abwärtstrend von 1824 bis 1866, eine Inversion von einem langfristigen Abwärtstrend von 1824 bis 1866 in einen mittelfristigen Aufwärtstrend von 1867 bis 1889 in 1867, einen mittelfristigen Aufwärtstrend von 1867 bis 1889, eine Inversion von einem mittelfristigen Aufwärtstrend von 1867 bis 1889 in einen langfristigen Abwärtstrend von 1890 bis 1924 in 1890, einen langfristigen Abwärtstrend von 1890 bis 1924, eine Inversion von einem langfristigen Abwärtstrend von 1890 bis 1924 in einen langfristigen Aufwärtstrend von 1925 bis mindestens 2021 in 1925, und einen langfristigen Aufwärtstrend von 1925 bis mindestens 2021, welcher sich vermutlich zunächst linear und dann entweder linear oder asymptotisch in der Zukunft fortsetzen wird (Mader 2021a, 2022).

Die Korrelation des langfristigen Verlaufs der jährlichen Populationsstärke des Mosel-Apollo (*Parnassius apollo vinningensis* Stichel 1899; Lepidoptera: Papilionidae) im Moseltal zwischen Winnigen südwestlich Koblenz und Bremm südwestlich Cochem ab 1895 mit dem langfristigen Verlauf der jährlichen Anzahlen der Hitzetage (Mader 2021a), der Sommertage, der Sommernächte, der Übergangstage, der Übergangsnächte, der Wärmetage und der Wärmenächte ab 1824; und mit dem langfristigen Verlauf der jährlichen Anzahlen der Superhitzetage, der Ultrahitzetage und der Tropennächte ab 1824 ergibt, daß die Inversion der Populationsstärke des Mosel-Apollo von dem langfristigen Seitwärtstrend von 1895 bis 2011 in den mittelfristigen Abwärtstrend ab 2012 und die drastischen Populations-zusammenbrüche des Mosel-Apollo in 2012 und 2019 in dem langfristigen Aufwärtstrend der jährlichen Anzahlen der Hitzetage, der Sommertage, der Sommernächte, der Übergangstage, der Übergangsnächte, der Wärmetage und der Wärmenächte ab 1925 und in dem herausragenden Abschnitt der außergewöhnlich hohen jährlichen Anzahlen von Hitzetagen mit 25 und mehr Hitzetagen, Sommertagen mit 70 und

mehr Sommertagen, Sommernächten mit 30 und mehr Sommernächten, Wärmetagen mit 125 und mehr Wärmetagen und Wärmenächten mit 120 und mehr Wärmenächten sowie Superhitzetagen mit 10 und mehr Superhitzetagen, Ultrahitzetagen mit 3 und mehr Ultrahitzetagen und Tropennächten mit 5 und mehr Tropennächten während des ganzen Jahres von 1991 bis 2019 im Oberrheingraben und im Moseltal stattgefunden haben (Mader 2021a, 2022).

Die thermozyklische Evolution des Klimas in Deutschland im zentralen Mitteleuropa in den letzten 200 Jahren, welche von einem primär natürlich induzierten und sekundär anthropogen akzelerierten Klimawandel geprägt wird (Mader 2020a), im Spiegel der langfristigen Entwicklung der jährlichen Anzahlen der Superhitzetage (Maximum ab 32 °C), der Ultrahitzetage (Maximum ab 35 °C) und der Tropennächte (Minimum ab 20 °C) von 1824 bis 2021 beinhaltet einen langfristigen Aufwärtstrend von 1824 bis mindestens 2021, welcher sich vermutlich zunächst linear und dann entweder linear oder asymptotisch in der Zukunft fortsetzen wird.

Die Korrelation des langfristigen Verlaufs der jährlichen Populationsstärke des Mosel-Apollo (*Parnassius apollo vinningensis* Stichel 1899; Lepidoptera: Papilionidae) im Moseltal zwischen Winnigen südwestlich Koblenz und Bremm südwestlich Cochem ab 1895 mit dem langfristigen Verlauf der jährlichen Anzahlen der Superhitzetage, der Ultrahitzetage und der Tropennächte ab 1824 ergibt, daß die Inversion der Populationsstärke des Mosel-Apollo von dem langfristigen Seitwärtstrend von 1895 bis 2011 in den mittelfristigen Abwärtstrend ab 2012 und die drastischen Populationszusammenbrüche des Mosel-Apollo in 2012 und 2019 in dem langfristigen Aufwärtstrend der jährlichen Anzahlen der Superhitzetage, der Ultrahitzetage und der Tropennächte während des ganzen Jahres von 1824 bis mindestens 2021 stattgefunden haben.

Ein langfristiger Aufwärtstrend der jährlichen Anzahlen der Hitzetage (Maximum ab 30 °C), der Sommertage (Maximum ab 25 °C) und der Tropennächte (Minimum ab 20 °C) in den letzten 60 Jahren wird auch von Zahradníček, Brázdil, Rehor, Lhotka, Dobrovolný, Stepánek & Trnka (2021) beschrieben und graphisch dargestellt.

### **3.2.1 Inversionen der jährlichen Anzahlen der Hitzetage, der Sommertage, der Sommernächte, der Übergangstage, der Übergangsnächte, der Wärmetage und der Wärmenächte von einem langfristigen Abwärtstrend von 1824 bis 1866 in einen mittelfristigen Aufwärtstrend von 1867 bis 1889 in 1867, von einem mittelfristigen Aufwärtstrend von 1867 bis 1889 in einen langfristigen Abwärtstrend von 1890 bis 1924 in 1890, und von einem langfristigen Abwärtstrend von 1890 bis 1924 in einen langfristigen Aufwärtstrend von 1925 bis mindestens 2021 in 1925**

In der Auswertung der Daten der Wetterstation Jena im mittleren Saaletal, welche die täglichen Höchsttemperaturen und Tiefsttemperaturen von 1824 bis 2021 mit zwei Lücken in 1870 und von 1875 bis 1878 aufgezeichnet hat; und im Vergleich damit auch der Wetterstation Karlsruhe im oberen Rheintal im mittleren Oberrheingraben, welche die täglichen Höchsttemperaturen und Tiefsttemperaturen von 1876 bis 2021 mit einer Lücke in 1945 aufgezeichnet hat; der Wetterstation Frankfurt im unteren Maintal im nördlichen Oberrheingraben, welche die täglichen Höchsttemperaturen und Tiefsttemperaturen von 1870 bis 2021 mit vier Lücken in 1945, 2000 und 2008 sowie von 1984 bis 1985 aufgezeichnet hat; und der Wetterstation Halle im unteren Saaletal, welche die täglichen Höchsttemperaturen und Tiefsttemperaturen von 1880 bis 2021 mit drei Lücken von 1898 bis 1899, in 1991 und von 2005 bis 2006 aufgezeichnet hat; spiegelt sich in den Charts

der jährlichen Anzahlen der Hitzetage (Maximum ab 30 °C), der Sommertage (Maximum ab 25 °C), der Sommernächte (Minimum ab 15 °C), der Übergangstage (Maximum 15 – 24 °C), der Übergangsnächte (Minimum 6 – 14 °C), der Wärmetage (Maximum ab 20 °C) und der Wärmenächte (Minimum ab 10 °C) ein langfristiger Abwärtstrend von 1824 bis 1866 wider, welcher entsprechend der Skalierung von Abszisse und Ordinate der Diagramme mit einem flacheren oder steileren Winkel abfällt, wohingegen in 1867 eine markante Inversion von dem langfristigen Abwärtstrend von 1824 bis 1866 in einen mittelfristigen Aufwärtstrend von 1867 bis 1889 stattgefunden hat, welcher entsprechend der Skalierung von Abszisse und Ordinate der Diagramme mit einem flacheren oder steileren Winkel ansteigt und dann in 1889 endet, weil sich in 1890 eine markante Inversion von dem mittelfristigen Aufwärtstrend von 1867 bis 1889 in einen langfristigen Abwärtstrend von 1890 bis 1924 ereignet hat, welcher entsprechend der Skalierung von Abszisse und Ordinate der Diagramme mit einem flacheren oder steileren Winkel abfällt, wohingegen in 1925 eine markante Inversion von dem langfristigen Abwärtstrend von 1890 bis 1924 in einen langfristigen Aufwärtstrend von 1925 bis mindestens 2021 stattgefunden hat, welcher entsprechend der Skalierung von Abszisse und Ordinate der Diagramme mit einem flacheren oder steileren Winkel ansteigt und sich vermutlich zunächst linear und dann entweder linear oder asymptotisch in der Zukunft fortsetzen wird.

Die Inversion der jährlichen Anzahlen der Hitzetage (Maximum ab 30 °C), der Sommertage (Maximum ab 25 °C), der Sommernächte (Minimum ab 15 °C), der Übergangstage (Maximum 15 – 24 °C), der Übergangsnächte (Minimum 6 – 14 °C), der Wärmetage (Maximum ab 20 °C) und der Wärmenächte (Minimum ab 10 °C) von einem langfristigen Abwärtstrend von 1824 bis 1866 in einen mittelfristigen Aufwärtstrend von 1867 bis 1889 in 1867; die Inversion der jährlichen Anzahlen der Hitzetage, der Sommertage, der Sommernächte, der Übergangstage, der Übergangsnächte, der Wärmetage und der Wärmenächte von einem mittelfristigen Aufwärtstrend von 1867 bis 1889 in einen langfristigen Abwärtstrend von 1890 bis 1924 in 1890; und die Inversion der jährlichen Anzahlen der Hitzetage, der Sommertage, der Sommernächte, der Übergangstage, der Übergangsnächte, der Wärmetage und der Wärmenächte von einem langfristigen Abwärtstrend von 1890 bis 1924 in einen langfristigen Aufwärtstrend von 1925 bis mindestens 2021 in 1925 spiegeln sich nicht nur in den Charts der jährlichen Anzahlen der Hitzetage, der Sommertage, der Sommernächte, der Übergangstage, der Übergangsnächte, der Wärmetage und der Wärmenächte während des ganzen Jahres (Auswertung vom 01.01. bis zum 31.12. des laufenden Jahres) wider, sondern reflektieren sich auch in den Charts der jährlichen Anzahlen der frühen Sommertage von Anfang April bis Ende Mai (Auswertung vom 01.04. bis zum 31.05. des laufenden Jahres), der späten Sommertage von Anfang September bis Mitte Oktober (Auswertung vom 01.09. bis zum 15.10. des laufenden Jahres), der frühen Übergangstage von Mitte März bis Mitte Mai (Auswertung vom 15.03. bis zum 15.05. des laufenden Jahres), der späten Übergangstage von Mitte September bis Ende Oktober (Auswertung vom 15.09. bis zum 31.10. des laufenden Jahres), der frühen Übergangsnächte von Mitte März bis Mitte Mai (Auswertung vom 15.03. bis zum 15.05. des laufenden Jahres), der späten Übergangsnächte von Mitte September bis Ende Oktober (Auswertung vom 15.09. bis zum 31.10. des laufenden Jahres), der frühen Wärmetage von Mitte März bis Mitte Mai (Auswertung vom 15.03. bis zum 15.05. des laufenden Jahres), der späten Wärmetage von Mitte September bis Ende Oktober (Auswertung vom 15.09. bis zum 31.10. des laufenden Jahres), der frühen Wärmenächte von Mitte März bis Mitte Mai (Auswertung vom 15.03. bis zum 15.05. des laufenden Jahres) und der späten Wärmenächte von Mitte September bis Ende Oktober (Auswertung vom 15.09. bis zum 31.10. des laufenden Jahres).

Ein langfristiger Aufwärtstrend der jährlichen Anzahlen der Hitzetage (Maximum ab 30 °C), der Sommertage (Maximum ab 25 °C) und der Tropennächte (Minimum ab 20 °C) in den letzten 60 Jahren wird auch von Zahradníček, Brázdil, Rehor, Lhotka, Dobrovolný, Stepánek & Trnka (2021) beschrieben und graphisch dargestellt.

### **3.2.2 Inversion der Populationsstärke des Mosel-Apollo von dem langfristigen Seitwärtstrend von 1895 bis 2011 in den mittelfristigen Abwärtstrend ab 2012 in dem langfristigen Aufwärtstrend der jährlichen Anzahlen der Hitzetage, der Sommertage, der Sommernächte, der Übergangstage, der Übergangsnächte, der Wärmetage und der Wärmenächte ab 1925**

Die drastischen Populationszusammenbrüche des Mosel-Apollo (*Parnassius apollo vinningsis* Stichel 1899; Lepidoptera: Papilionidae) im Moseltal zwischen Winnigen südwestlich Koblenz und Bremm südwestlich Cochem in 2012, 2019 und 2021 fallen in den in 1925 eingesetzten langfristigen Aufwärtstrend der jährlichen Anzahlen der Hitzetage (Maximum ab 30 °C), der Sommertage (Maximum ab 25 °C), der Sommernächte (Minimum ab 15 °C), der Übergangstage (Maximum 15 – 24 °C), der Übergangsnächte (Minimum 6 – 14 °C), der Wärmetage (Maximum ab 20 °C) und der Wärmenächte (Minimum ab 10 °C) sowie in den herausragenden Abschnitt der außergewöhnlich hohen jährlichen Anzahlen von Hitzetagen mit 25 und mehr Hitzetagen (Mader 2021a), Sommertagen mit 70 und mehr Sommertagen, Sommernächten mit 30 und mehr Sommernächten, Wärmetagen mit 125 und mehr Wärmetagen und Wärmenächten mit 120 und mehr Wärmenächten während des ganzen Jahres von 1991 bis 2019, welcher besonders ausgeprägt im Oberrheingraben entwickelt ist. Aufgrund des seit 1925 laufenden langfristigen Aufwärtstrendes der jährlichen Anzahlen der Hitzetage, der Sommertage, der Sommernächte, der Übergangstage, der Übergangsnächte, der Wärmetage und der Wärmenächte, welcher sich vermutlich zunächst linear und dann entweder linear oder asymptotisch in der Zukunft fortsetzen wird, und insbesondere aufgrund des herausragenden Abschnittes der außergewöhnlich hohen jährlichen Anzahlen von Hitzetagen mit 25 und mehr Hitzetagen (Mader 2021a), Sommertagen mit 70 und mehr Sommertagen, Sommernächten mit 30 und mehr Sommernächten, Wärmetagen mit 125 und mehr Wärmetagen und Wärmenächten mit 120 und mehr Wärmenächten während des ganzen Jahres von 1991 bis 2019 ist in den kommenden Jahren und Jahrzehnten zunehmend mit außergewöhnlich hohen jährlichen Anzahlen von Hitzetagen mit 25 und mehr Hitzetagen, Sommertagen mit 70 und mehr Sommertagen, Sommernächten mit 30 und mehr Sommernächten, Wärmetagen mit 125 und mehr Wärmetagen und Wärmenächten mit 120 und mehr Wärmenächten während des ganzen Jahres zu rechnen, wodurch sich die Wahrscheinlichkeit von weiteren drastischen Populationszusammenbrüchen des Mosel-Apollo in analoger Weise wie in 2012, 2019 und 2021 zunehmend erhöhen wird und damit auch die Gefahr des Aussterbens des Mosel-Apollo zunehmend steigen wird, sofern der Mosel-Apollo bis dahin überlebt hat (Mader 2021a, 2022). Quo Vadis, Mosel-Apollo?

Die Inversion in dem langfristigen Verlauf der Populationsstärke des Mosel-Apollo im Moseltal von dem langfristigen Seitwärtstrend von 1895 bis 2011, welcher horizontal verläuft, in einen inzwischen mittelfristigen und möglicherweise in der Zukunft langfristigen Abwärtstrend ab 2012, welcher sich vermutlich zunächst linear und dann entweder linear oder asymptotisch in der Zukunft fortsetzen wird, fällt ebenfalls in den in 1925 eingesetzten langfristigen Aufwärtstrend der jährlichen Anzahlen der Hitzetage, der Sommertage, der Sommernächte, der Übergangstage, der Übergangsnächte, der Wärmetage und der Wärmenächte sowie in den herausragenden Abschnitt der außergewöhnlich hohen jährlichen Anzahlen von Hitzetagen mit 25 und mehr Hitzetagen (Mader 2021a),

Sommertagen mit 70 und mehr Sommertagen, Sommernächten mit 30 und mehr Sommernächten, Wärmetagen mit 125 und mehr Wärmetagen und Wärmenächten mit 120 und mehr Wärmenächten während des ganzen Jahres von 1991 bis 2019, welcher besonders ausgeprägt im Oberrheingraben entwickelt ist. Aufgrund des seit 1925 laufenden langfristigen Aufwärtstrendes der jährlichen Anzahlen der Hitzetage, der Sommertage, der Sommernächte, der Übergangstage, der Übergangsnächte, der Wärmetage und der Wärmenächte, welcher sich vermutlich zunächst linear und dann entweder linear oder asymptotisch in der Zukunft fortsetzen wird, und insbesondere aufgrund des herausragenden Abschnittes der außergewöhnlich hohen jährlichen Anzahlen von Hitzetagen mit 25 und mehr Hitzetagen (Mader 2021a), Sommertagen mit 70 und mehr Sommertagen, Sommernächten mit 30 und mehr Sommernächten, Wärmetagen mit 125 und mehr Wärmetagen und Wärmenächten mit 120 und mehr Wärmenächten während des ganzen Jahres von 1991 bis 2019 ist in den kommenden Jahren und Jahrzehnten zunehmend mit außergewöhnlich hohen jährlichen Anzahlen von Hitzetagen mit 25 und mehr Hitzetagen, Sommertagen mit 70 und mehr Sommertagen, Sommernächten mit 30 und mehr Sommernächten, Wärmetagen mit 125 und mehr Wärmetagen und Wärmenächten mit 120 und mehr Wärmenächten während des ganzen Jahres zu rechnen, wodurch sich die Wahrscheinlichkeit der Prolongation des inzwischen mittelfristigen und möglicherweise in der Zukunft langfristigen mittelsteilen Abwärtstrendes ab 2012, welcher sich vermutlich ebenfalls zunächst linear und dann entweder linear oder asymptotisch in der Zukunft fortsetzen wird, zunehmend erhöhen wird und damit auch die Gefahr des Aussterbens des Mosel-Apollo zunehmend steigen wird, sofern der Mosel-Apollo bis dahin überlebt hat (Mader 2021a, 2022). Quo Vadis, Mosel-Apollo?

Ein mittelfristiger Abwärtstrend der Populationsstärke des Mosel-Apollo in den letzten Jahrzehnten wird auch von Müller & Griebeler (2021) beschrieben und graphisch dargestellt.

### **3.2.3 Langfristiger Aufwärtstrend der jährlichen Anzahlen der Superhitzetage, der Ultrahitzetage und der Tropennächte sowie der frühen Hitzetage, der späten Hitzetage, der frühen Sommernächte und der späten Sommernächte von 1824 bis mindestens 2021**

In der Auswertung der Daten der Wetterstation Jena im mittleren Saaletal, welche die täglichen Höchsttemperaturen und Tiefsttemperaturen von 1824 bis 2021 mit zwei Lücken in 1870 und von 1875 bis 1878 aufgezeichnet hat; und im Vergleich damit auch der Wetterstation Karlsruhe im oberen Rheintal im mittleren Oberrheingraben, welche die täglichen Höchsttemperaturen und Tiefsttemperaturen von 1876 bis 2021 mit einer Lücke in 1945 aufgezeichnet hat; der Wetterstation Frankfurt im unteren Maintal im nördlichen Oberrheingraben, welche die täglichen Höchsttemperaturen und Tiefsttemperaturen von 1870 bis 2021 mit vier Lücken in 1945, 2000 und 2008 sowie von 1984 bis 1985 aufgezeichnet hat; und der Wetterstation Halle im unteren Saaletal, welche die täglichen Höchsttemperaturen und Tiefsttemperaturen von 1880 bis 2021 mit drei Lücken von 1898 bis 1899, in 1991 und von 2005 bis 2006 aufgezeichnet hat; spiegelt sich in den Charts der jährlichen Anzahlen der Superhitzetage (Maximum ab 32 °C), der Ultrahitzetage (Maximum ab 35 °C) und der Tropennächte (Minimum ab 20 °C) während des ganzen Jahres (Auswertung vom 01.01. bis zum 31.12. des laufenden Jahres) sowie der frühen Hitzetage (Maximum ab 30 °C) von Mitte April bis Ende Mai (Auswertung vom 15.04. bis zum 31.05. des laufenden Jahres), der frühen Hitzetage (Maximum ab 30 °C) von Mitte April bis Mitte Juni (Auswertung vom 15.04. bis zum 15.06. des laufenden Jahres), der späten Hitzetage (Maximum ab 30 °C) von Mitte August bis Ende September (Auswertung vom 15.08. bis zum 30.09. des laufenden Jahres), der frühen Sommernächte (Minimum ab 15

°C) von Mitte April bis Mitte Juni (Auswertung vom 15.04. bis zum 15.06. des laufenden Jahres) und der späten Sommernächte (Minimum ab 15 °C) von Anfang September bis Mitte Oktober (Auswertung vom 01.09. bis zum 15.10. des laufenden Jahres) ein langfristiger Aufwärtstrend von 1824 bis mindestens 2021 wider, welcher entsprechend der Skalierung von Abszisse und Ordinate der Diagramme mit einem flacheren oder steileren Winkel ansteigt und sich vermutlich zunächst linear und dann entweder linear oder asymptotisch in der Zukunft fortsetzen wird.

Der langfristige Aufwärtstrend der jährlichen Anzahlen der Superhitzetage (Maximum ab 32 °C), der Ultrahitzetage (Maximum ab 35 °C) und der Tropennächte (Minimum ab 20 °C) von 1824 bis mindestens 2021, welcher sich in den Charts der jährlichen Anzahlen der Superhitzetage, der Ultrahitzetage und der Tropennächte während des ganzen Jahres (Auswertung vom 01.01. bis zum 31.12. des laufenden Jahres) widerspiegelt, reflektiert sich auch in den Charts der jährlichen Anzahlen der frühen Hitzetage (Maximum ab 30 °C) von Mitte April bis Ende Mai (Auswertung vom 15.04. bis zum 31.05. des laufenden Jahres), der frühen Hitzetage (Maximum ab 30 °C) von Mitte April bis Mitte Juni (Auswertung vom 15.04. bis zum 15.06. des laufenden Jahres), der späten Hitzetage (Maximum ab 30 °C) von Mitte August bis Ende September (Auswertung vom 15.08. bis zum 30.09. des laufenden Jahres), der frühen Sommernächte (Minimum ab 15 °C) von Mitte April bis Mitte Juni (Auswertung vom 15.04. bis zum 15.06. des laufenden Jahres) und der späten Sommernächte (Minimum ab 15 °C) von Anfang September bis Mitte Oktober (Auswertung vom 01.09. bis zum 15.10. des laufenden Jahres).

Ein langfristiger Aufwärtstrend der jährlichen Anzahlen der Hitzetage (Maximum ab 30 °C), der Sommertage (Maximum ab 25 °C) und der Tropennächte (Minimum ab 20 °C) in den letzten 60 Jahren wird auch von Zahradníček, Brázdil, Rehor, Lhotka, Dobrovolný, Stepánek & Trnka (2021) beschrieben und graphisch dargestellt.

