

Im Takt der AMO und der NAO (2): Das Häufigkeitsverhalten der Großwetterlagen und dessen Auswirkungen auf die Deutschland-Temperaturen

geschrieben von Stefan Kämpfe | 3. November 2013

Bild rechts: Mehr Südwestlagen durch höhere Wassertemperaturen? Quelle: WERNER/GERSTENGARBE (2010)

Im Teil 1 hatten wir gesehen, dass die Häufigkeit südwestlicher und südlicher Wetterlagen mit Ausnahme des Winters deutlich zunahm und es gerade diese Wetterlagen waren, welche am stärksten erwärmend wirkten. Als eine mögliche Ursache für deren gehäuftes Auftreten (und dem gleichzeitigen Rückgang nördlicher Strömungskomponenten) kommt unter anderem die AMO in Betracht. Diese schwankte zumindest seit Beginn ihrer Erfassung in einem etwa 50- bis 70-jährigen Zyklus, und insgesamt sind die Wassertemperaturen momentan noch etwas höher, als im späten 19. Jahrhundert. Für die folgende Grafik (und alle weiteren im Teil 2) wurden 11-jährige Gleitmittel verwendet, um die stark schwankende Häufigkeiten der Großwetterlagen, Großwettertypen und Cluster zu glätten, so dass die Darstellungen jeweils 1886 beginnen und 2007 enden:

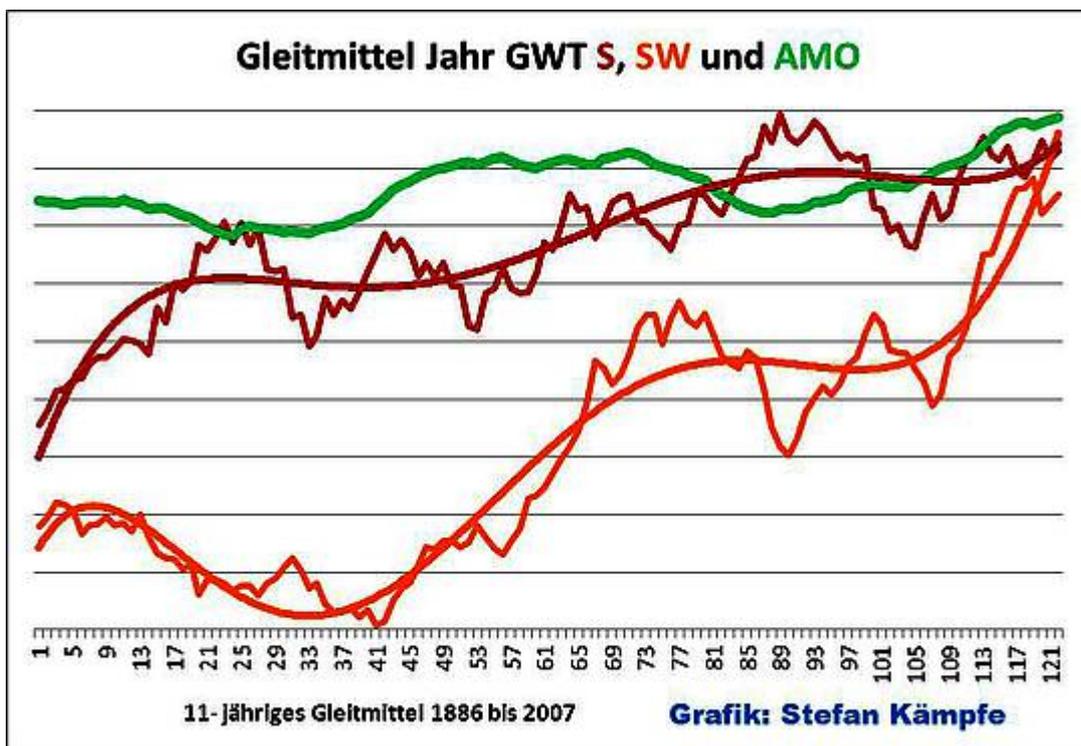


Abb. 1: AMO (Grün) sowie die Häufigkeit der Großwettertypen Süd

(Dunkelrot) und Südwest (Orange) im Vergleich. Man beachte, dass die Südwestlagen (SWA und SWZ) als eigenständiger Großwettertyp nicht im Großwettertyp Süd enthalten sind. Beide Großwettertypen, vor allem aber die Südwestlagen, wurden deutlich häufiger und folgen außerdem – wenngleich mit einer gewissen zeitlichen Verzögerung und nur undeutlichen Schwankungen der AMO.

Und bei den nördlichen bis östlichen Wetterlagen zeigen sich genau umgekehrte Verhältnisse:

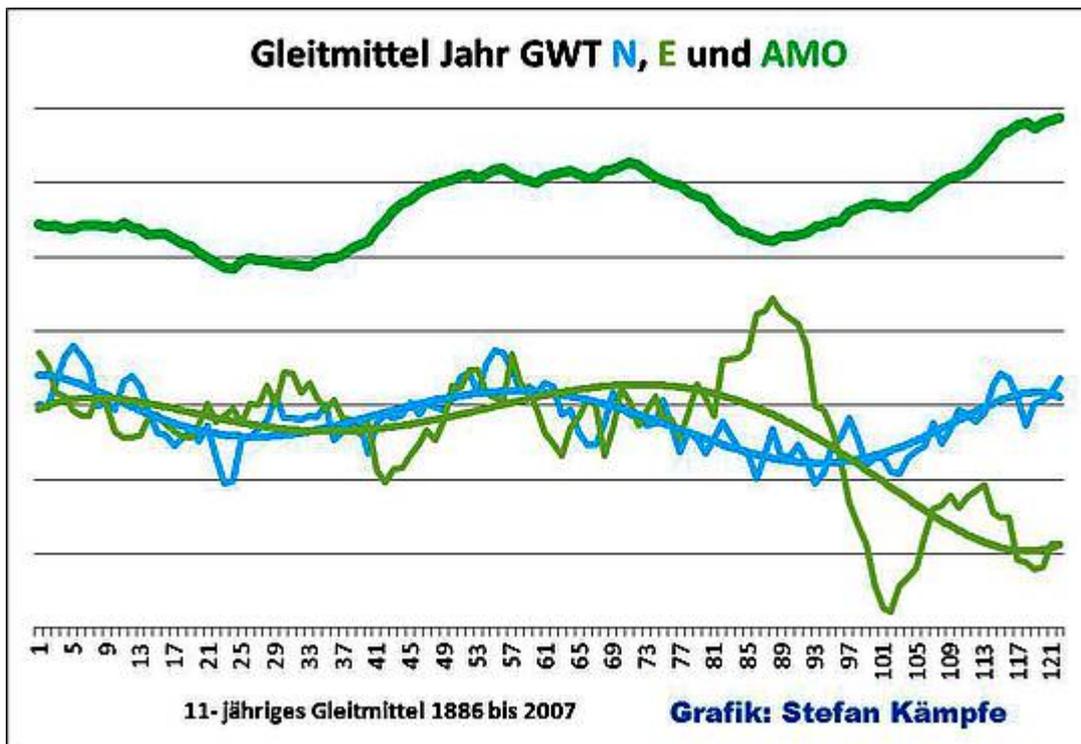


Abb. 2: AMO (Grün) sowie die Häufigkeit der Großwettertypen Nord (Hellblau) und Ost (Hellgrün) im Vergleich. Auch hier gibt es bei den jeweils enthaltenen Großwetterlagen keine Überschneidungen. Beide Großwettertypen, vor allem aber die Ostlagen, wurden seltener. Die Häufigkeit der Nördlichen Lagen folgt fast exakt den Schwankungen der AMO, während die Ostlagen diesen mit deutlicher Zeitverzögerung folgen.

Aufgrund der hier gewonnenen Erkenntnisse bietet sich eine Auflistung aller Lagen und Cluster an, die von der AMO (jeweils Jahresmittel) wenigstens andeutungsweise (Betrag der Korrelationskoeffizienten $>0,2$) beeinflusst wurden:

GWL, GWT und weitere Cluster	Korrelationskoeffizient r (AMO zu Häufigkeiten)	Häufigkeitsanteil (%) 1881 bis 2012, pro Jahr	Zu- oder Abnahme in Tagen, aus linearer Regression berechnet
SWZ	0,472	2,8	23,7
SW	0,46	5,2	29,7
Troglagen (TRM, TRW)	0,46	8,1	31,6
TRM	0,39	4,5	12,7
TRW	0,321	3,6	18,9
Südanteil	0,327	17,2	43,8
BM	0,3	7,9	33,6
Zyklonal	0,29	52,4	43,8
NWZ	0,27	4,7	4,7
Atlantische Tiefs	0,257	23,1	30,3
N	0,231	16	-1,5
WA + WZ	-0,225	21,4	-4,3
WA	-0,222	5,8	-6,2
NEA	-0,225	2,1	-10,2
NZ	-0,21	2,8	-6,3
NEZ	-0,23	1,9	-6,9
Zonal	-0,268	26,7	-11,3
Antizyklonal	-0,278	46,7	-44,9
NWA	-0,293	3,7	-15,8
HM	-0,298	8,7	-32,6
Antizyklonale Ostlagen	-0,294	9,2	-16,5
E	-0,303	15,3	-18,8

Abb. 3 (Tabelle): Lagen mit AMO- Korrelationskoeffizienten, deren Betrag mindestens 0,2 erreichte (Gesamtjahr) im Vergleich. **Man beachte, dass aufgrund der sehr unterschiedlichen Häufigkeitsverhältnisse sowie der mehrfachen Präsenz einzelner Lagen in verschiedenen Clustern ein quantitativer Vergleich über die Zusammenhänge nicht möglich ist!** Trotzdem kann man unschwer erkennen, dass besonders „wärmende“ Lagen mit “positiver“ Reaktion auf erhöhte AMO- Werte zu- und viele kühlenden Lagen mit negativer Reaktion auf hohe AMO- Werte abgenommen haben. So sind, rein statistisch betrachtet, gegenwärtig pro Jahr fast 44 Tage mehr mit Südanteil zu erwarten, als im späten 19. Jahrhundert, während besonders östliche, nördliche und antizyklonale Lagen abnahmen. Bemerkenswert ist auch die starke Zunahme der (insgesamt im Jahresmittel) leicht erwärmend wirkenden zyklonalen Lagen auf Kosten der antizyklonalen.

Auch hier muss davon ausgegangen werden, dass die Jahresmittelung jahreszeitliche, deutlichere Unterschiede, auf die später noch eingegangen wird, verwischt. Außerdem werden hier mögliche