### **3.2.4 Inversion der Populationsstärke des Mosel-Apollo von dem langfristigen Seitwärtstrend von 1895 bis 2011 in den mittelfristigen Abwärtstrend ab 2012 in dem langfristigen Aufwärtstrend der jährlichen Anzahlen der Superhitzetage, der Ultrahitzetage und der Tropennächte sowie der frühen Hitzetage, der späten Hitzetage, der frühen Sommernächte und der späten Sommernächte ab 1824**

Die drastischen Populationszusammenbrüche des Mosel-Apollo (*Parnassius apollo vinnigensis* Stichel 1899; Lepidoptera: Papilionidae) im Moseltal zwischen Winnigen südwestlich Koblenz und Bremm südwestlich Cochem in 2012, 2019 und 2021 fallen in den in 1824 eingesetzten langfristigen Aufwärtstrend der jährlichen Anzahlen der Superhitzetage (Maximum ab 32 °C), der Ultrahitzetage (Maximum ab 35 °C) und der Tropennächte (Minimum ab 20 °C) während des ganzen Jahres (Auswertung vom 01.01. bis zum 31.12. des laufenden Jahres) sowie der frühen Hitzetage (Maximum ab 30 °C) von Mitte April bis Ende Mai (Auswertung vom 15.04. bis zum 31.05. des laufenden Jahres), der frühen Hitzetage (Maximum ab 30 °C) von Mitte April bis Mitte Juni (Auswertung vom 15.04. bis zum 15.06. des laufenden Jahres), der späten Hitzetage (Maximum ab 30 °C) von Mitte August bis Ende September (Auswertung vom 15.08. bis zum 30.09. des laufenden Jahres), der frühen Sommernächte (Minimum ab 15 °C) von Mitte April bis Mitte Juni (Auswertung vom 15.04. bis zum 15.06. des laufenden Jahres) und der späten Sommernächte (Minimum ab 15 °C) von Anfang September bis Mitte Oktober (Auswertung vom 01.09. bis zum 15.10. des laufenden Jahres) sowie in den herausragenden Abschnitt der außergewöhnlich hohen jährlichen Anzahlen von Superhitzetagen mit 10 und mehr Superhitzetagen, Ultrahitzetagen mit 3 und mehr Ultrahitzetagen und Tropennächten mit

5 und mehr Tropennächten während des ganzen Jahres sowie frühen Hitzetagen mit 5 und mehr frühen Hitzetagen, späten Hitzetagen mit 5 und mehr späten Hitzetagen, frühen Sommernächten mit 5 und mehr frühen Sommernächten und späten Sommernächten mit 3 und mehr späten Sommernächten in den vorgenannten Intervallen von 1991 bis 2019. Aufgrund des seit 1824 laufenden langfristigen Aufwärtstrendes der jährlichen Anzahlen der Superhitzetage, der Ultrahitzetage und der Tropennächte sowie der frühen Hitzetage, der späten Hitzetage, der frühen Sommernächte und der späten Sommernächte, welcher sich vermutlich zunächst linear und dann entweder linear oder asymptotisch in der Zukunft fortsetzen wird, und insbesondere aufgrund des herausragenden Abschnittes der außergewöhnlich hohen jährlichen Anzahlen von Superhitzetagen mit 10 und mehr Superhitzetagen, Ultrahitzetagen mit 3 und mehr Ultrahitzetagen und Tropennächten mit 5 und mehr Tropennächten sowie frühen Hitzetagen mit 5 und mehr frühen Hitzetagen, späten Hitzetagen mit 5 und mehr späten Hitzetagen, frühen Sommernächten mit 5 und mehr frühen Sommernächten und späten Sommernächten mit 3 und mehr späten Sommernächten in den vorgenannten Intervallen von 1991 bis 2019, welcher mit dem herausragenden Abschnitt der außergewöhnlich hohen jährlichen Anzahlen von Hitzetagen mit 25 und mehr Hitzetagen (Mader 2021a), Sommertagen (Maximum ab 25 °C) mit 70 und mehr Sommertagen, Sommernächten mit 30 und mehr Sommernächten, Wärmetagen (Maximum ab 20 °C) mit 125 und mehr Wärmetagen und Wärmenächten (Minimum ab 10 °C) mit 120 und mehr Wärmenächten während des ganzen Jahres von 1991 bis 2019 korreliert, welcher besonders ausgeprägt im Oberrheingraben entwickelt ist, ist in den kommenden Jahren und Jahrzehnten zunehmend mit außergewöhnlich hohen jährlichen Anzahlen von Superhitzetagen mit 10 und mehr Superhitzetagen, Ultrahitzetagen mit 3 und mehr Ultrahitzetagen und Tropennächten mit 5 und mehr Tropennächten sowie frühen Hitzetagen mit 5 und mehr frühen Hitzetagen, späten Hitzetagen mit 5 und mehr späten Hitzetagen, frühen Sommernächten mit 5 und mehr frühen Sommernächten und Sommernächten mit 3 und mehr späten Sommernächten in den vorgenannten Intervallen ebenso wie mit außergewöhnlich hohen jährlichen Anzahlen von Hitzetagen mit 25 und mehr Hitzetagen, Sommertagen mit 70 und mehr Sommertagen, Sommernächten mit 30 und mehr Sommernächten. Wärmetagen mit 125 und mehr Wärmetagen und Wärmenächten mit 120 und mehr Wärmenächten während des ganzen Jahres zu rechnen, wodurch sich die Wahrscheinlichkeit von weiteren drastischen Populationszusammenbrüchen des Mosel-Apollo in analoger Weise wie in 2012, 2019 und 2021 zunehmend erhöhen wird und damit auch die Gefahr des Aussterbens des Mosel-Apollo zunehmend steigen wird, sofern der Mosel-Apollo bis dahin überlebt hat (Mader 2021a, 2022). Quo Vadis, Mosel-Apollo?

Die Inversion in dem langfristigen Verlauf der Populationsstärke des Mosel-Apollo im Moseltal von dem langfristigen Seitwärtstrend von 1895 bis 2011, welcher horizontal verläuft, in einen inzwischen mittelfristigen und möglicherweise in der Zukunft langfristigen Abwärtstrend ab 2012, welcher sich vermutlich zunächst linear und dann entweder linear oder asymptotisch in der Zukunft fortsetzen wird, fällt ebenfalls in den in 1824 eingesetzten langfristigen Aufwärtstrend der jährlichen Anzahlen der Superhitzetage (Maximum ab 32 °C), der Ultrahitzetage (Maximum ab 35 °C) und der Tropennächte (Minimum ab 20 °C) während des ganzen Jahres (Auswertung vom 01.01. bis zum 31.12. des laufenden Jahres) sowie der frühen Hitzetage (Maximum ab 30 °C) von Mitte April bis Ende Mai (Auswertung vom 15.04. bis zum 31.05. des laufenden Jahres), der frühen Hitzetage (Maximum ab 30 °C) von Mitte April bis Mitte Juni (Auswertung vom 15.04. bis zum 15.06. des laufenden Jahres), der späten Hitzetage (Maximum ab 30 °C) von Mitte August bis Ende September (Auswertung vom 15.08. bis zum 30.09. des laufenden Jahres), der frühen Sommernächte (Minimum ab 15 °C) von Mitte April bis Mitte Juni (Auswertung

vom 15.04. bis zum 15.06. des laufenden Jahres) und der späten Sommernächte (Minimum ab 15 °C) von Anfang September bis Mitte Oktober (Auswertung vom 01.09. bis zum 15.10. des laufenden Jahres) sowie in den herausragenden Abschnitt der außergewöhnlich hohen jährlichen Anzahlen von Superhitzetagen mit 10 und mehr Superhitzetagen, Ultrahitzetagen mit 3 und mehr Ultrahitzetagen und Tropennächten mit 5 und mehr Tropennächten während des ganzen Jahres sowie frühen Hitzetagen mit 5 und mehr frühen Hitzetagen, späten Hitzetagen mit 5 und mehr späten Hitzetagen, frühen Sommernächten mit 5 und mehr frühen Sommernächten und späten Sommernächten mit 3 und mehr späten Sommernächten in den vorgenannten Intervallen von 1991 bis 2019. Aufgrund des seit 1824 laufenden langfristigen Aufwärtstrendes der jährlichen Anzahlen der Superhitzetage, der Ultrahitzetage und der Tropennächte sowie der frühen Hitzetage, der späten Hitzetage, der frühen Sommernächte und der späten Sommernächte, welcher sich vermutlich zunächst linear und dann entweder linear oder asymptotisch in der Zukunft fortsetzen wird, und insbesondere aufgrund des herausragenden Abschnittes der außergewöhnlich hohen jährlichen Anzahlen von Superhitzetagen mit 10 und mehr Superhitzetagen, Ultrahitzetagen mit 3 und mehr Ultrahitzetagen und Tropennächten mit 5 und mehr Tropennächten sowie frühen Hitzetagen mit 5 und mehr frühen Hitzetagen, späten Hitzetagen mit 5 und mehr späten Hitzetagen, frühen Sommernächten mit 5 und mehr frühen Sommernächten und späten Sommernächten mit 3 und mehr späten Sommernächten in den vorgenannten Intervallen von 1991 bis 2019, welcher mit dem herausragenden Abschnitt der außergewöhnlich hohen jährlichen Anzahlen von Hitzetagen mit 25 und mehr Hitzetagen (Mader 2021a), Sommertagen (Maximum ab 25 °C) mit 70 und mehr Sommertagen, Sommernächten mit 30 und mehr Sommernächten, Wärmetagen (Maximum ab 20 °C) mit 125 und mehr Wärmetagen und Wärmenächten (Minimum ab 10 °C) mit 120 und mehr Wärmenächten während des ganzen Jahres von 1991 bis 2019 korreliert, welcher besonders ausgeprägt im Oberrheingraben entwickelt ist, ist in den kommenden Jahren und Jahrzehnten zunehmend mit außergewöhnlich hohen jährlichen Anzahlen von Superhitzetagen mit 10 und mehr Superhitzetagen, Ultrahitzetagen mit 3 und mehr Ultrahitzetagen und Tropennächten mit 5 und mehr Tropennächten sowie frühen Hitzetagen mit 5 und mehr frühen Hitzetagen, späten Hitzetagen mit 5 und mehr späten Hitzetagen, frühen Sommernächten mit 5 und mehr frühen Sommernächten und Sommernächten mit 3 und mehr späten Sommernächten in den vorgenannten Intervallen ebenso wie mit außergewöhnlich hohen jährlichen Anzahlen von Hitzetagen mit 25 und mehr Hitzetagen, Sommertagen mit 70 und mehr Sommertagen, Sommernächten mit 30 und mehr Sommernächten, Wärmetagen mit 125 und mehr Wärmetagen und Wärmenächten mit 120 und mehr Wärmenächten während des ganzen Jahres zu rechnen, wodurch sich die Wahrscheinlichkeit der Prolongation des inzwischen mittelfristigen und möglicherweise in der Zukunft langfristigen mittelsteilen Abwärtstrendes ab 2012, welcher sich vermutlich ebenfalls zunächst linear und dann entweder linear oder asymptotisch in der Zukunft fortsetzen wird, zunehmend erhöhen wird und damit auch die Gefahr des Aussterbens des Mosel-Apollo zunehmend steigen wird, sofern der Mosel-Apollo bis dahin überlebt hat (Mader 2021a, 2022). Quo Vadis, Mosel-Apollo?

Ein mittelfristiger Abwärtstrend der Populationsstärke des Mosel-Apollo in den letzten Jahrzehnten wird auch von Müller & Griebeler (2021) beschrieben und graphisch dargestellt.

#### **4 Anerkennung**

Ich danke Birgit Reinbott (Arnsberg) für die Anfertigung der Häufigkeitsverteilungsdiagramme.

## 5 Literaturverzeichnis

- Latreille, P.A. (1804/1805): Histoire naturelle générale et particulière des crustacés et des insectes. Ouvrage faisant suite aux oeuvres de Leclerc et Buffon et partie du cours complet d'histoire naturelle, rédigé par C.S. Sonnini, **13**: 432 pp.; Dufart, Paris, Frankreich.
- Linnaeus, C. (1758): Systema naturae per regna tria naturae, secundum classes, ordines, genera, species, cum characteribus, differentiis, synonymis, locis. 10. Auflage, **1**: 824 pp.; Salvius, Stockholm, Schweden.
- Mader, D. (2010a): Moon-related population dynamics and ecology of the Stag Beetle *Lucanus cervus*, other beetles, butterflies, dragonflies and other insects. 654 pp.; Regionalkultur, Ubstadt-Weiher. ISBN 978-3-89735-645-0. Preis 79 €. Bestelladresse: dr.detlef.mader@web.de
- Mader, D. (2010b): Das letzte Paradies des Apollofalters (*Parnassius apollo*) in den Weinbergen und an den Waldrändern an den Steilhängen des Moseltales zwischen Koblenz und Trier (Deutschland). Galathea, Berichte des Kreises Nürnberger Entomologen, **26/3**: 119 – 150; Nürnberg.
- Mader, D. (2011a): Lunarzyklische Populationsdynamik des Mosel-Apollo (*Parnassius apollo vinningensis*) und anderer Insekten im Moseltal zwischen Koblenz und Trier (Deutschland). Galathea, Berichte des Kreises Nürnberger Entomologen, Supplement, **21**: 1 – 283; Nürnberg.
- Mader, D. (2011b): Mondgesteuerter Schwärmflug dämmerungsaktiver Großkäfer (Maikäfer, Hirschkäfer, Junikäfer und Sägebock) (Coleoptera: Scarabaeidae, Lucanidae und Cerambycidae). Galathea, Berichte des Kreises Nürnberger Entomologen, **27/1**: 5 – 42; Nürnberg.
- Mader, D. (2012a): Akzeleration der Imaginalentwicklung im extrem trockenen und sonnigen Frühling 2011 aufgrund Antizipation des Wetterwechsels der Eiseiligen und Einfluß vorgeschalteter später Frosträchte bei Mosel-Apollo, Baumweißling, Hirschkäfer und anderen Insekten. Galathea, Berichte des Kreises Nürnberger Entomologen, Supplement, **22**: 1 – 310; Nürnberg.
- Mader, D. (2012b): Aufgesetztes Papiernest mit Diskordanz in der Schichtung der Hornisse (*Vespa crabro*) im Freien auf der Glasscheibe eines Fensters am Balkon eines Hauses am Ortsrand nahe Feld und Wald und 100 andere Papiernester mit und ohne Diskordanz. Galathea, Berichte des Kreises Nürnberger Entomologen, Supplement, **23**: 1 – 378; Nürnberg.
- Mader, D. (2013a): Drastischer Populationszusammenbruch und Gefahr des Aussterbens des Mosel-Apollo als Folge des mehrwöchigen Dauerfrostes mit zweistelligen Minusgraden im Winter 2012, Vergleich mit Hirschkäfer und anderen Insekten, und Biochronologie und Kryochronologie des Mosel-Apollo. Documenta Naturae, Sonderband, **63**: 1 – 704; München. ISBN 978-3-86544-563-6.
- Mader, D. (2013b): Biochronologie und Lunardynamik von Mosel-Apollo, Hirschkäfer und anderen Insekten in 2013 im Vergleich mit früheren Jahren. Documenta Naturae, Sonderband, **68**: 1 – 656; München. ISBN 978-3-86544-568-1.
- Mader, D. (2013c): Biogeography and migration of the Mud-Dauber *Sceliphron destillatorium* (Hymenoptera: Sphecidae) in Poland and surrounding countries in Europe. 236 pp.; Mader, Walldorf. ISBN 978-3-9815850-0-1.
- Mader, D. (2014a): Biographie und Kopulation des Apollofalters. Galathea, Berichte des Kreises Nürnberger Entomologen, **30**: 65 – 118; Nürnberg.
- Mader, D. (2014b): Wo der Apollo fliegt. Naturgucker, Magazin für Vogel- und Naturbeobachtung, **12**: 28 – 30; Düsseldorf.
- Mader, D. (2014c): Geologische und biologische Entomooökologie und Entomogeographie der synanthropen Delta-Lehmwespe *Delta unguiculatum* in Deutschland, Frankreich und Umgebung. Documenta Naturae, Sonderband, **71**: 1 – 527; München. ISBN 978-3-86544-571-1.

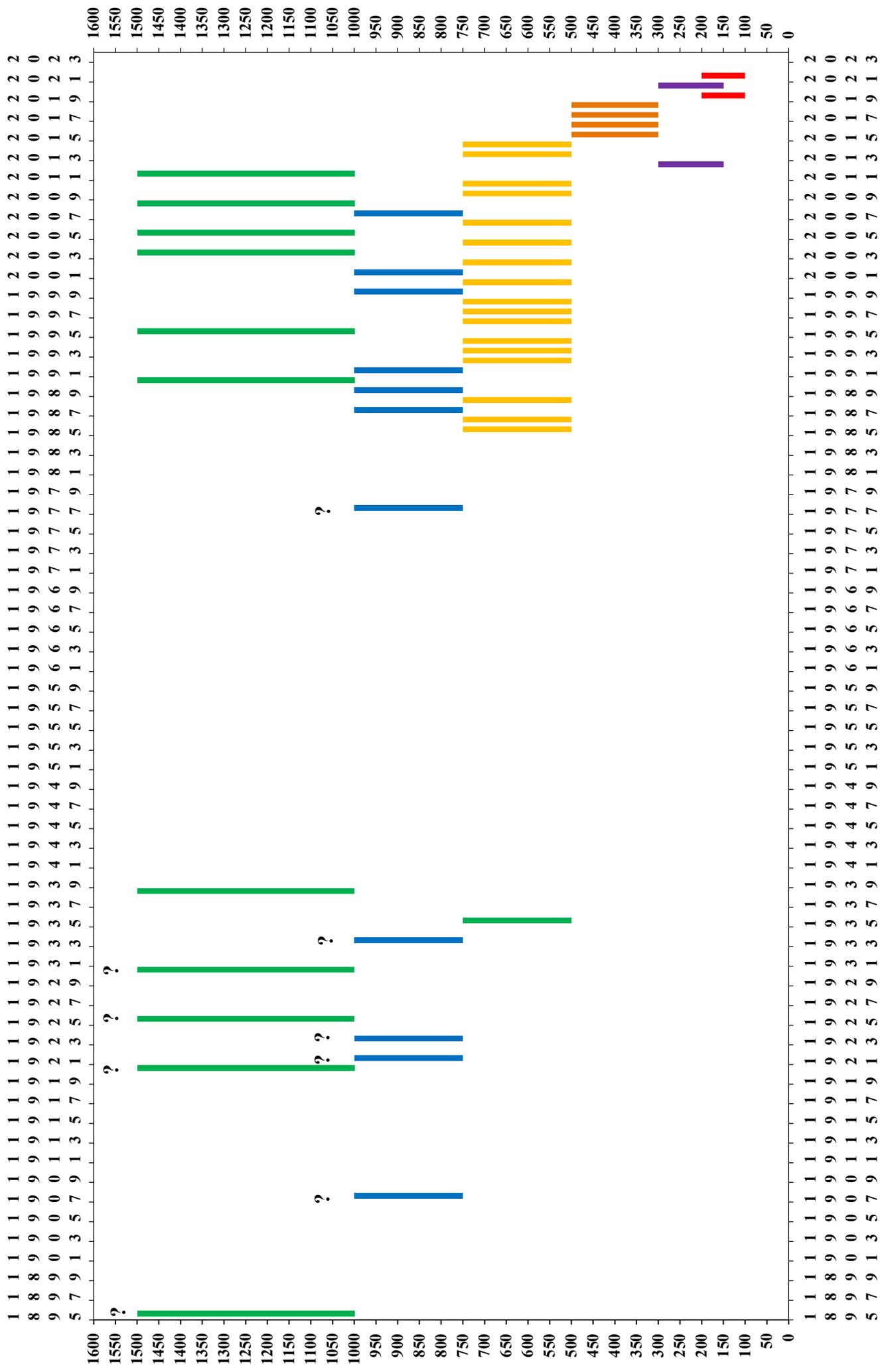
- Mader, D. (2014d): Lunarzyklische Wachstumsphasen von Steinpilz, Butterpilz, Parasolpilz, Edelreizker, Champignon, Hallimasch und anderen Pilzen. Documenta Naturae, Sonderband, **69**: 1 – 323; München. ISBN 978-3-86544-569-8.
- Mader, D. (2014e): Hormonale Inversionen als Ursachen drastischer bidirektionaler Gewichtsschwankungen in den Wechseljahren bei Mann und Frau. 33 pp.; Mader, Walldorf. ISBN 978-3-9815850-1-8.
- Mader, D. (2015): Kopulation, Sexualethologie und Lunarerotik von Schwalbenschwanz, Segelfalter, Apollofalter und anderen Schmetterlingen. Galathea, Berichte des Kreises Nürnberger Entomologen, **31**: 53 – 131; Nürnberg.
- Mader, D. (2016): Kopulation und Sexualethologie von Hirschkäfer, anderen Käfern, Streifenwanze und anderen Wanzen. Galathea, Berichte des Kreises Nürnberger Entomologen, **32**: 101 – 177; Nürnberg.
- Mader, D. (2017): Kopulation und Sexualethologie von Hornisse, anderen Hautflüglern, Schwebfliegen und anderen Zweiflüglern. Galathea, Berichte des Kreises Nürnberger Entomologen, **33**: 65 – 137; Nürnberg.
- Mader, D. (2018): Kopulation und Sexualethologie von Schmetterlingshaften, anderen Netzflüglern, Blutzikaden und anderen Zikaden sowie Addendum zu Hornisse, Delta-Lehmwespe und Mauer-Grabwespe. Galathea, Berichte des Kreises Nürnberger Entomologen, **34**: 63 – 147; Nürnberg.
- Mader, D. (2019a): Schöner Falter in größter Not. Naturgucker, Magazin für Vogel- und Naturbeobachtung, **45**: 16 – 18; Düsseldorf.
- Mader, D. (2019b): Kopulation und Sexualethologie von Rotflügeliger/Blauflügeliger Ödlandschrecke, anderen Heuschrecken, Gottesanbeterin, anderen Fangschrecken, Mosaikjungfer, Prachtlibelle und anderen Libellen. Galathea, Berichte des Kreises Nürnberger Entomologen, **35**: 121 – 201; Nürnberg.
- Mader, D. (2020a): Apokalypse des Mosel-Apollo – Aussterben oder Überleben? 336 pp.; Mader, Walldorf. ISBN 978-3-9815850-3-2. Bestelladresse: dr.detlef.mader@web.de. Komplettes pdf unter: [https://drive.google.com/open?id=1yAuEbmNO3W2-xQpxgp\\_lfKhzbG4HfoSq](https://drive.google.com/open?id=1yAuEbmNO3W2-xQpxgp_lfKhzbG4HfoSq). Kurzfassung unter: [http://www.galathea-nuernberg.de/galathea\\_online](http://www.galathea-nuernberg.de/galathea_online).
- Mader, D. (2020b): Fazit der Situation des Mosel-Apollo in 2020. Galathea, Berichte des Kreises Nürnberger Entomologen, online-Ausgabe, eingestellt am 06.07.2020; Nürnberg. Komplettes pdf unter: [http://www.galathea-nuernberg.de/galathea\\_online/apollo-3.pdf](http://www.galathea-nuernberg.de/galathea_online/apollo-3.pdf).
- Mader, D. (2020c): Kopulation und Sexualethologie von Skorpionsfliegen, anderen Schnabelfliegen, Kamelhalsfliegen, Schlammfliegen, Steinfliegen, Köcherfliegen und Eintagsfliegen. Galathea, Berichte des Kreises Nürnberger Entomologen, **36**: 61 – 184; Nürnberg.
- Mader, D. (2020d): Marketing, Biomedizin und Urbangeographie von Fisch und Meeresfrüchten im Lebensmittel-Einzelhandel. 2386 Seiten; Mader, Walldorf. ISBN 978-3-9815850-2-5 (Band 1), ISBN 978-3-9815850-4-9 (Band 2) und ISBN 978-3-9815850-5-6 (Band 3).
- Mader, D. (2021a): Quo Vadis, Mosel-Apollo? 808 pp.; Mader, Walldorf. ISBN 978-3-9815850-6-3. Komplettes pdf unter: [https://drive.google.com/file/d/1\\_DZt8VePUcz-CK-eG6ucsDVNcNhrQVpo/view?usp=sharing](https://drive.google.com/file/d/1_DZt8VePUcz-CK-eG6ucsDVNcNhrQVpo/view?usp=sharing).
- Mader, D. (2021b): Kopulation und Sexualethologie von Gespenstschrecken, Gladiatorschrecken, Grillenschaben, Schaben, Fächerflüglern, Fransenflüglern, Ohrwürmern, Mooswanzen, Flöhen, Rindenläusen, Pflanzenläusen, Tierläusen und Bodenläusen. Galathea, Berichte des Kreises Nürnberger Entomologen, Supplement, **26**: 1 – 210; Nürnberg.
- Mader, D. (2022): Prolongation der Apokalypse des Mosel-Apollo am Limit der Extinktion: Stagnation, Comeback oder Requiem? In Vorbereitung zur Veröffentlichung; Mader, Walldorf. ISBN 978-3-9815850-7-0.

- Müller, D. (2014): Populationszusammenbruch des Moselapollis im Jahr 2012: Welche Ursachen gibt es für den Populationszusammenbruch 2012? Facharbeit in Biologie im 12. Schuljahr am Hilda-Gymnasium in Koblenz: 15 pp.; Koblenz (unveröffentlicht).
- Müller, D. & Griebeler, E.M. (2021): Der Apollofalter *Parnassius apollo* (Linnaeus, 1758) in Rheinland-Pfalz – Verbreitung, Bestandstrends und Phänologie (Lep., Papilionidae). *Melanargia*, Nachrichten der Arbeitsgemeinschaft Rheinisch-Westfälischer Lepidopterologen, **33**: 65 – 96; Leverkusen.
- Müller, D. & Hanisch, K. (2020): Dramatischer Rückgang des Moselapollis *Parnassius apollo vinningensis* Stichel, 1899 (Lep., Papilionidae). *Melanargia*, Nachrichten der Arbeitsgemeinschaft Rheinisch-Westfälischer Lepidopterologen, **32**: 1 – 8; Leverkusen. *Melanargia* online vom 31.03. 2021: <https://www.ag-rh-w-lepidopterologen.de/2020/03/31/dramatischer-rueckgang-des-moselapollis-parnassius-apollo-vinningensis/>; Leverkusen.
- Müller, D. & Hanisch, K. (2021): Beobachtungen des Moselapollis *Parnassius apollo* ssp. *vinningensis* Stichel, 1899 im Jahr 2020 (Lep., Papilionidae). *Melanargia*, Nachrichten der Arbeitsgemeinschaft Rheinisch-Westfälischer Lepidopterologen, **33**: 60 – 63; Leverkusen.
- Pfeifer, M.A. (2016): Tot- und Lebendfund-Monitoring des Apollofalter (*Parnassius apollo*) an der Mosel – Ergebnisse des FFH-Monitorings des Jahres 2015. 12 pp.; Landesamt für Umwelt Rheinland-Pfalz; Mainz (unveröffentlicht).
- Pfeifer, M.A. (2017): Straßen- und Schienenverkehr: ein ernst zu nehmender Risikofaktor für den Mosel-Apollo (*Parnassius apollo vinningensis*). *Fauna und Flora in Rheinland-Pfalz*, **13/3**: 823 – 844; Landau.
- Poda, N.v. (1761): *Insecta Musei Graecensis, quae in ordines, genera et species juxta systema naturae Caroli Linnaei digessit*. 139 pp.; Widmanstad, Graz.
- Schulze-Neuhoff, H. (2006): *Ski und Rodel gut – ab sofort wieder öfters*. 384 pp.; Books On Demand, Norderstedt. ISBN 978-3-8334-5309-0.
- Schulze-Neuhoff, H. (2011): *Klimawandel alle 30 bis 40 Jahre: 43 Jahre Klimaforschung*. 77 pp.; Books On Demand, Norderstedt. ISBN 978-3-8423-0481-9.
- Stichel, H. (1899): *Parnassius apollo bartholomaeus* n. subsp. und monographische Behandlung benannter paläarktischer Apollo-Formen. *Insekten-Börse, Internationales Wochenblatt der Entomologie*, **16**: 294 – 296, 302 – 304, 310 – 312; Leipzig.
- SWR (2021): Land will Apollofalter vorm Aussterben retten. SWR online vom 07.06.2021: <https://www.swr.de/swraktuell/rheinland-pfalz/koblenz/apollo-falter-mosel-fast-ausgestorben-100.html>; Stuttgart.
- Zahradníček, P., Brázdil, R., Rehor, J., Lhotka, O., Dobrovolný, P., Stepánek, P. & Trnka, M. (2021): Temperature extremes and circulation types in the Czech republic, 1961 – 2020. *International Journal of Climatology*: submitted for publication; Hoboken, New Jersey, United States of America.

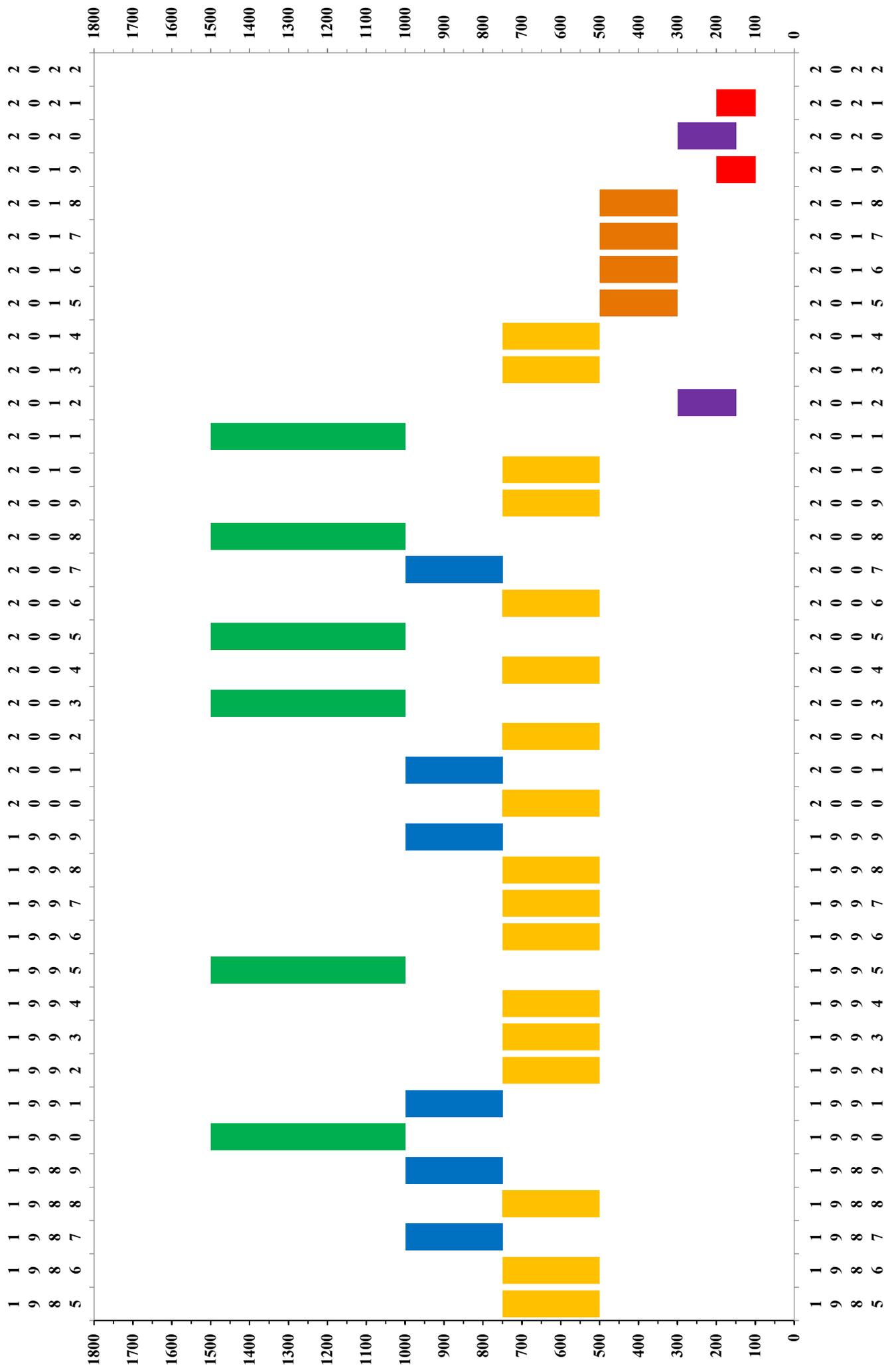
Verfasser: Dr. Detlef Mader  
 Hebelstraße 12  
 69190 Walldorf  
 dr.detlef.mader@web.de

## 6 Abbildungen

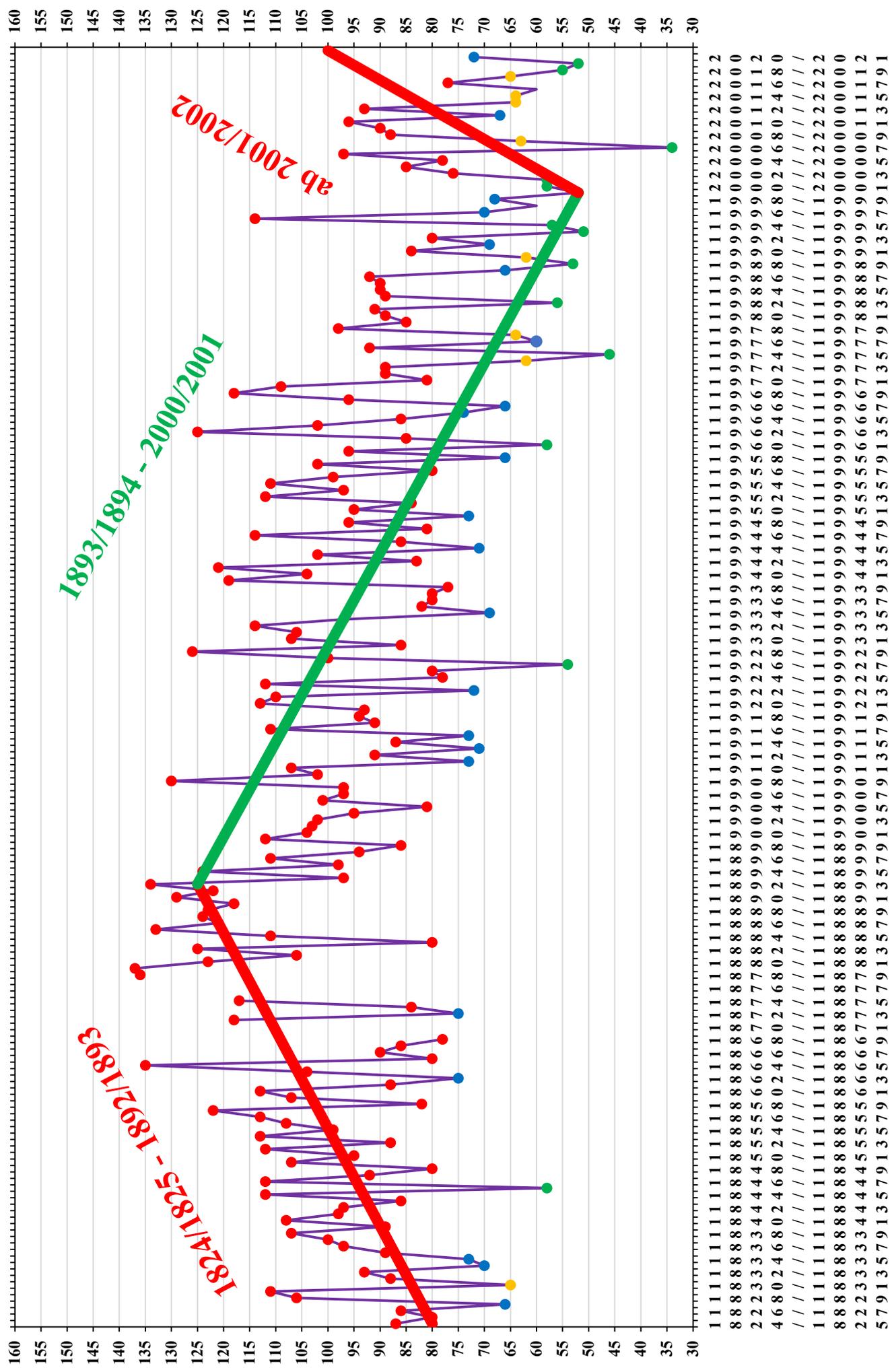
# Populationsstärke des Mosel-Apollo von 1895 bis 2021



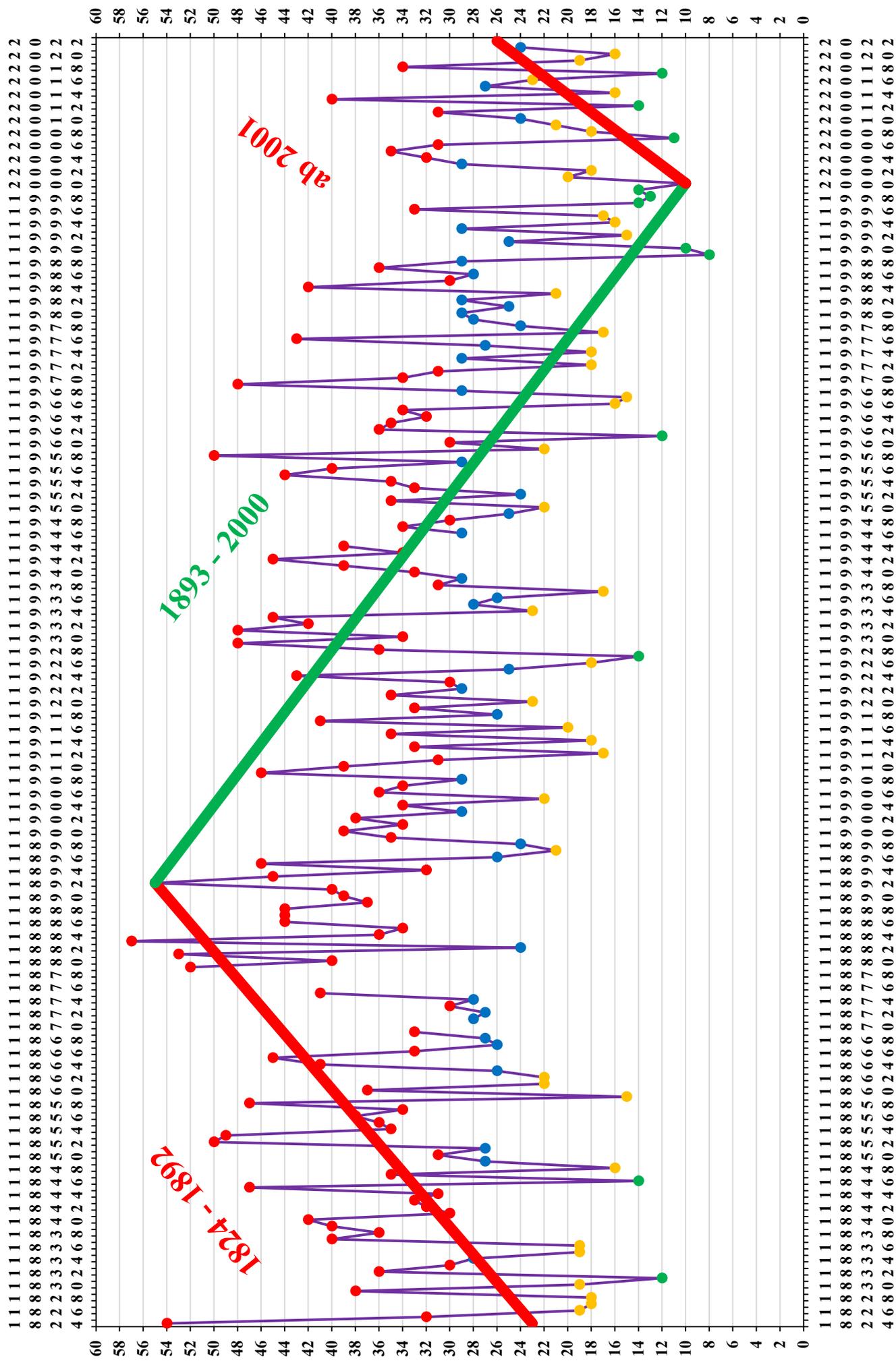
# Populationsstärke des Mosel-Apollo von 1985 bis 2021



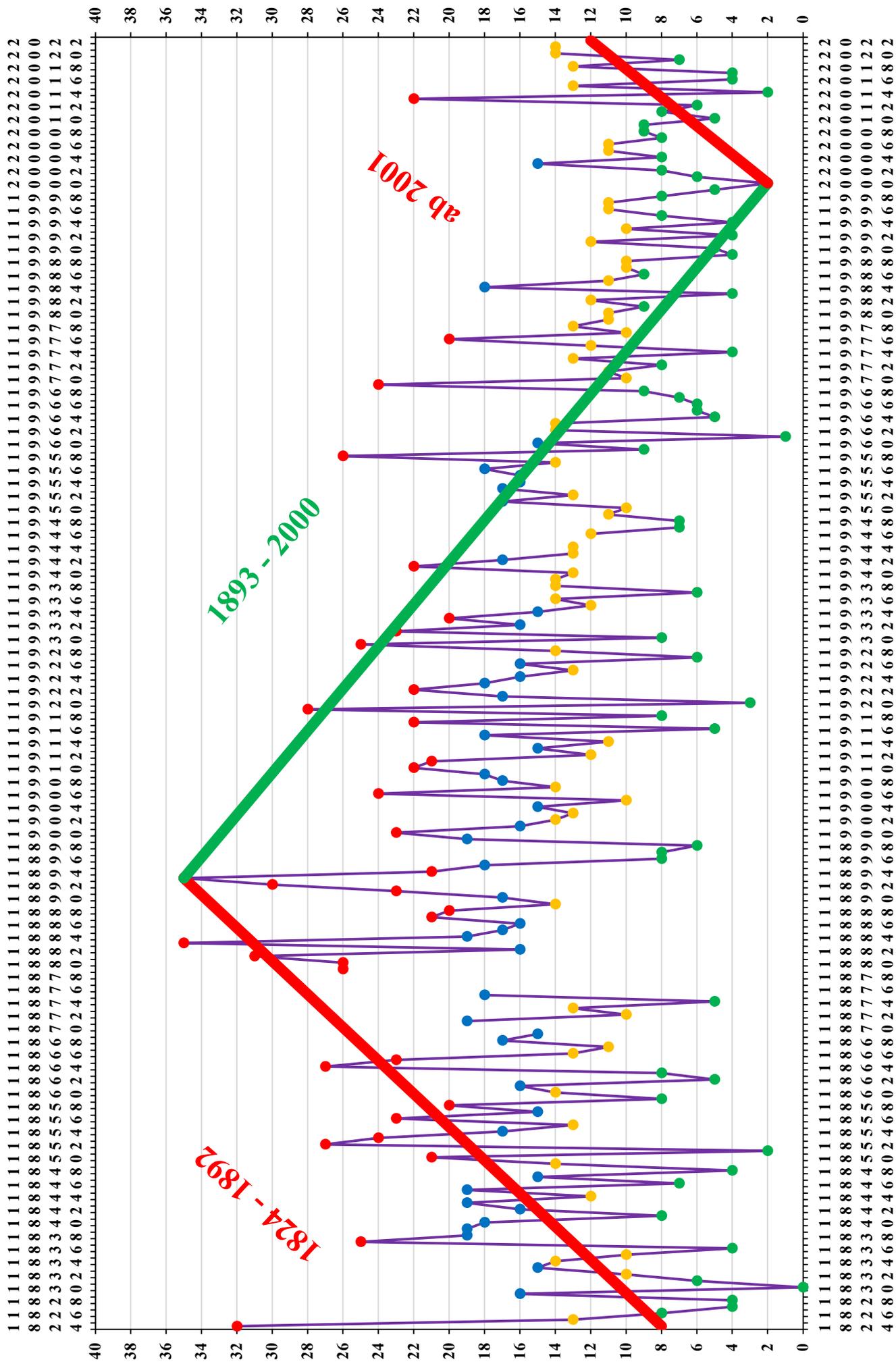
# Frostnächte (Minimum ab 0 °C) in Jena von 1824/1825 bis 2020/2021



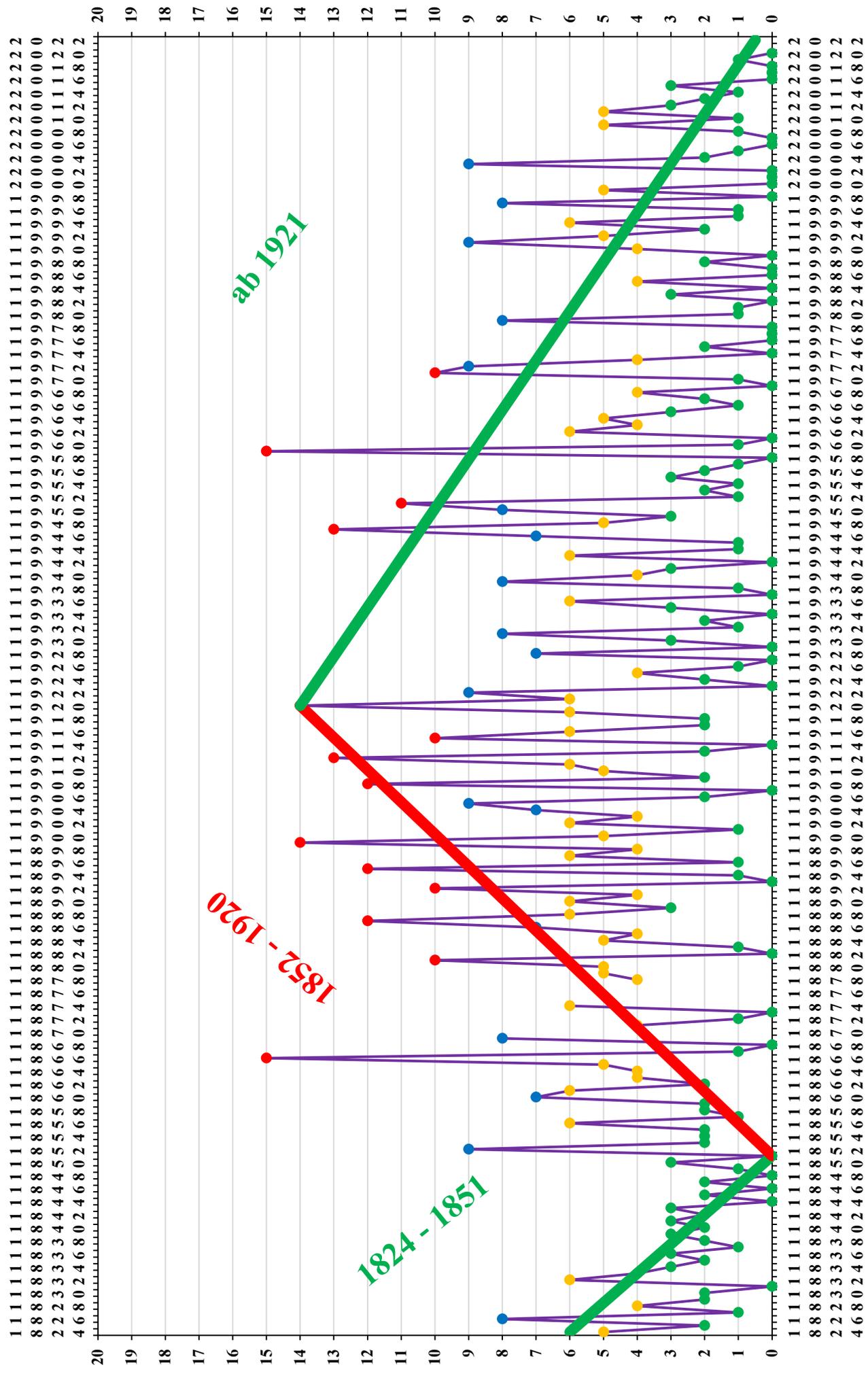
# Späte Frostnächte (Minimum ab 0 °C) von Mitte Februar bis Mitte Mai in Jena von 1824 bis 2021



# Späte Frostnächte (Minimum ab 0 °C) von Mitte März bis Mitte Mai in Jena von 1824 bis 2021

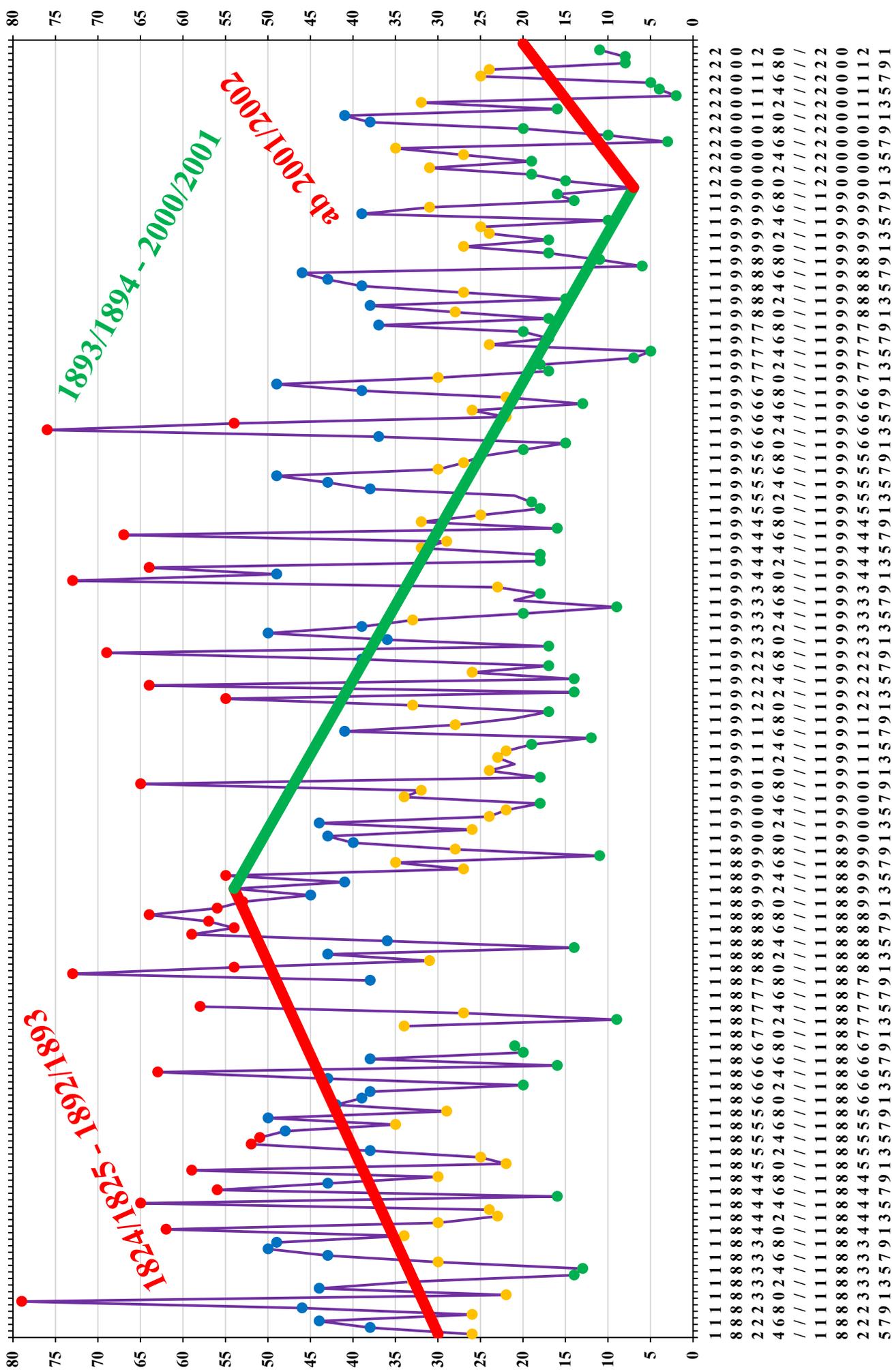


# Frühe Frostnächte (Minimum ab 0 °C) von Mitte September bis Ende Oktober in Jena von 1824 bis 2021

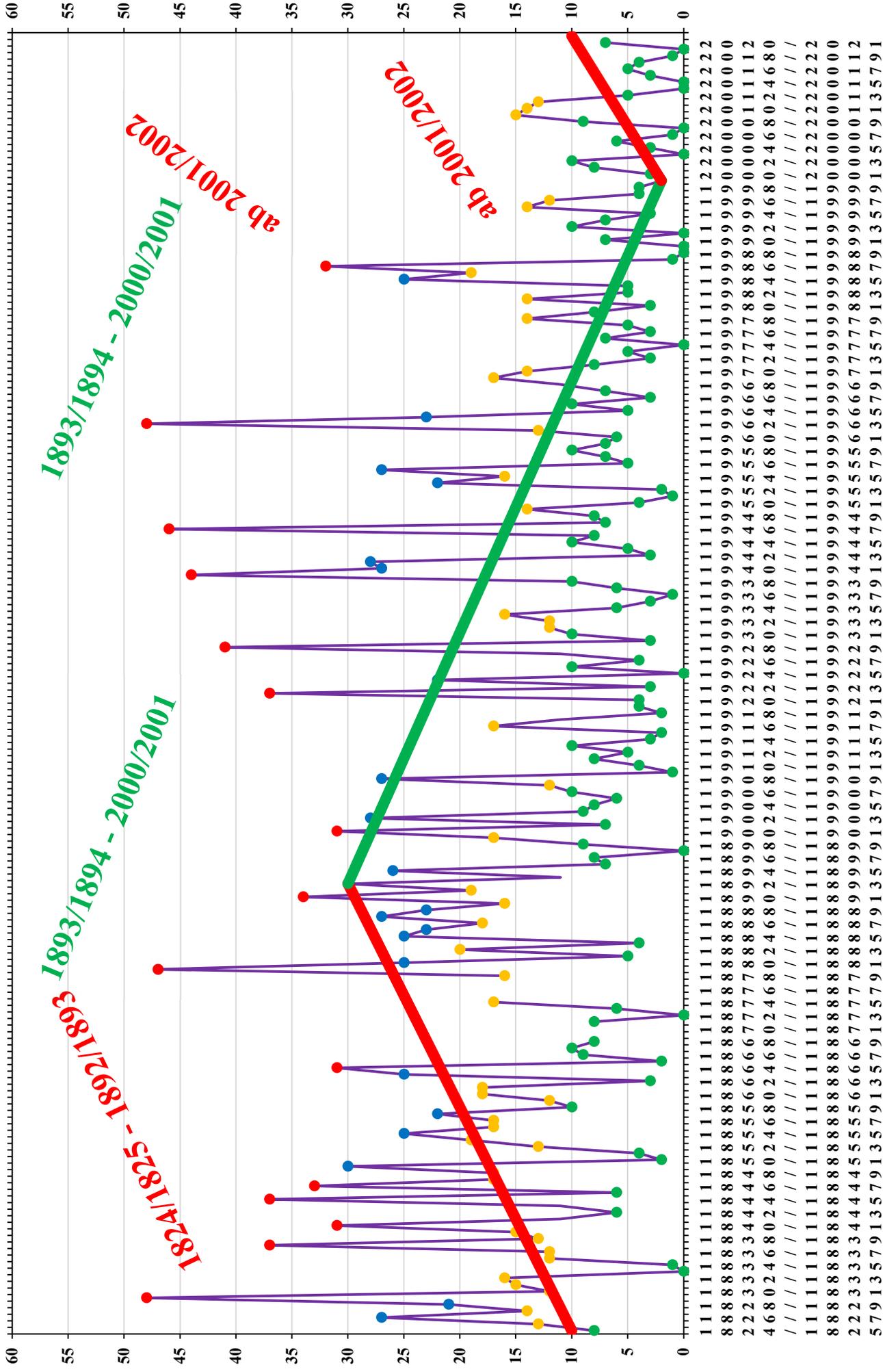




# Superfrosträchte (Minimum ab - 5 °C) in Jena von 1824/1825 bis 2020/2021

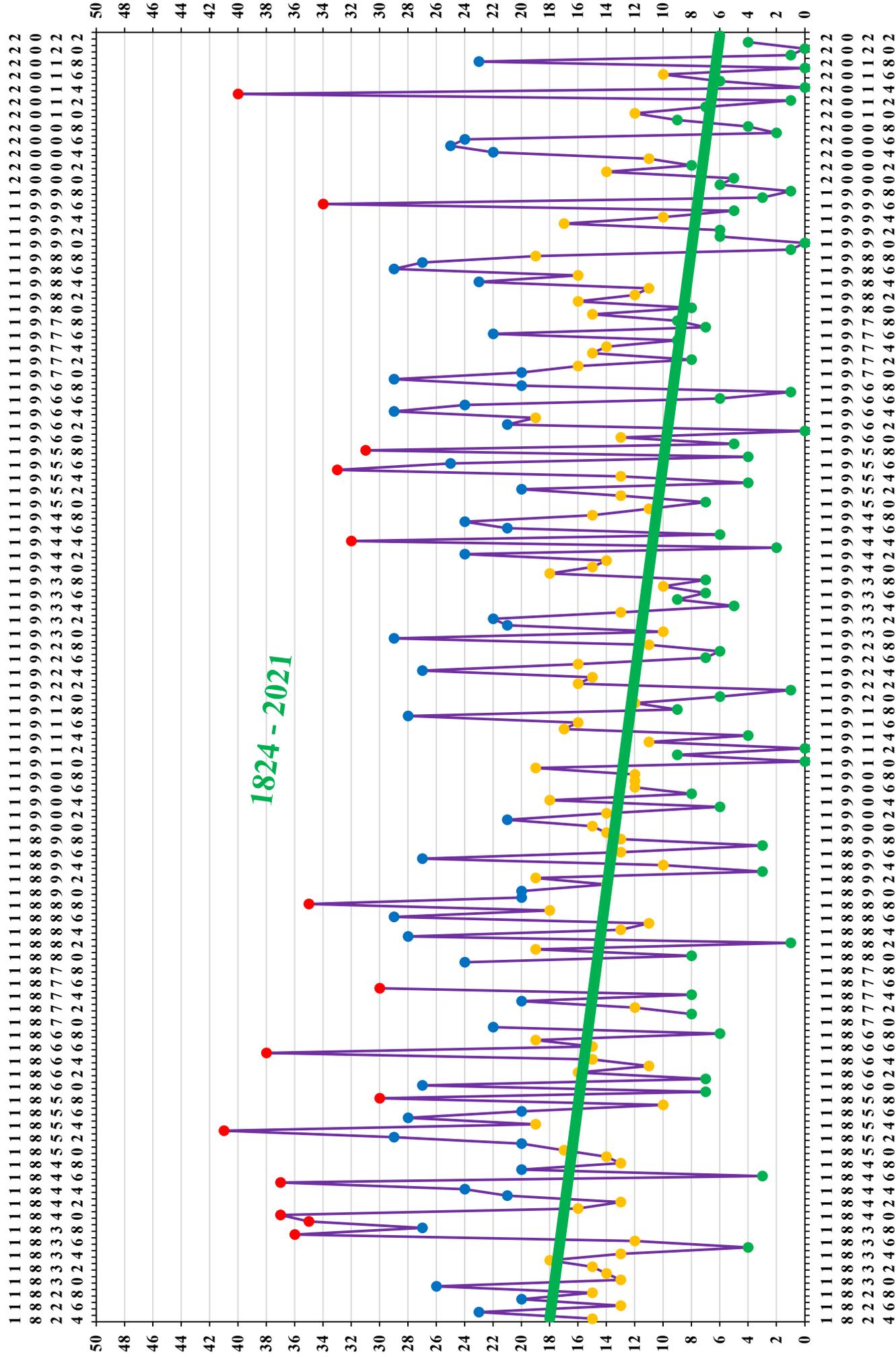


# Ultrafrosträchte (Minimum ab - 10 °C) in Jena von 1824/1825 bis 2020/2021

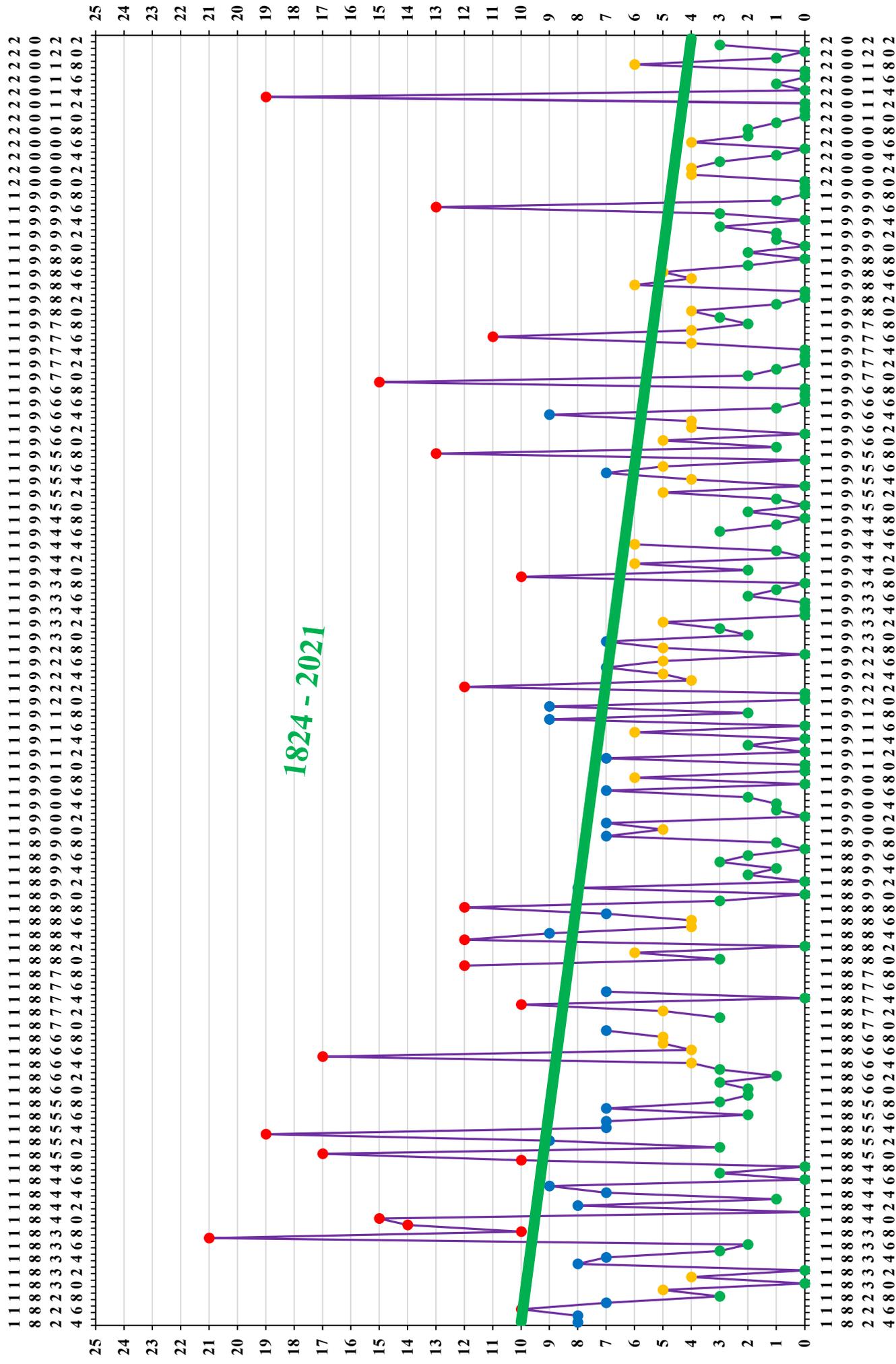




# Späte Kältetage (Maximum bis 5 °C) von Mitte Februar bis Mitte April in Jena von 1824 bis 2021



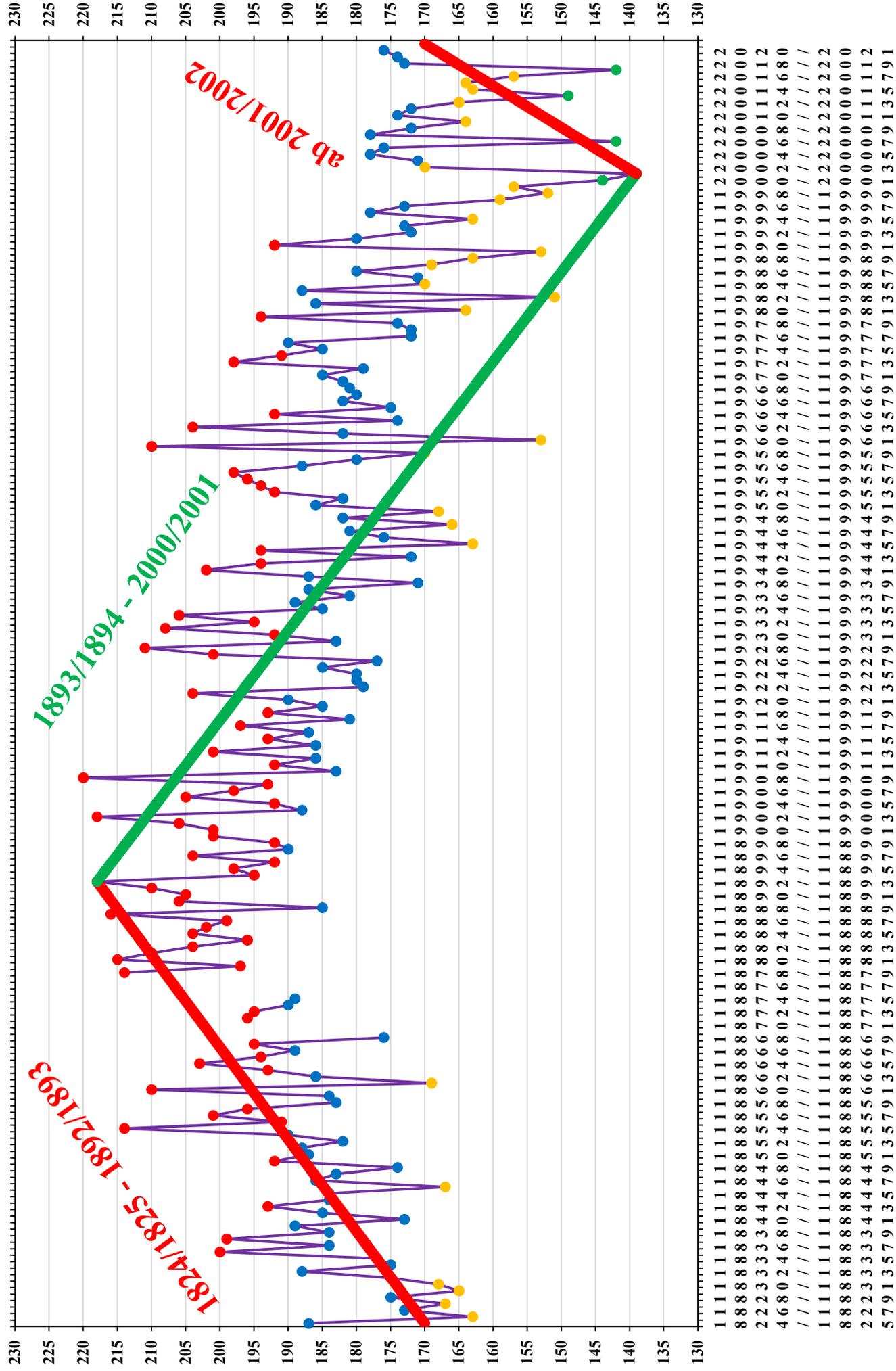
# Späte Kältetage (Maximum bis 5 °C) von Mitte März bis Mitte Mai in Jena von 1824 bis 2021



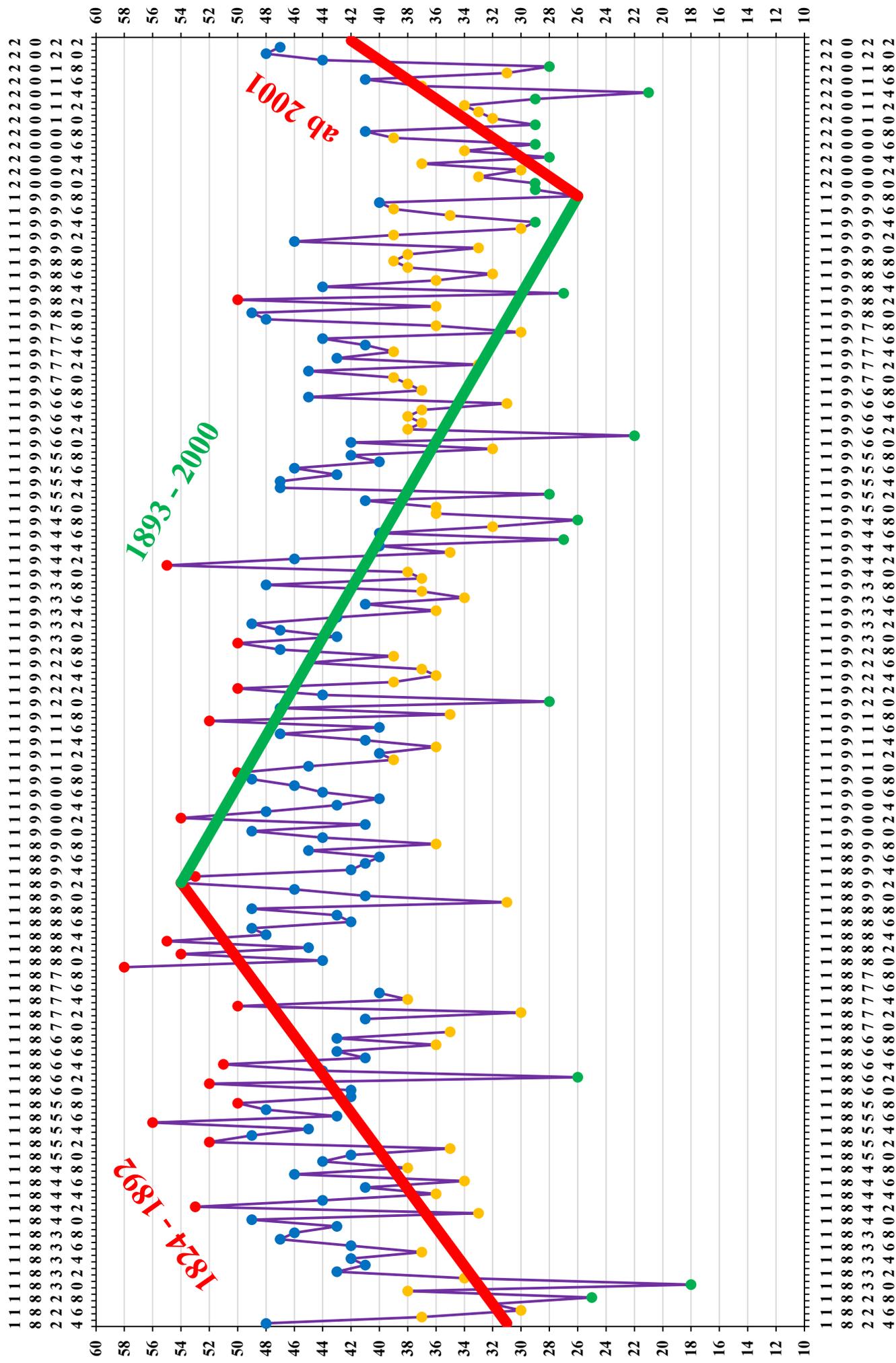
1824 - 2021



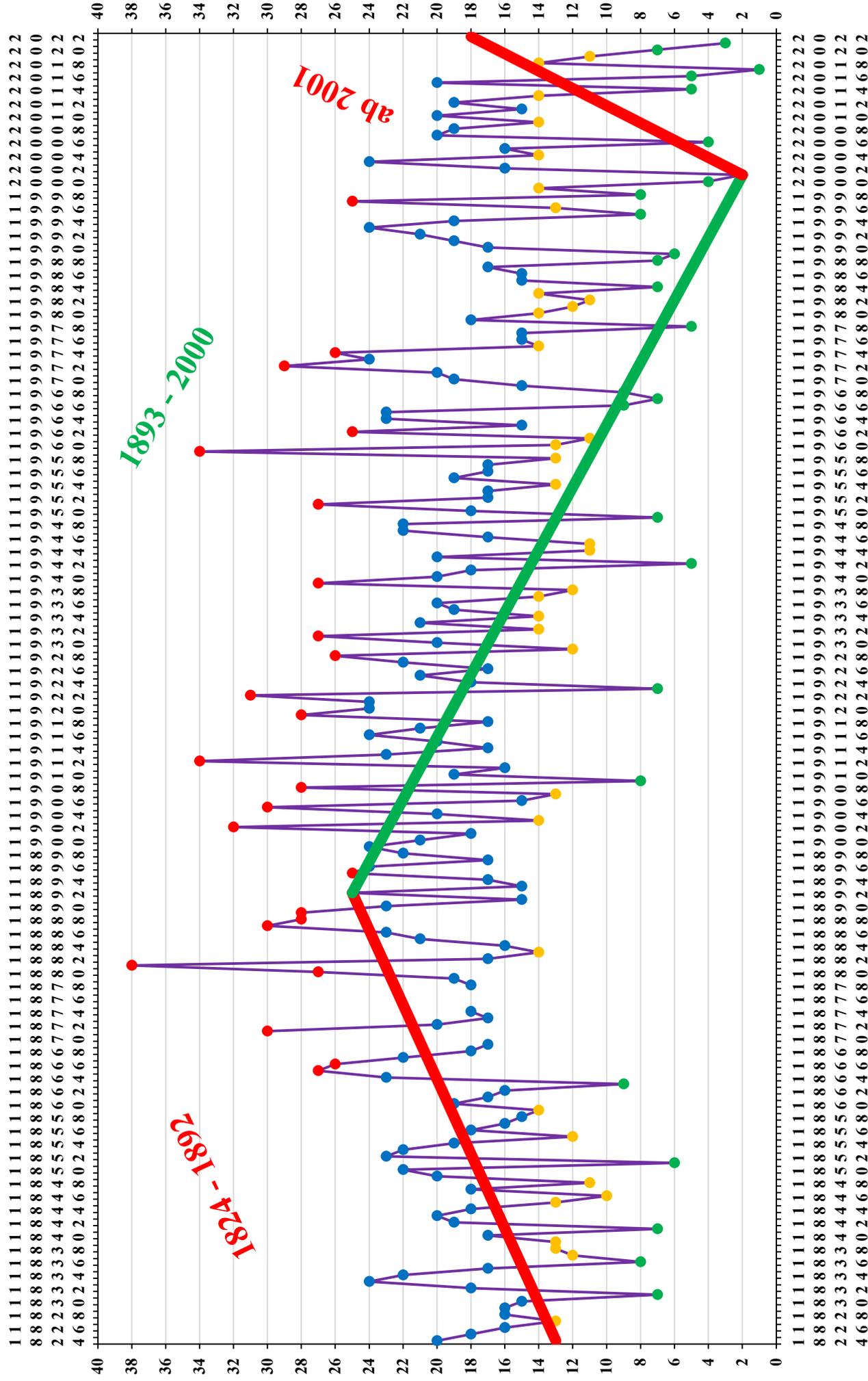
# Kältenächte (Minimum bis 5 °C) in Jena von 1824/1825 bis 2020/2021



# Späte Kältenächte (Minimum bis 5 °C) von Mitte März bis Mitte Mai in Jena von 1824 bis 2021

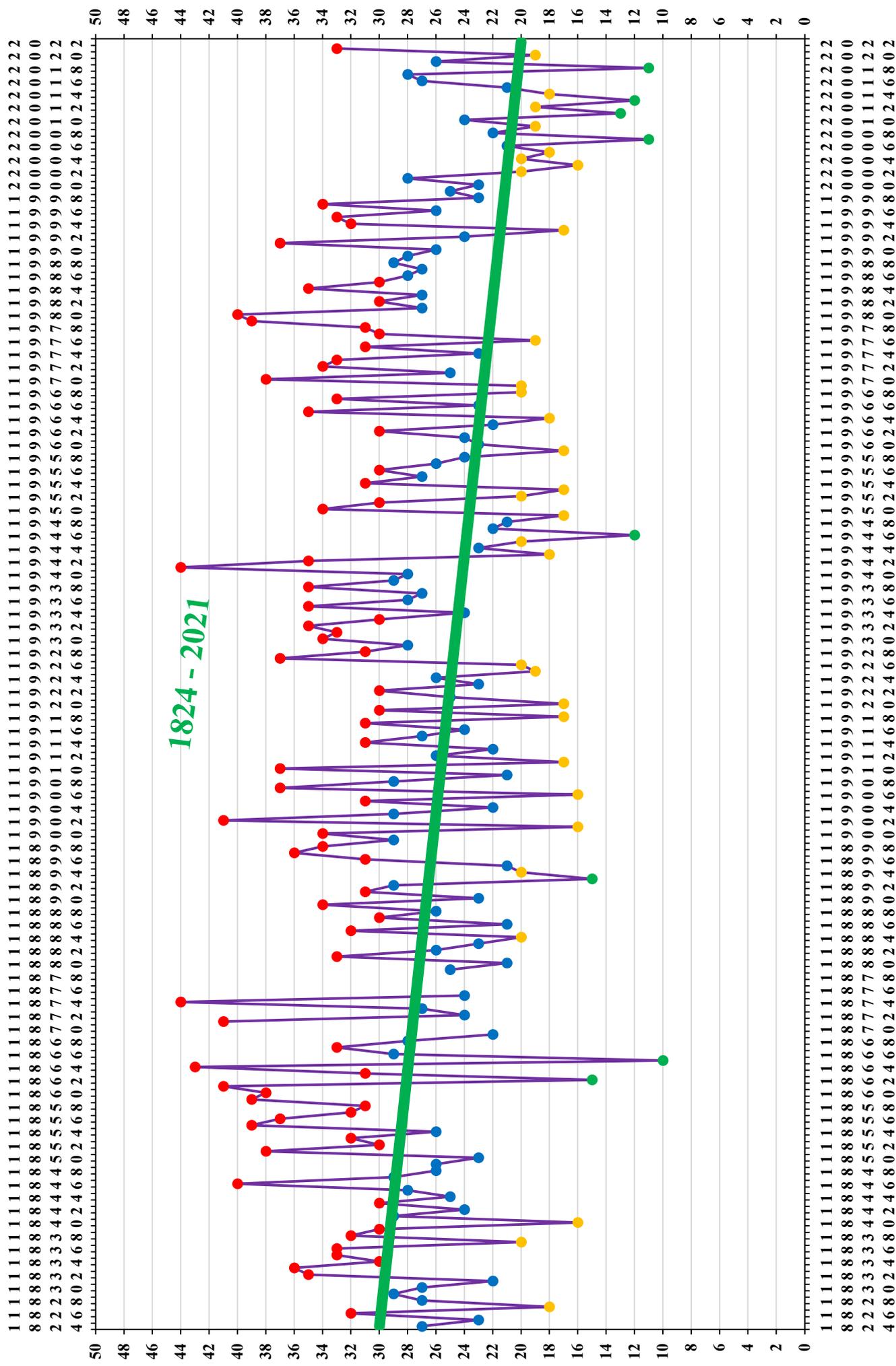


# Frühe Kältenächte (Minimum bis 5 °C) von Mitte September bis Ende Oktober in Jena von 1824 bis 2021

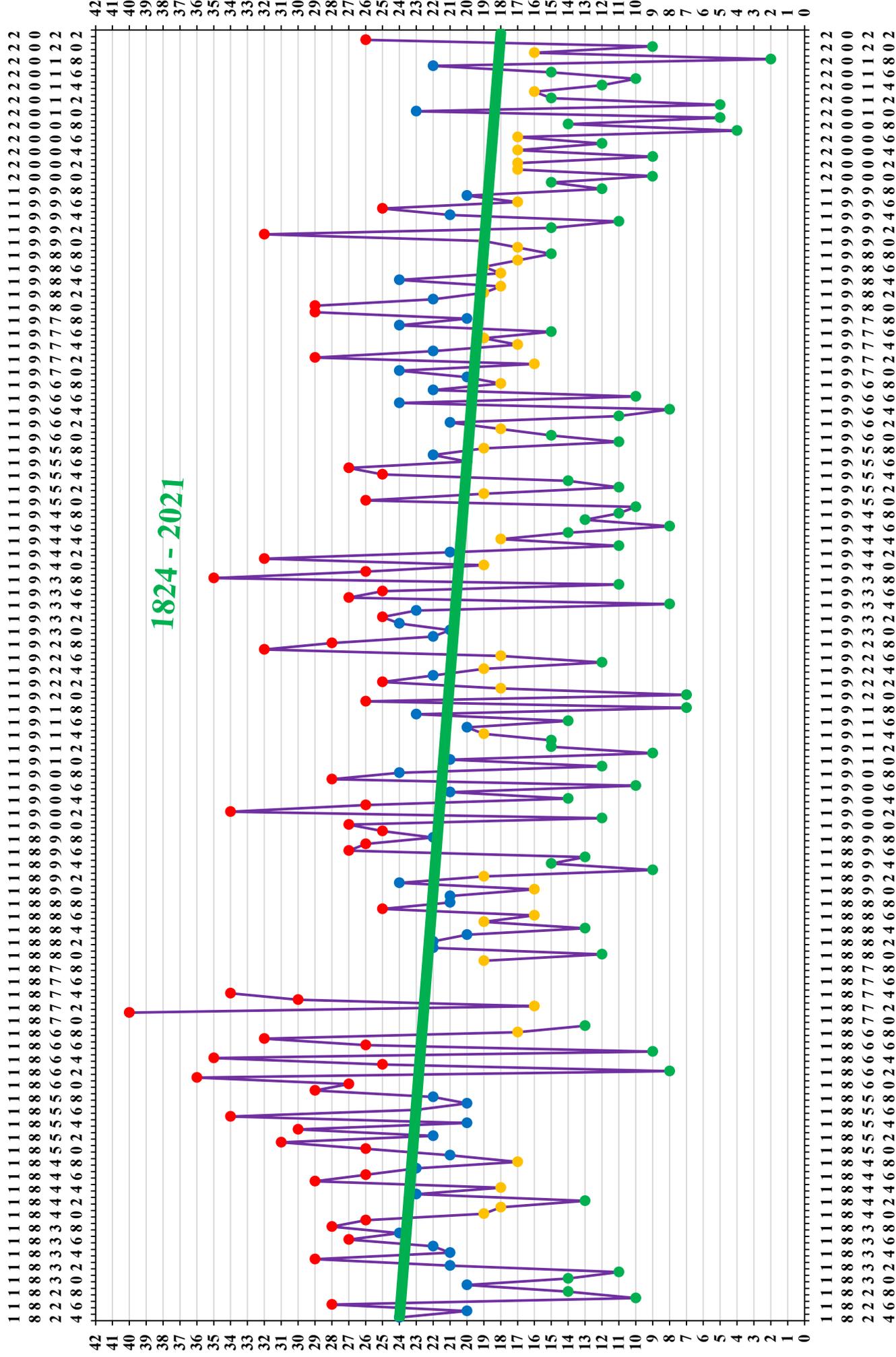




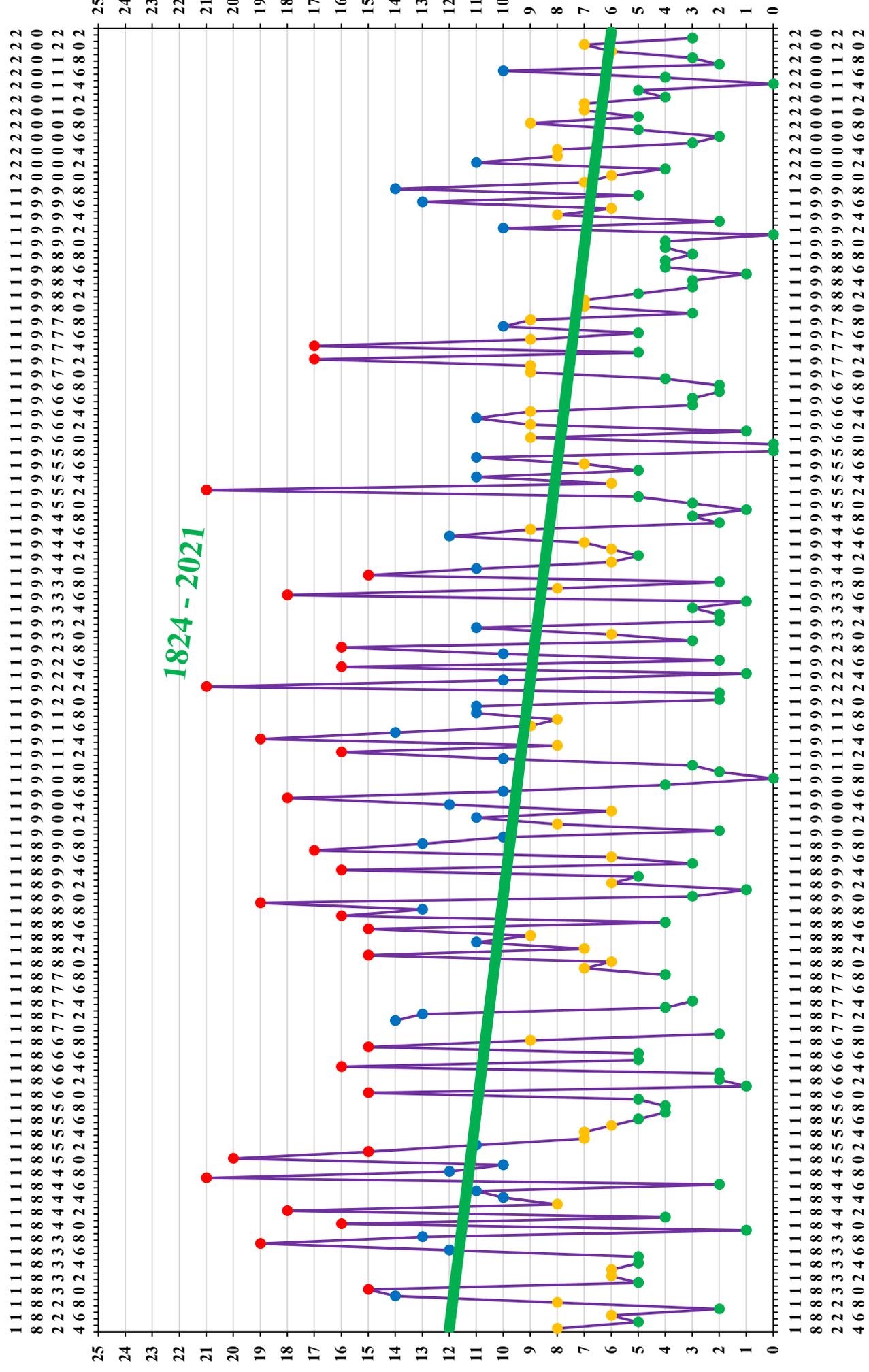
# Späte Kühletage (Maximum 6 - 14 °C) von Mitte März bis Mitte Mai in Jena von 1824 bis 2021



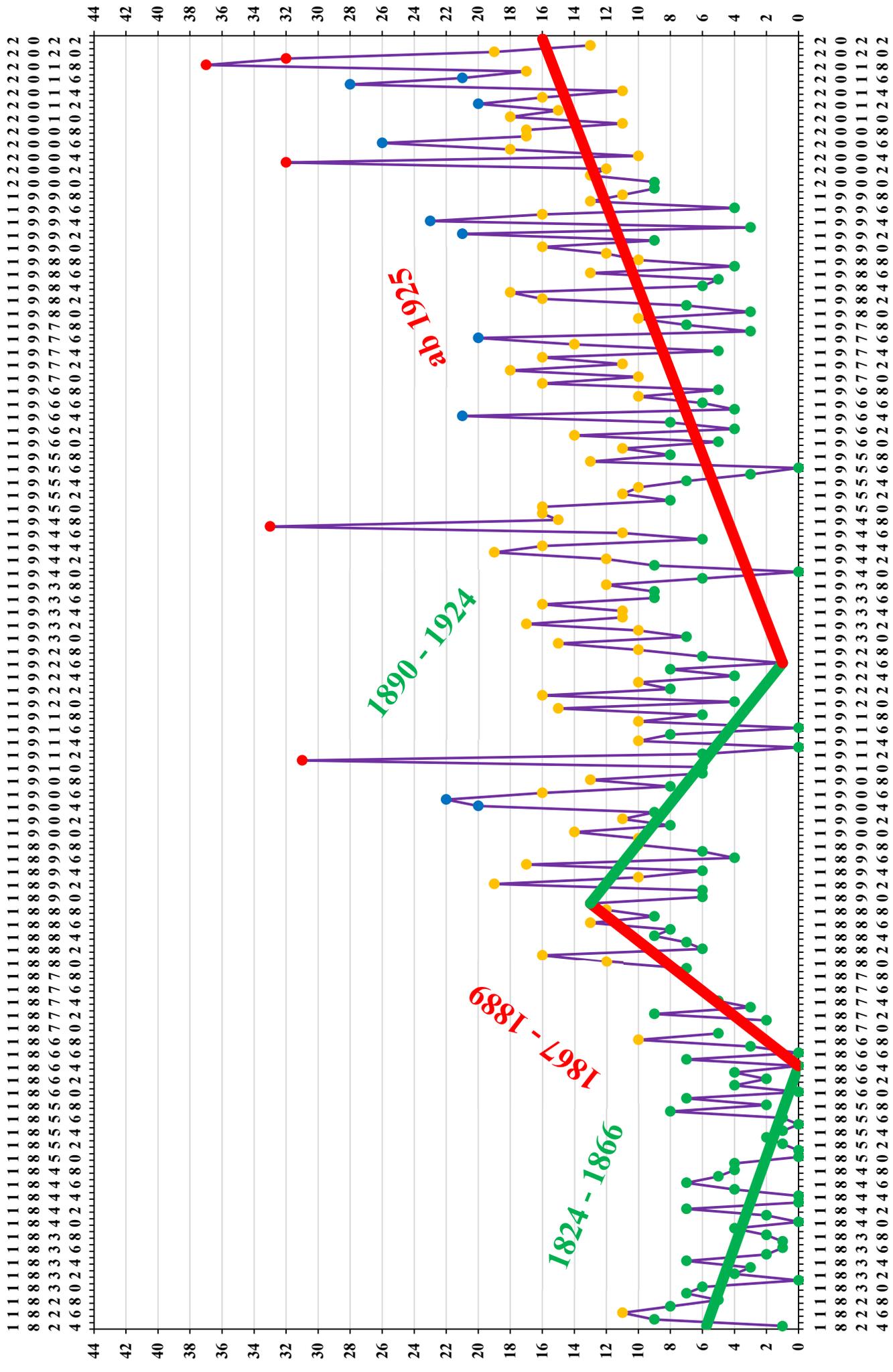
# Späte Kühletage (Maximum 6 - 14 °C) von Anfang April bis Ende Mai in Jena von 1824 bis 2021



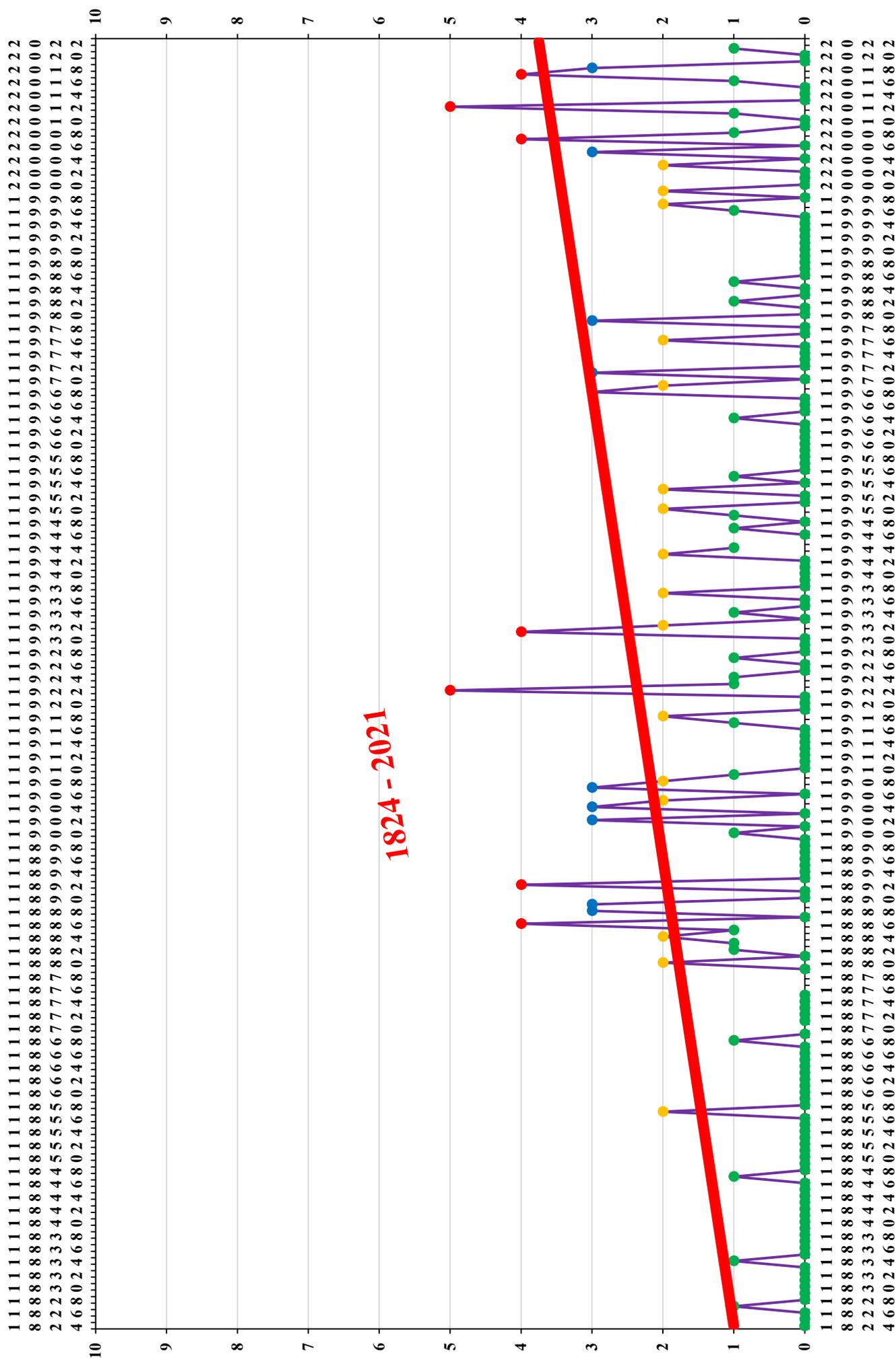
# Frühe Kühletage (Maximum 6 - 14 °C) von Anfang September bis Mitte Oktober in Jena von 1824 bis 2021



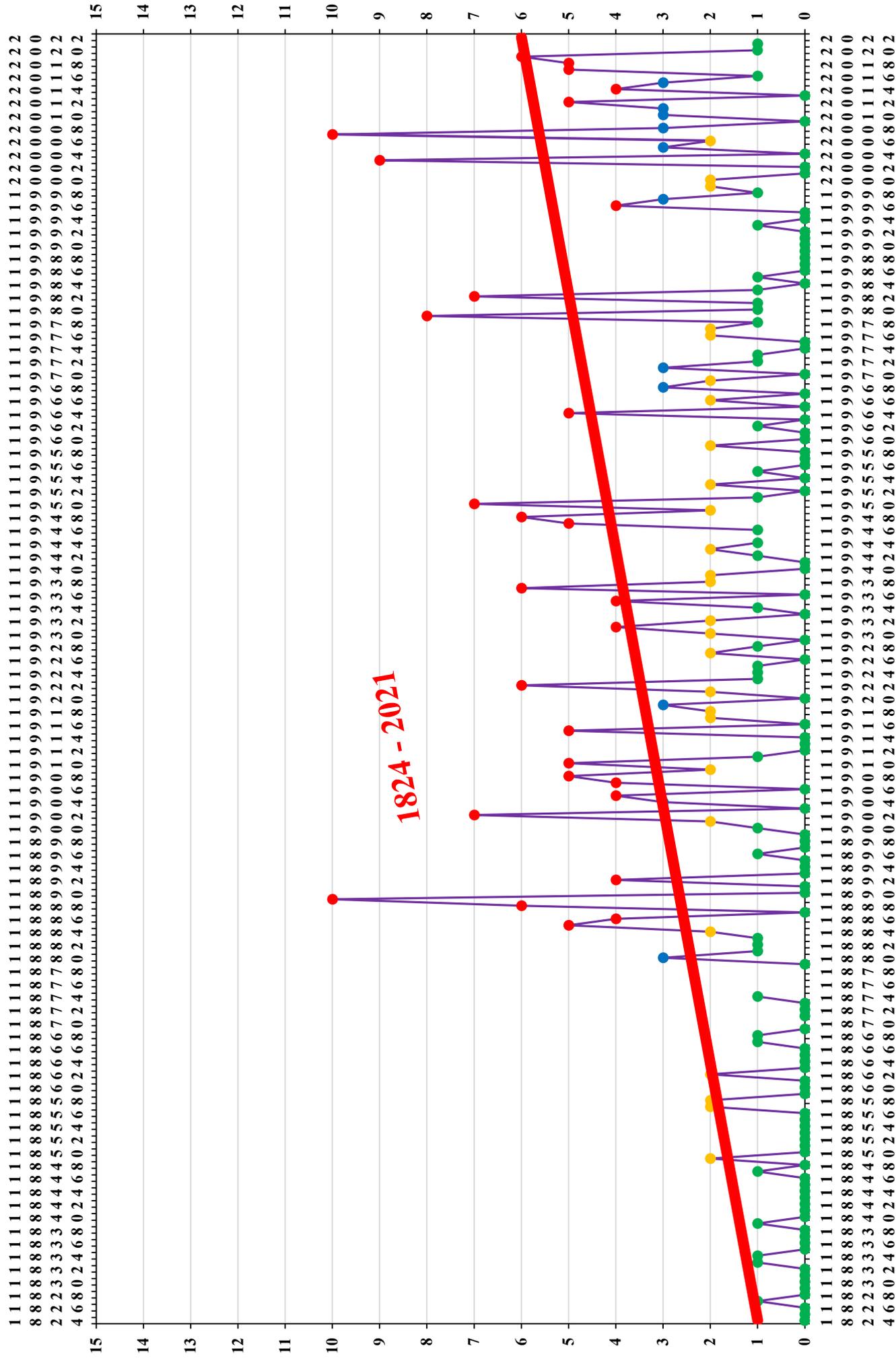
# Hitzetage (Maximum ab 30 °C) in Jena von 1824 bis 2021



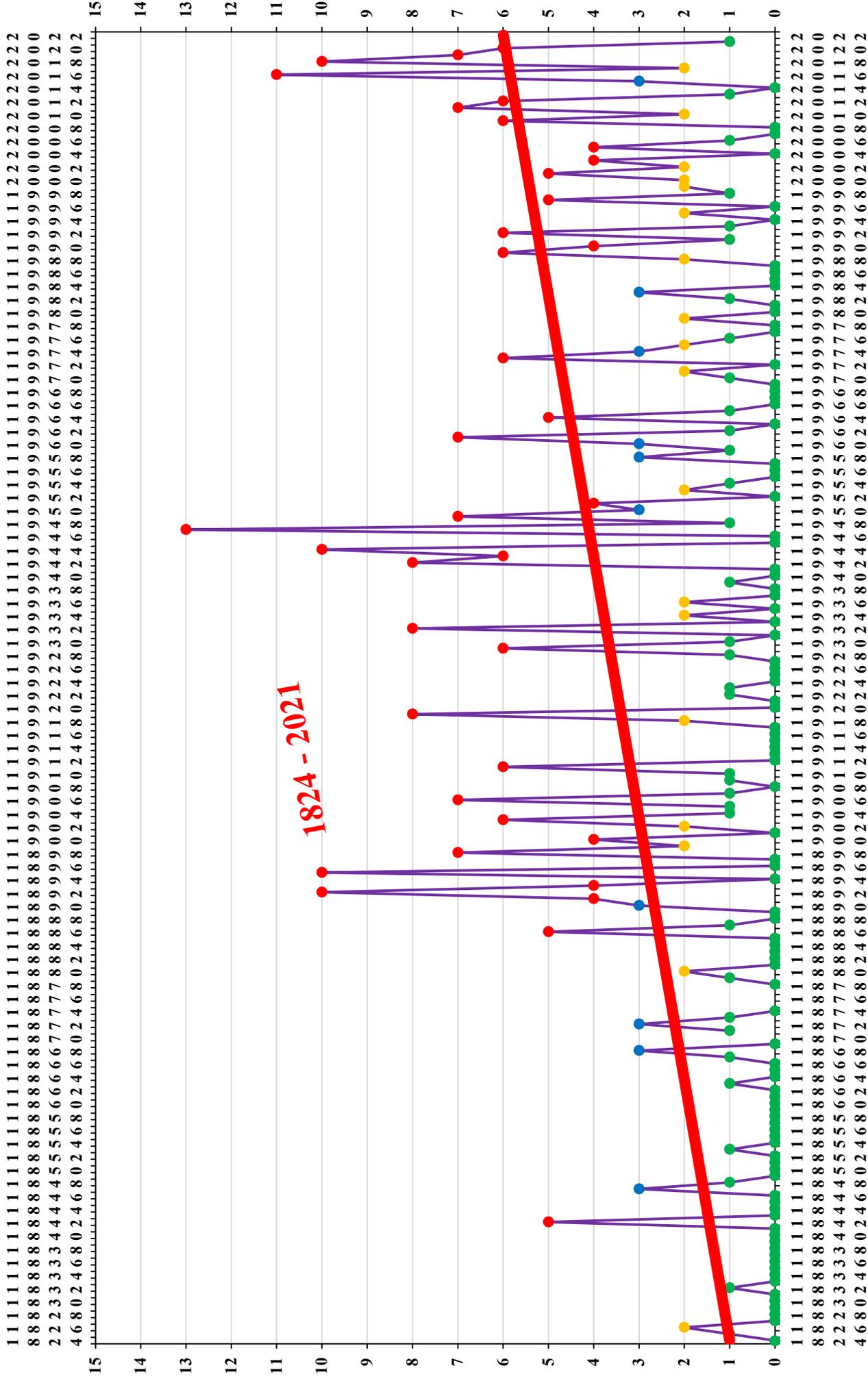
# Frühe Hitzetage (Maximum ab 30 °C) von Mitte April bis Ende Mai in Jena von 1824 bis 2021



# Frühe Hitzetage (Maximum ab 30 °C) von Mitte April bis Mitte Juni in Jena von 1824 bis 2021

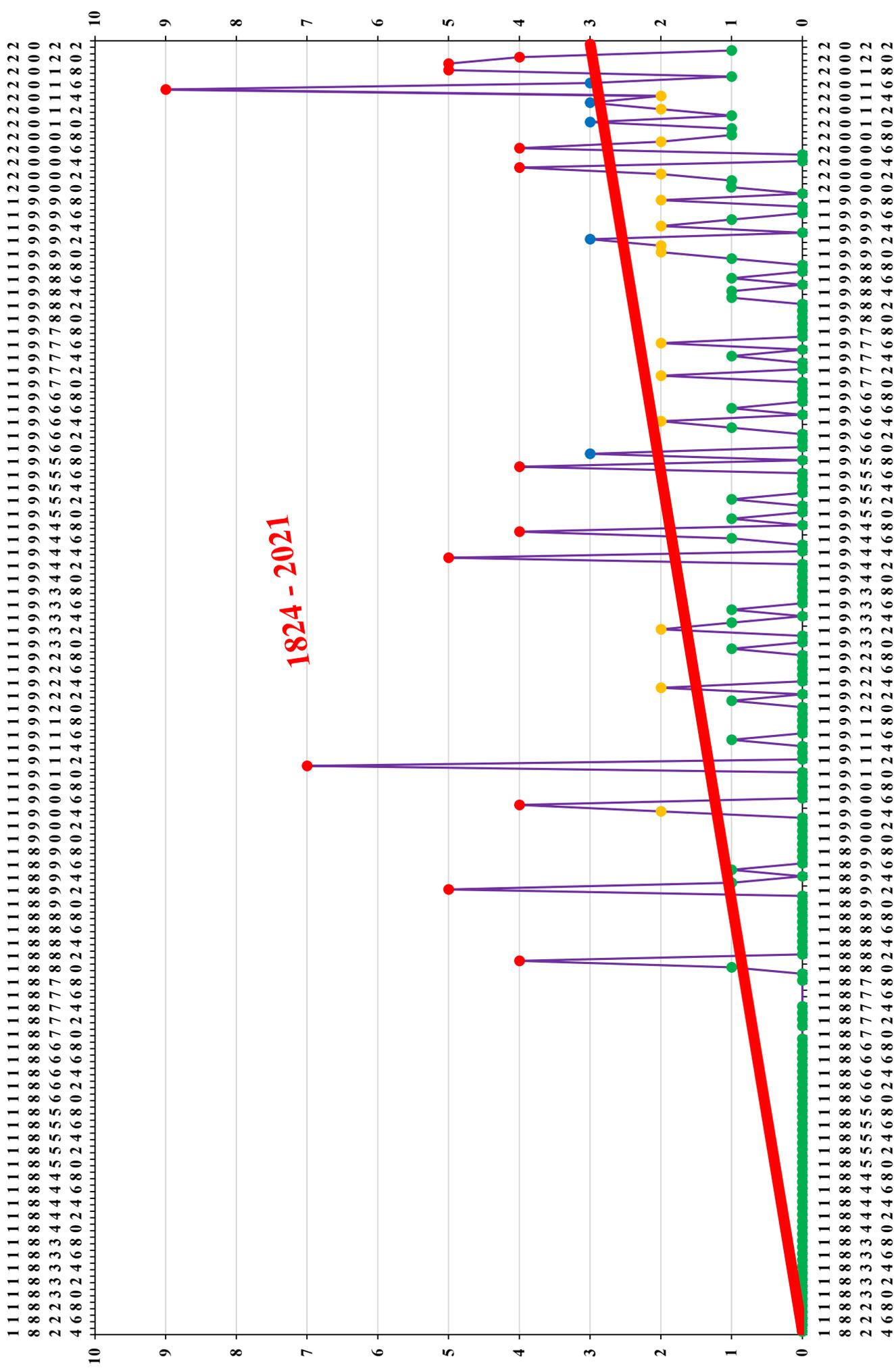


# Späte Hitzetage (Maximum ab 30 °C) von Mitte August bis Ende September in Jena von 1824 bis 2021

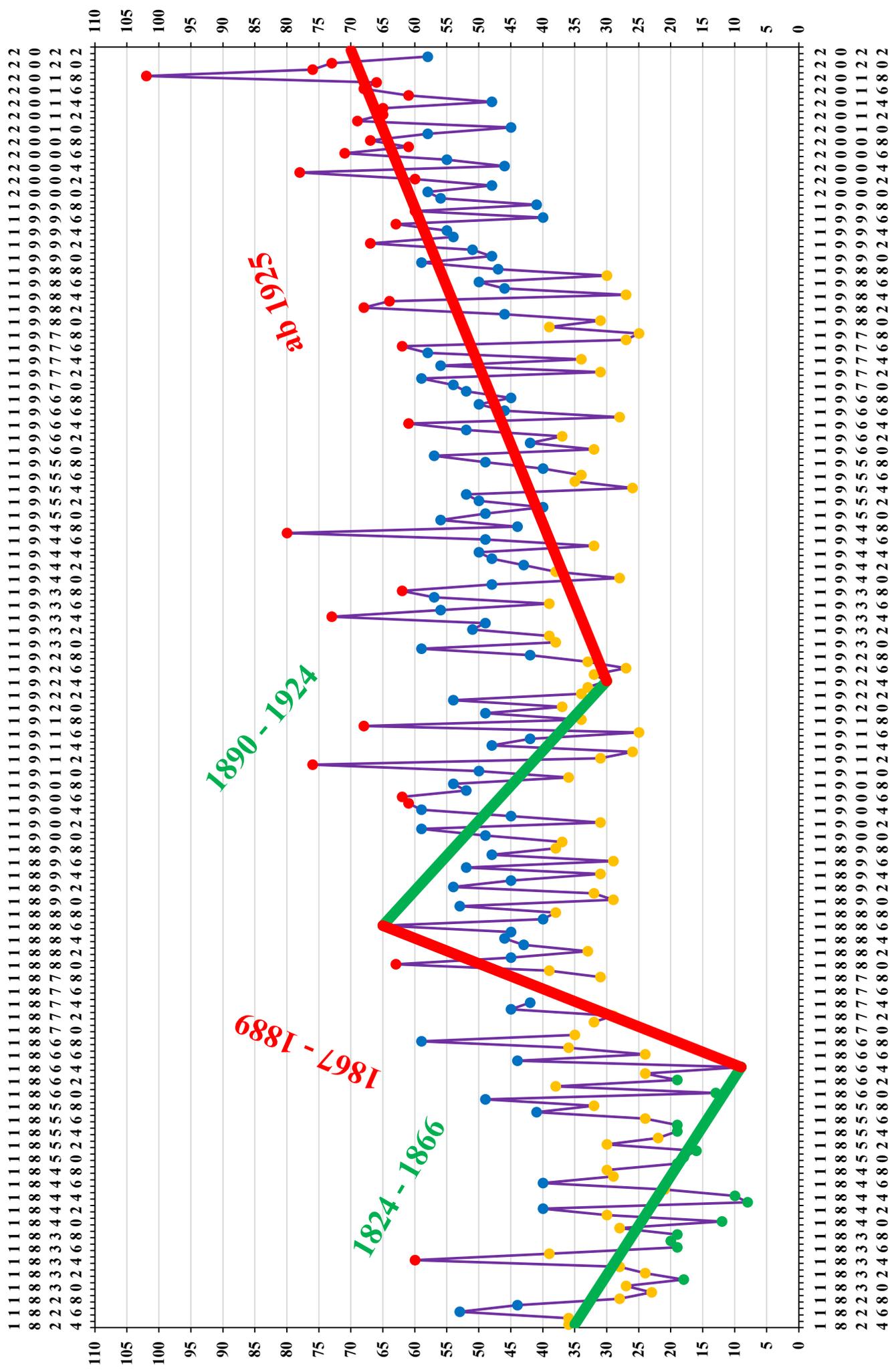




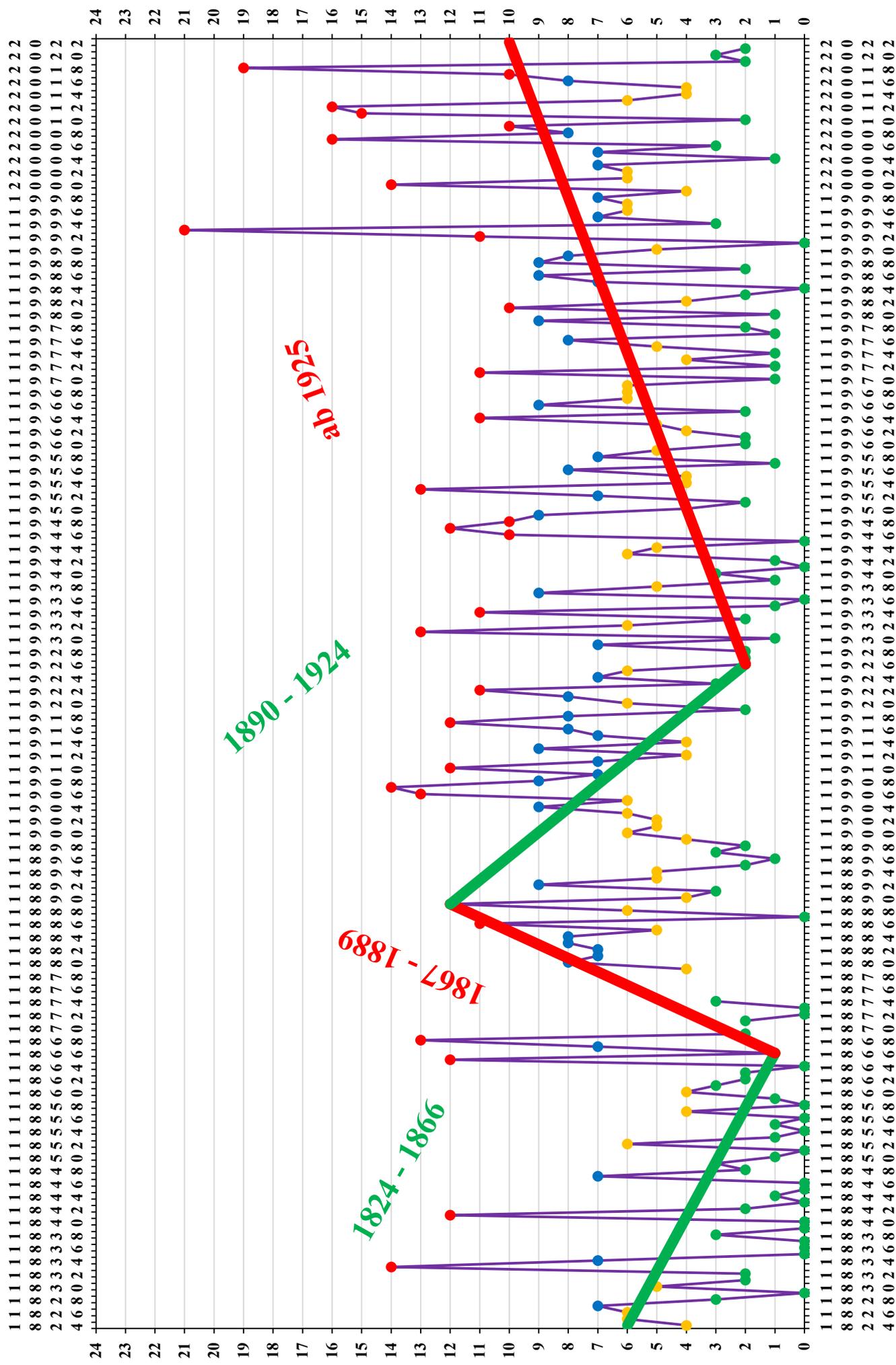
# Ultrahitzetage (Maximum ab 35 °C) in Jena von 1824 bis 2021



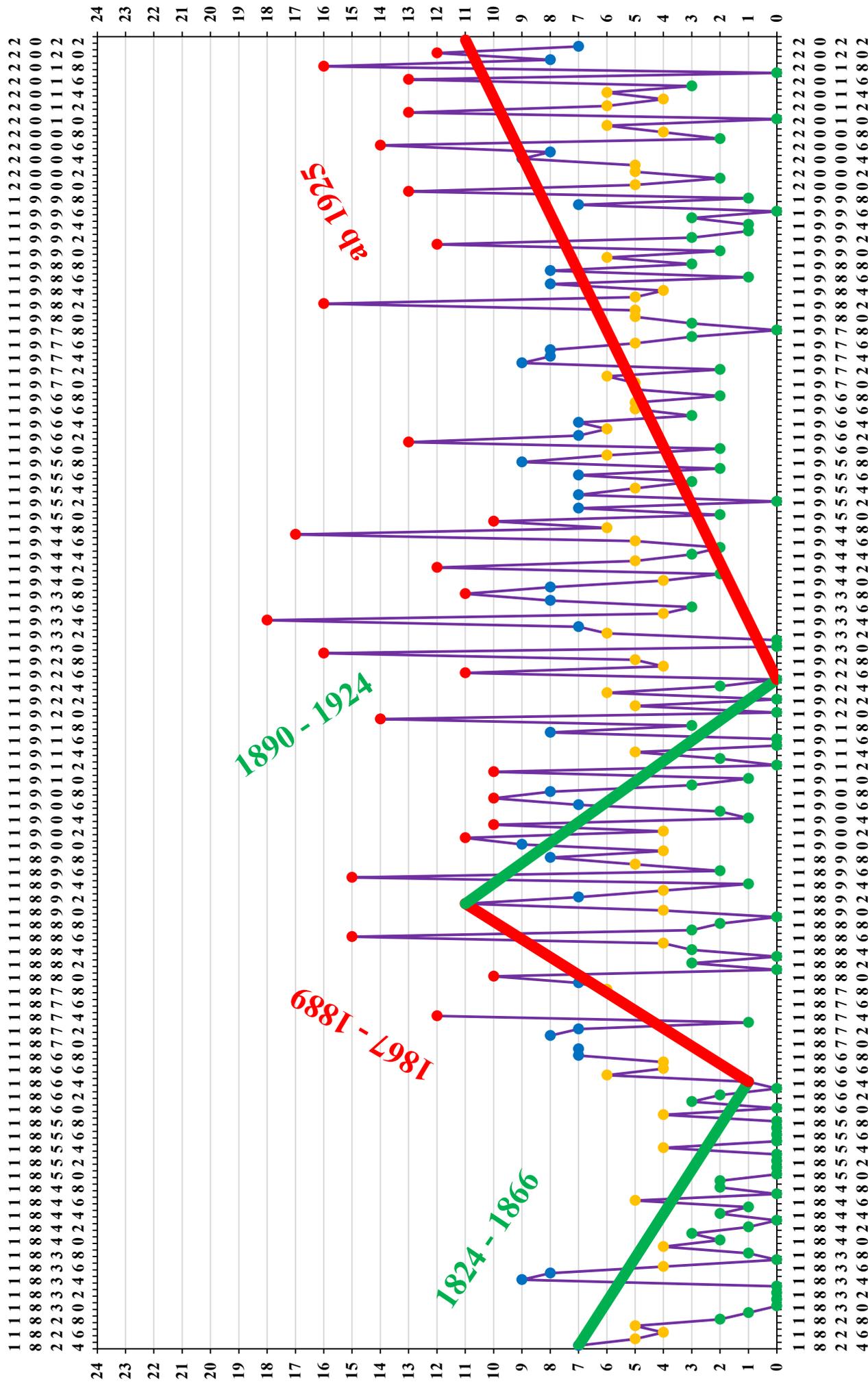
# Sommertage (Maximum ab 25 °C) in Jena von 1824 bis 2021



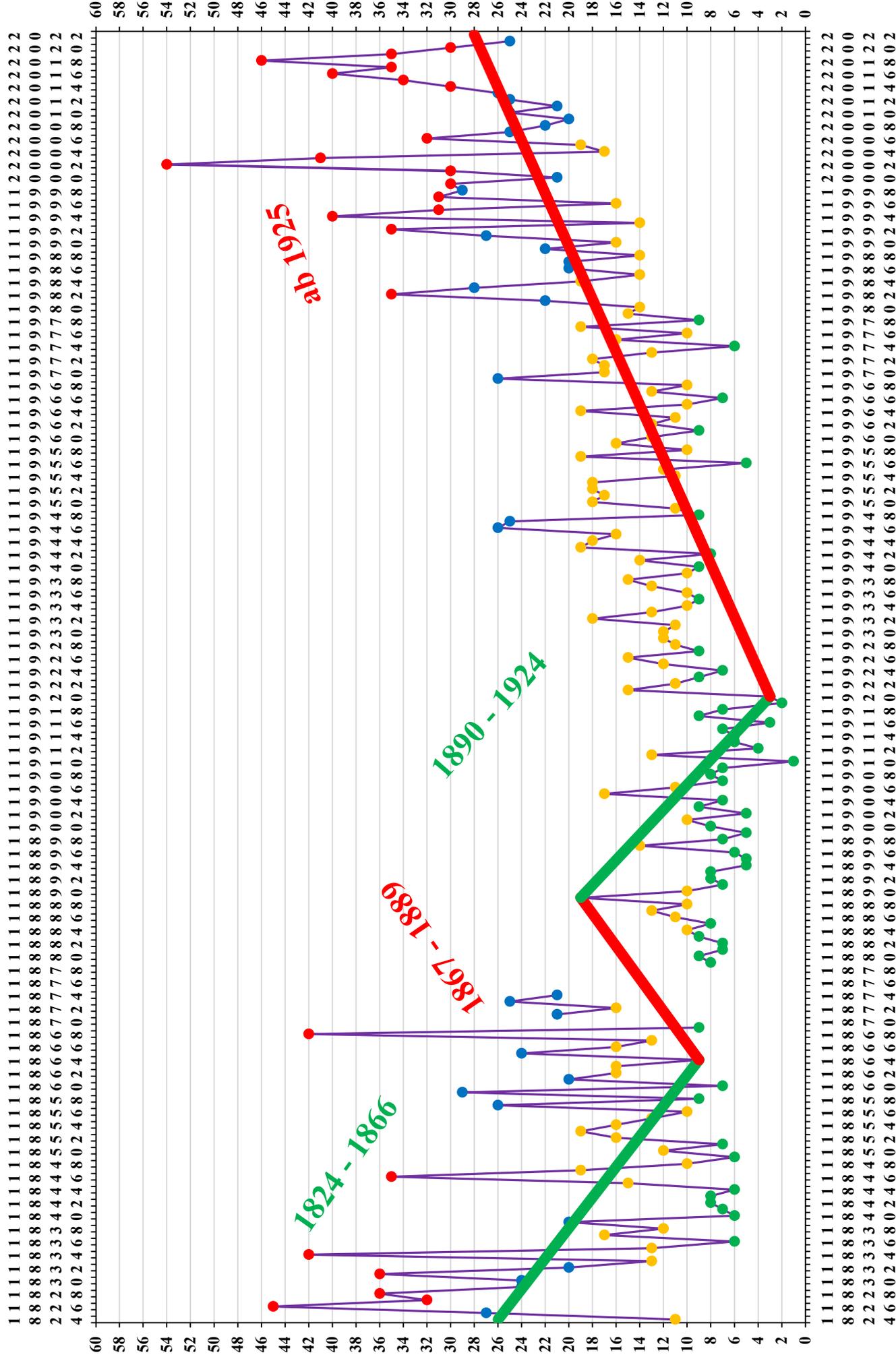
# Frühe Sommertage (Maximum ab 25 °C) von Anfang April bis Ende Mai in Jena von 1824 bis 2021



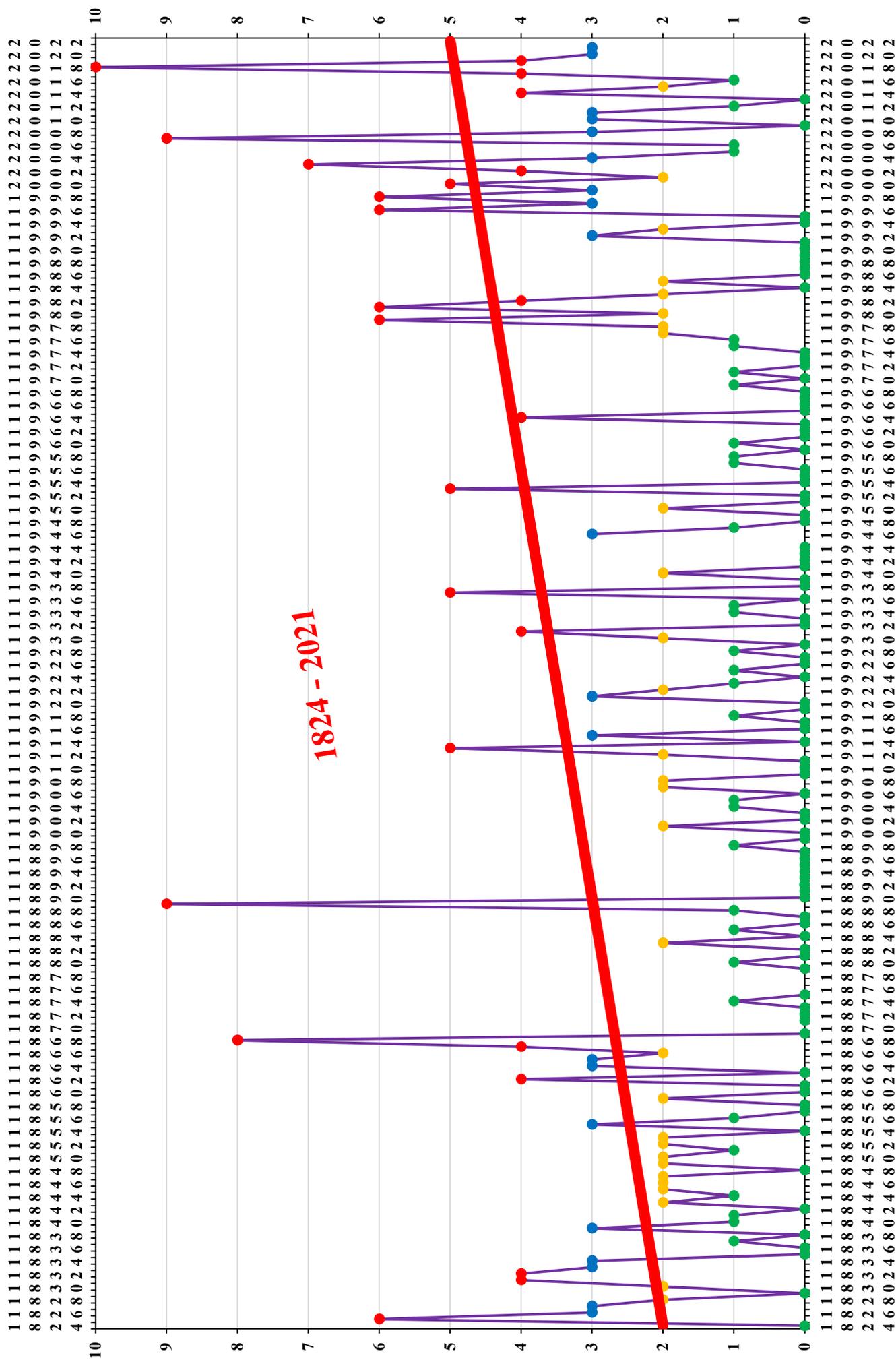
# Späte Sommertage (Maximum ab 25 °C) von Anfang September bis Mitte Oktober in Jena von 1824 bis 2021



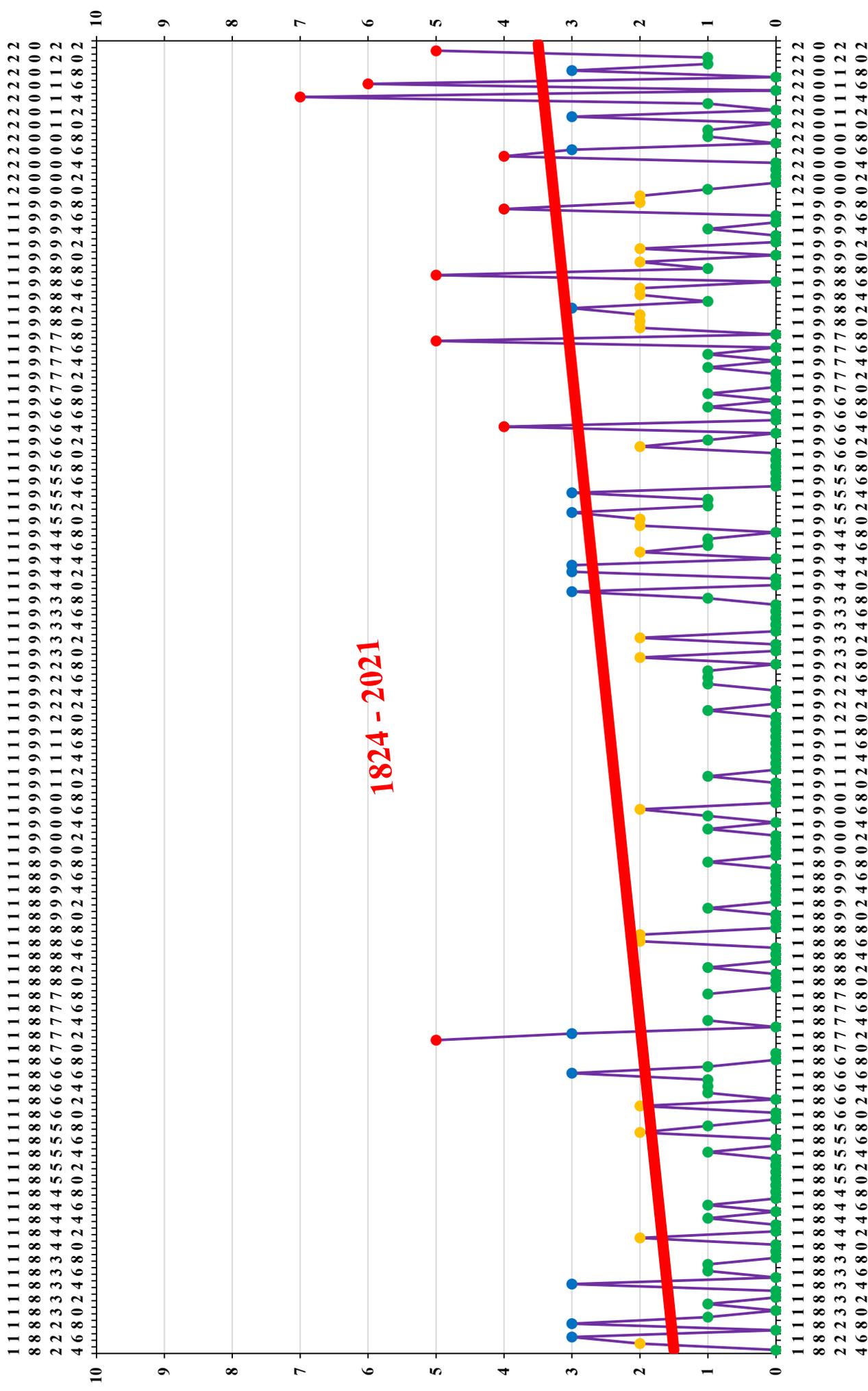
# Sommernächte (Minimum ab 15 °C) in Jena von 1824 bis 2021



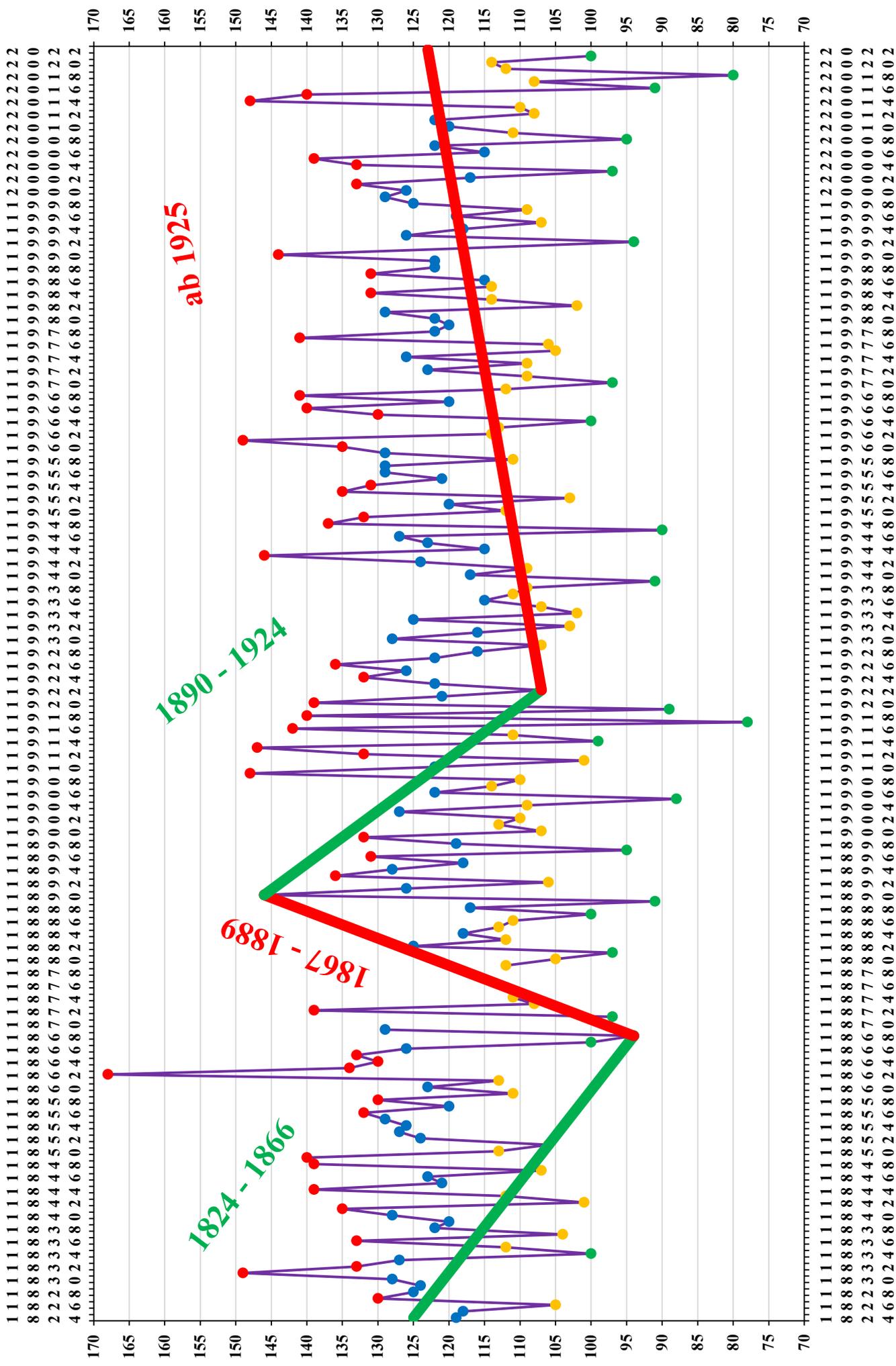
# Frühe Sommernächte (Minimum ab 15 °C) von Mitte April bis Mitte Juni in Jena von 1824 bis 2021



# Späte Sommernächte (Minimum ab 15 °C) von Anfang September bis Mitte Oktober in Jena von 1824 bis 2021

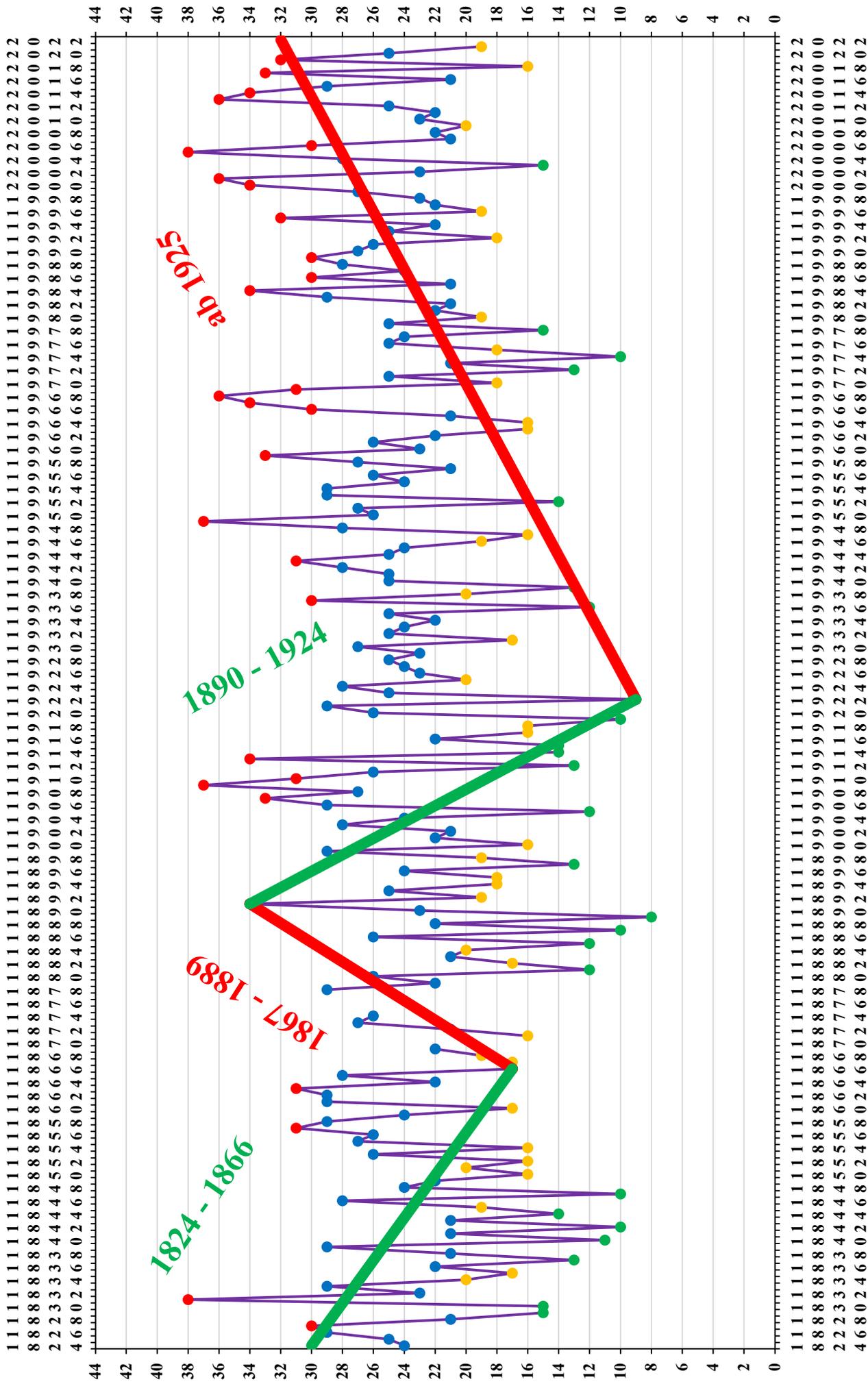


# Übergangstage (Maximum 15 - 24 °C) in Jena von 1824 bis 2021

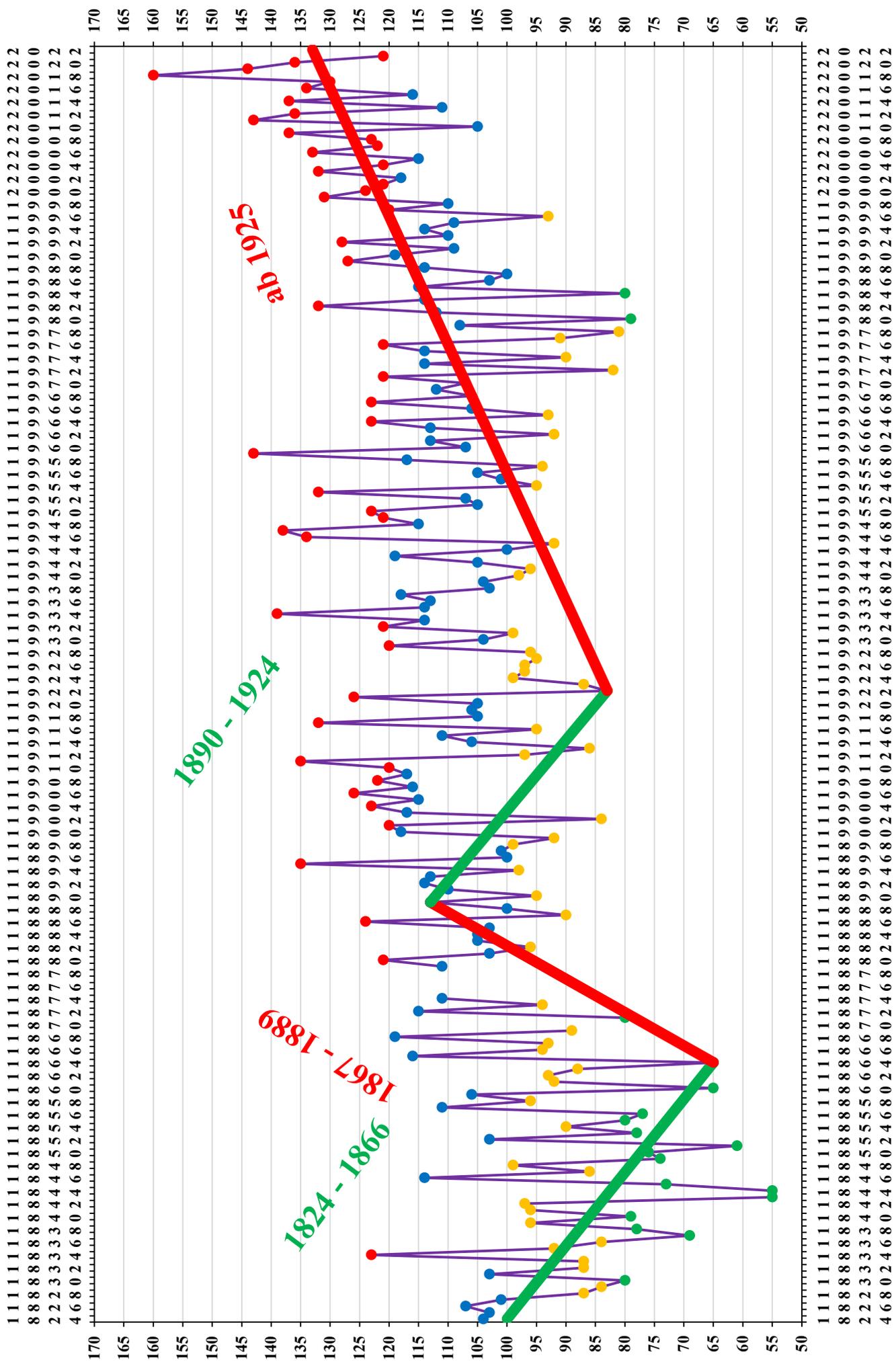




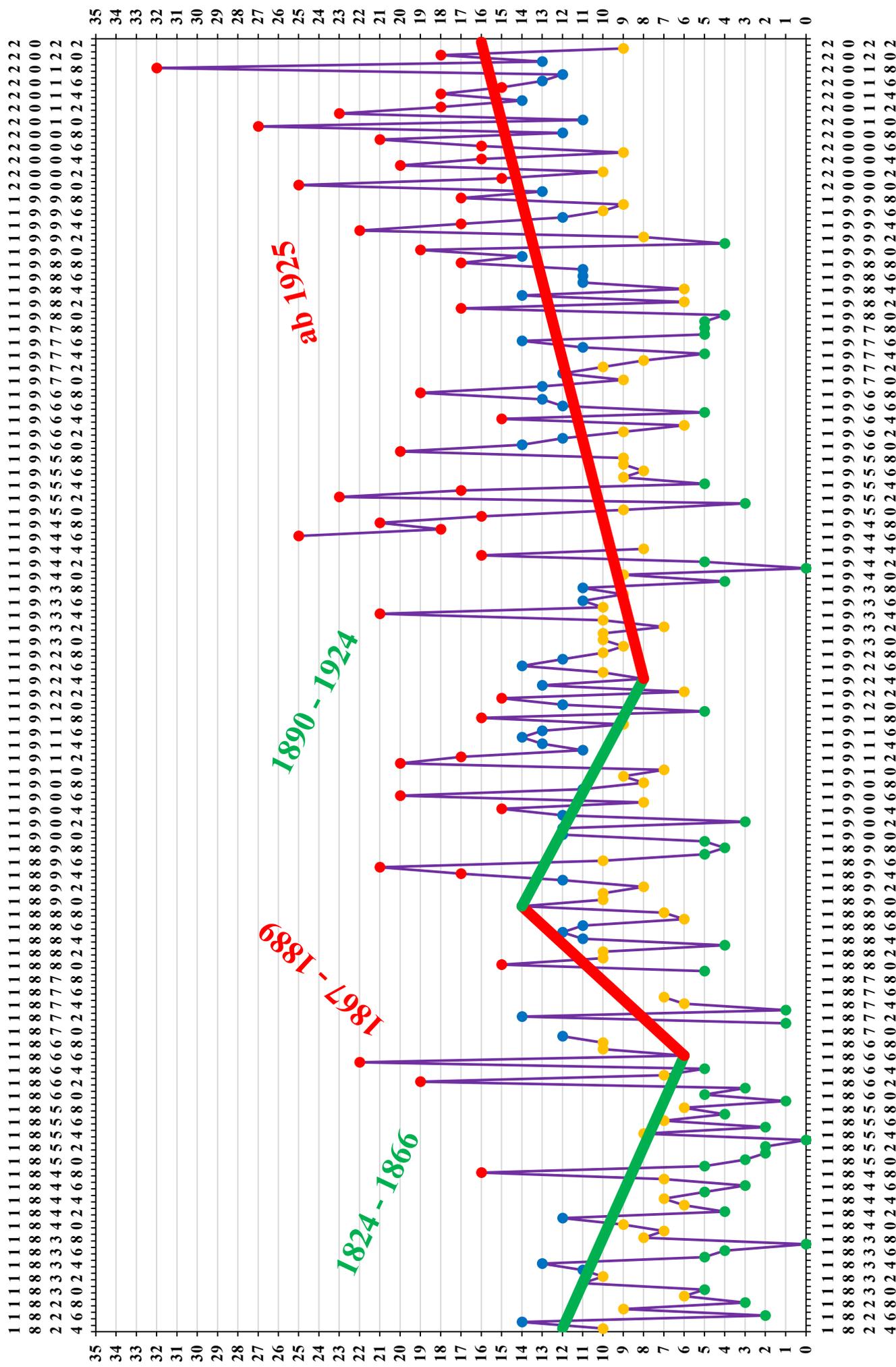
# Späte Übergangstage (Maximum 15 - 24 °C) von Mitte September bis Ende Oktober in Jena von 1824 bis 2021



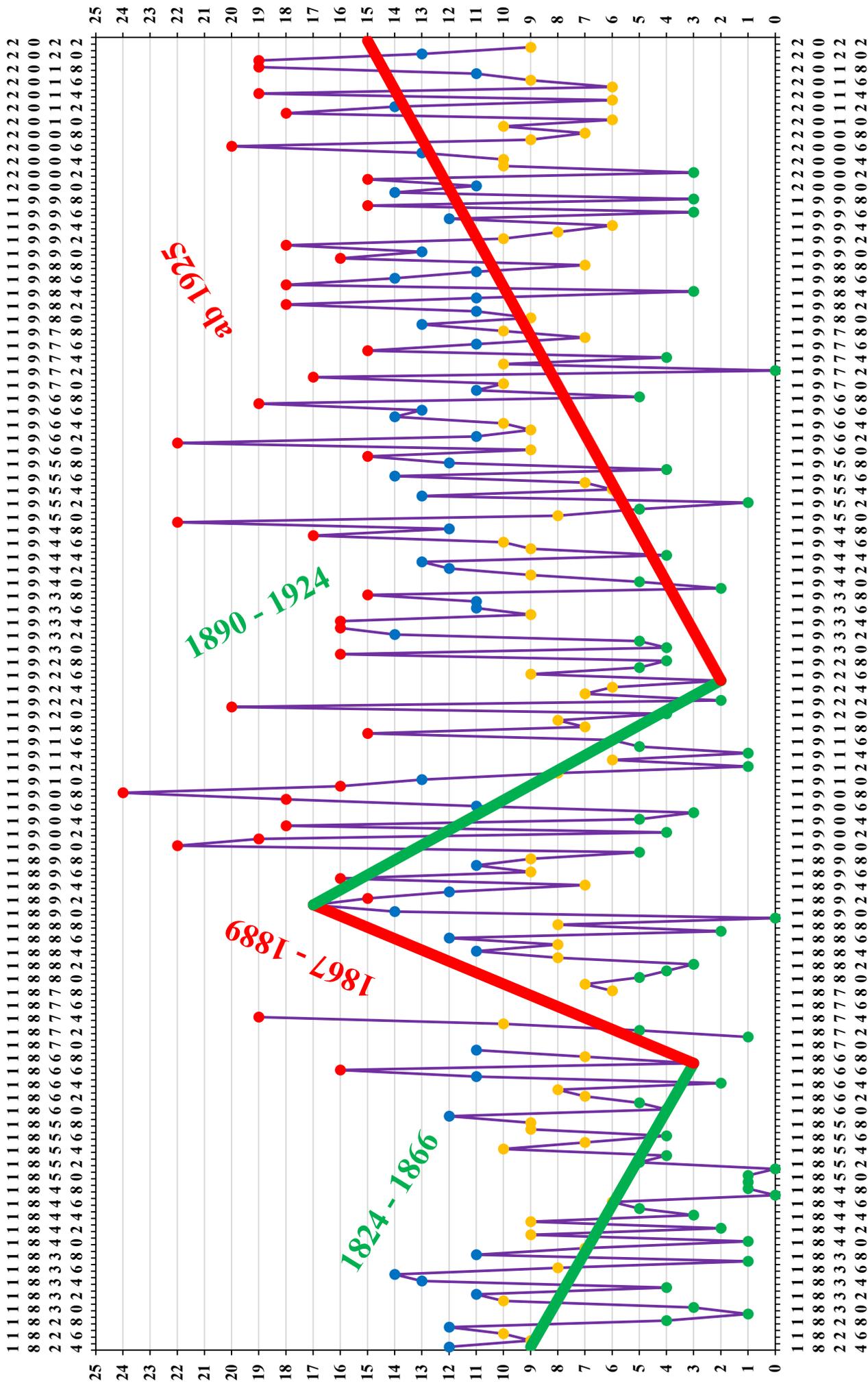
# Wärmertage (Maximum ab 20 °C) in Jena von 1824 bis 2021



# Frühe Wärmetage (Maximum ab 20 °C) von Mitte März bis Mitte Mai in Jena von 1824 bis 2021

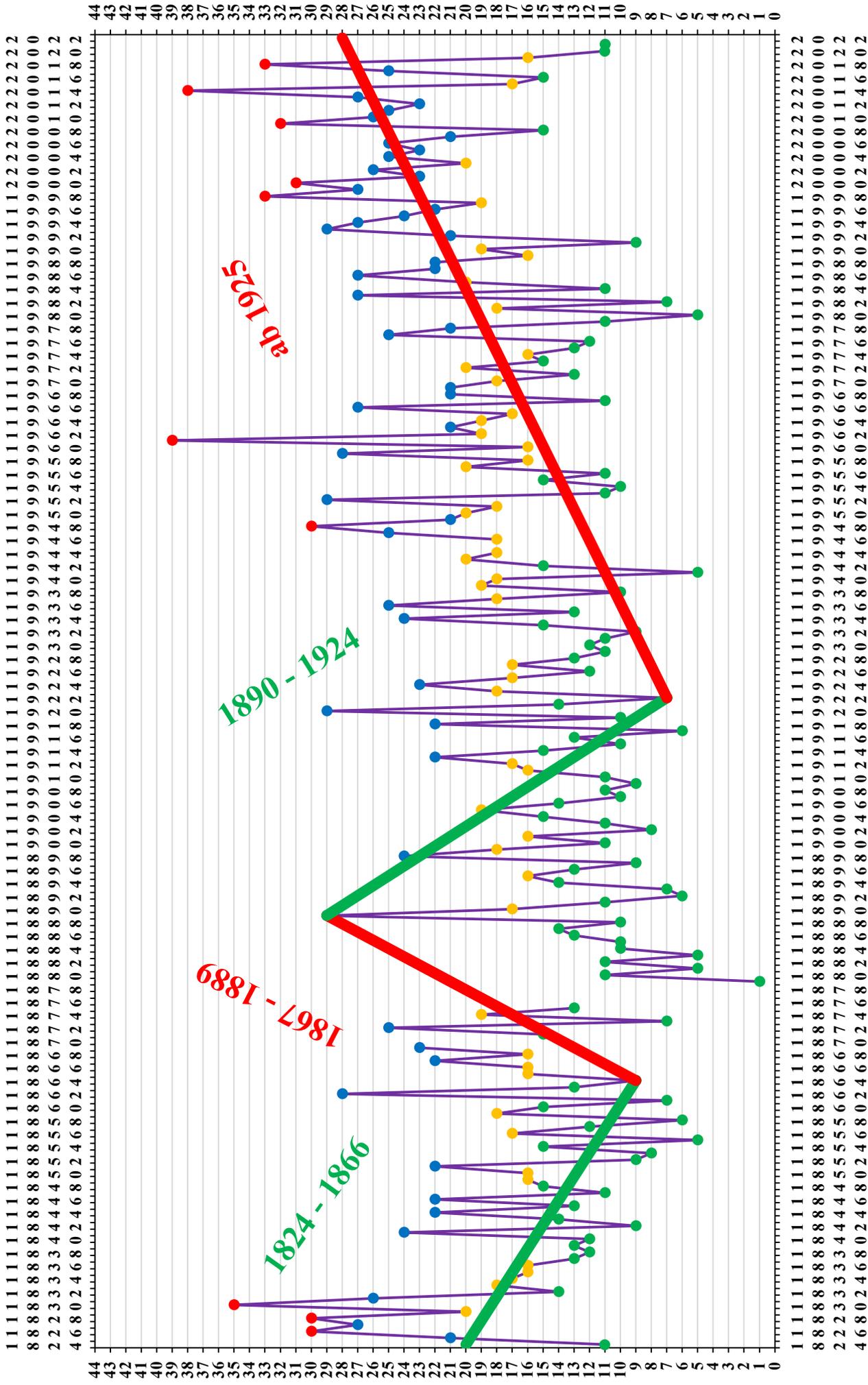


# Späte Wärmetage (Maximum ab 20 °C) von Mitte September bis Ende Oktober in Jena von 1824 bis 2021

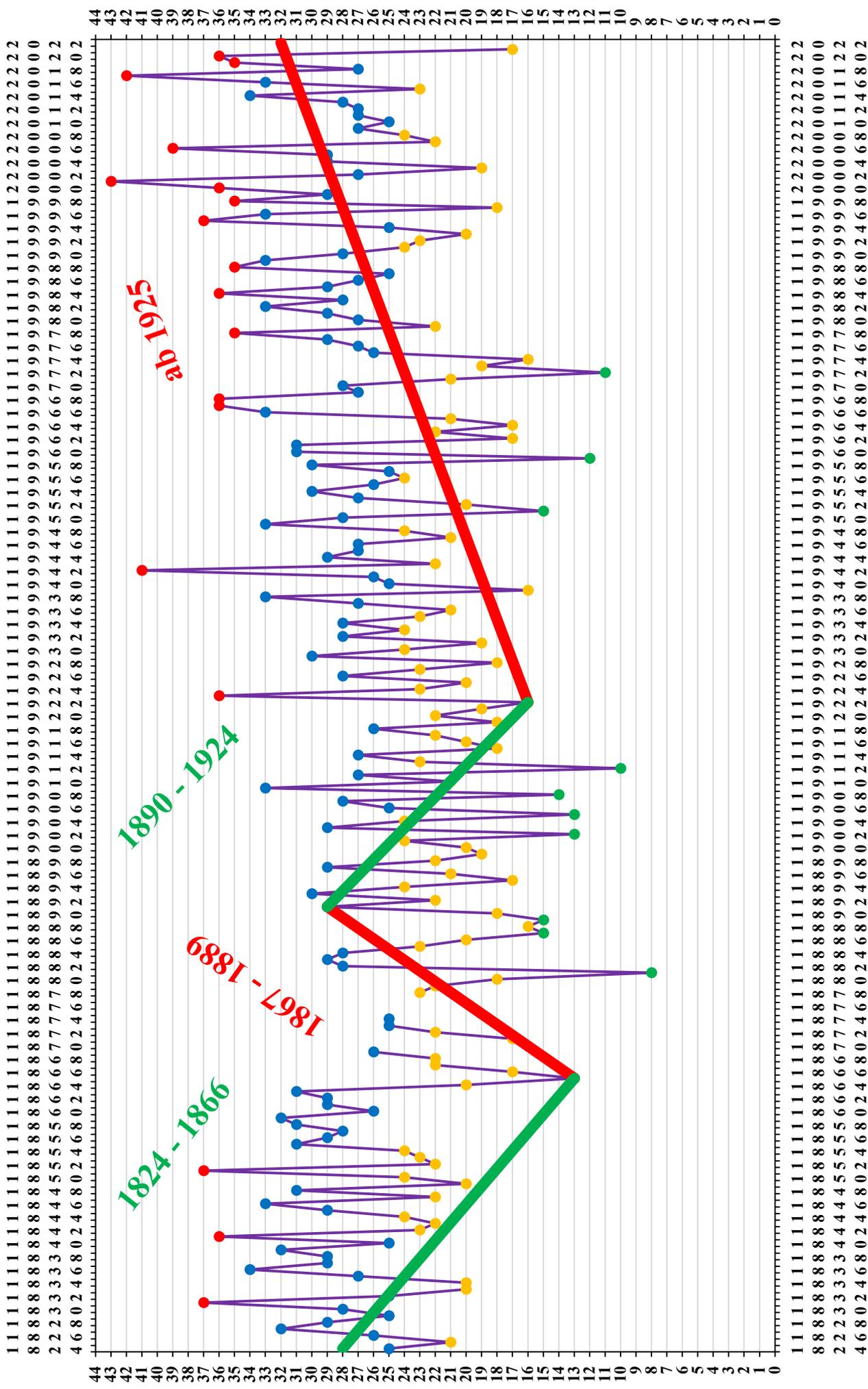




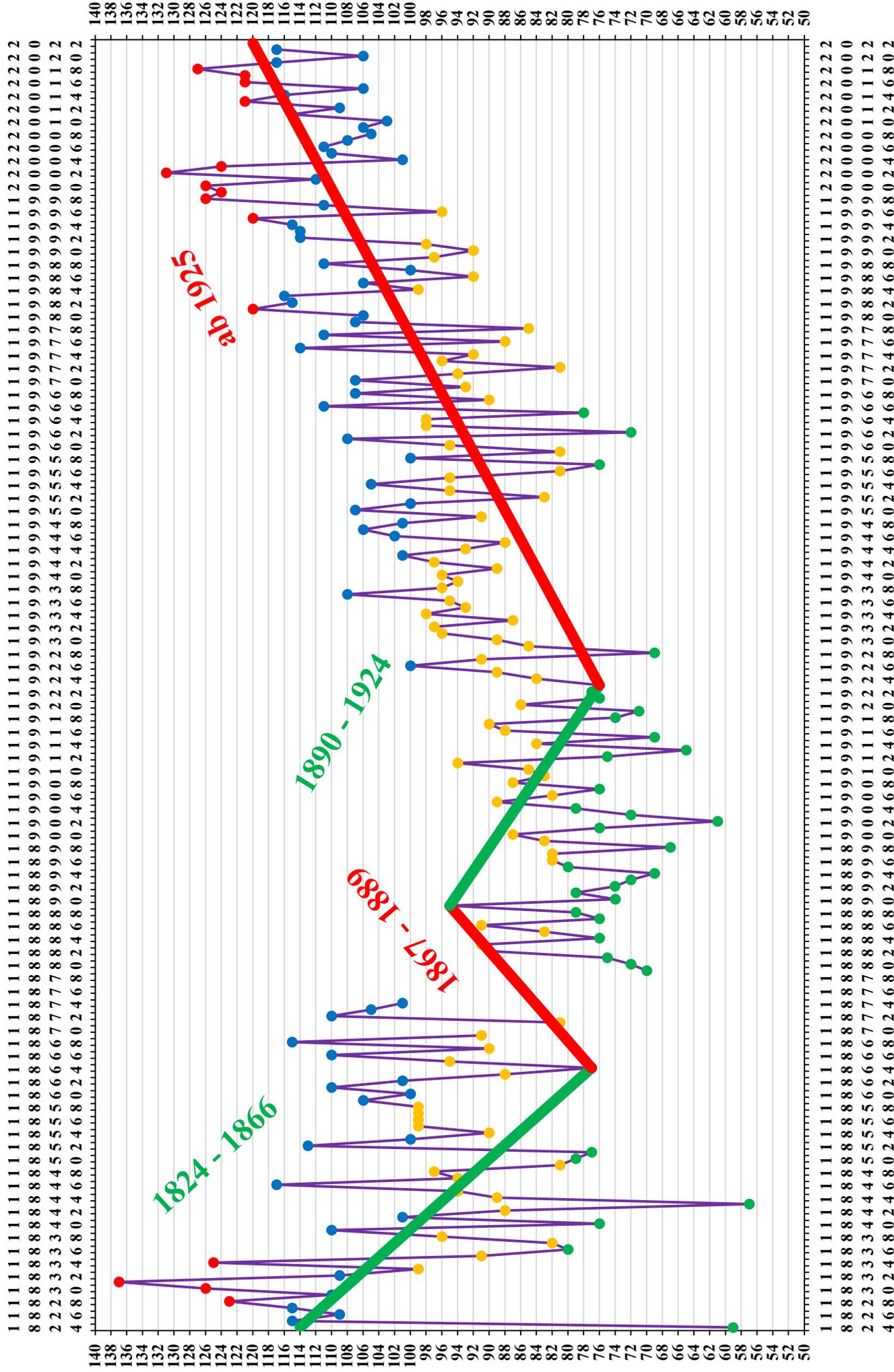
# Frühe Übergangsnächte (Minimum 6 - 14 °C) von Mitte März bis Mitte Mai in Jena von 1824 bis 2021



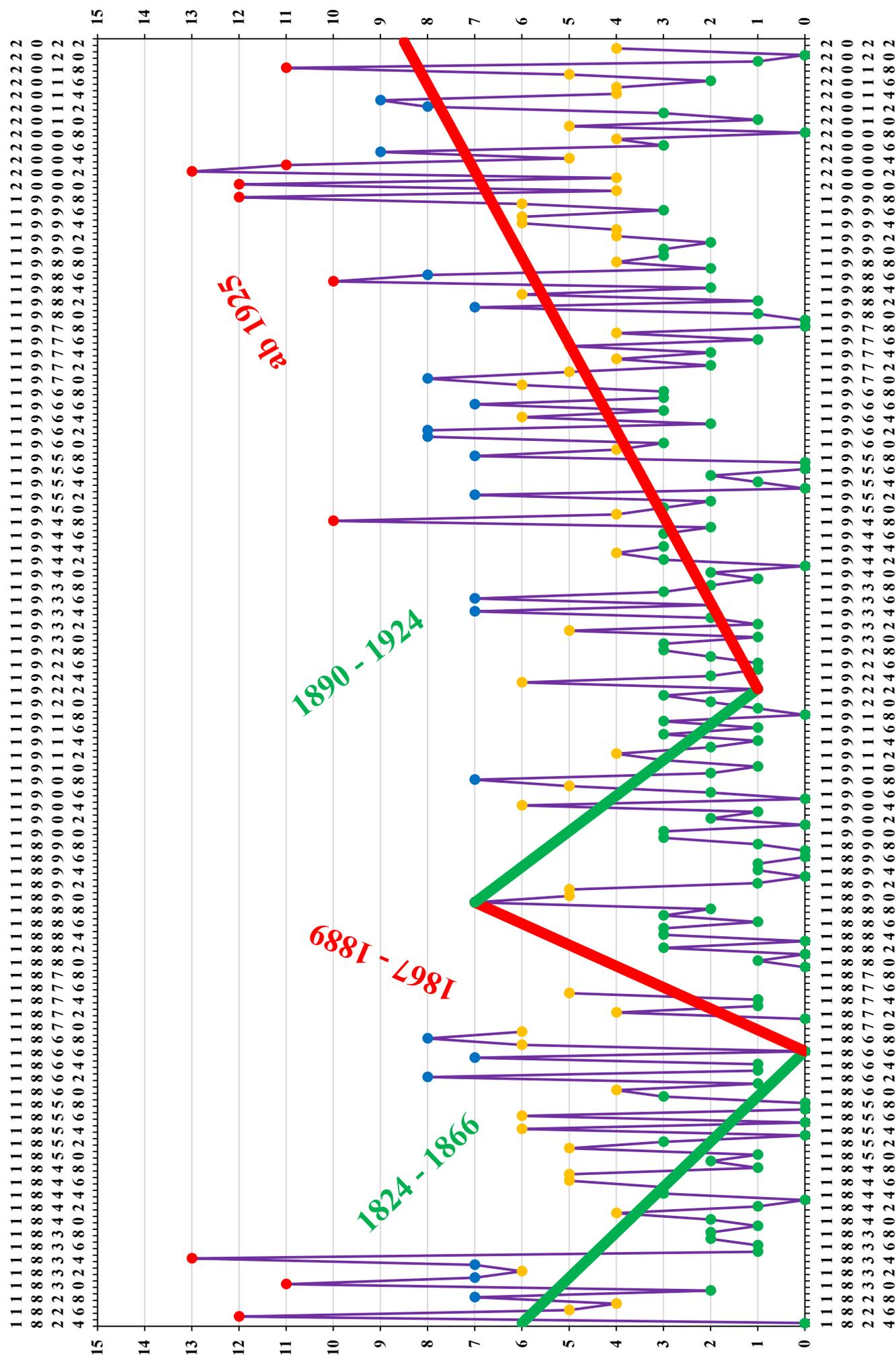
# Späte Übergangsnächte (Minimum 6 - 14 °C) von Mitte September bis Ende Oktober in Jena von 1824 bis 2021



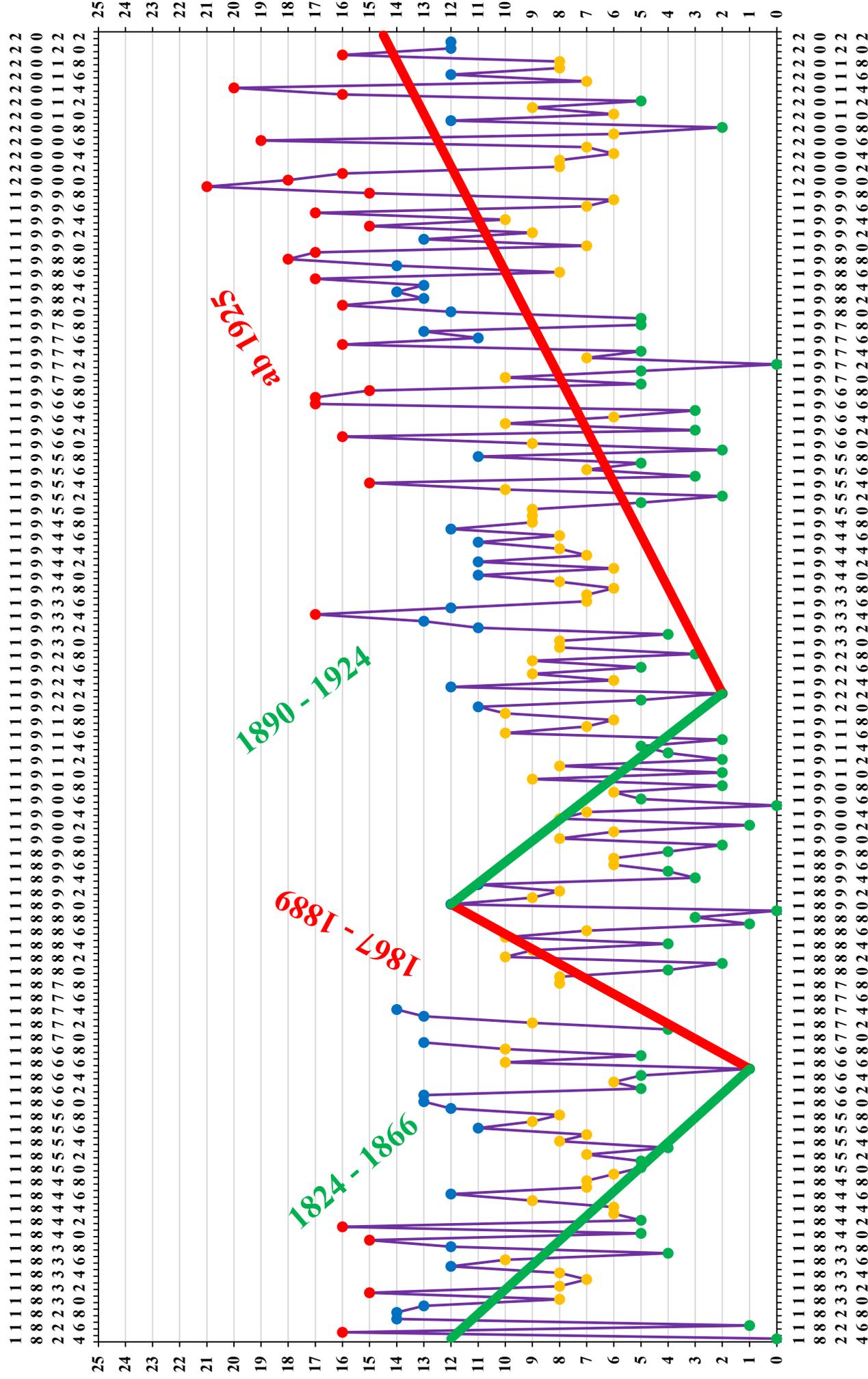
# Wärmenächte (Minimum ab 10 °C) in Jena von 1824 bis 2021



# Frühe Wärmenächte (Minimum ab 10 °C) von Mitte März bis Mitte Mai in Jena von 1824 bis 2021



# Späte Wärmenächte (Minimum ab 10 °C) von Mitte September bis Ende Oktober in Jena von 1824 bis 2021



# ZOBODAT - [www.zobodat.at](http://www.zobodat.at)

Zoologisch-Botanische Datenbank/Zoological-Botanical Database

Digitale Literatur/Digital Literature

Zeitschrift/Journal: [Galathea, Berichte des Kreises Nürnberger Entomologen e.V.](#)

Jahr/Year: 2021

Band/Volume: [37](#)

Autor(en)/Author(s): Mader Detlef

Artikel/Article: [Langfristige Populationsdynamik des Mosel-Apollo im Rahmen der Kryozyklischen und Thermozyklischen Evolution des Klimas in Deutschland in den letzten 200 Jahren 123-208](#)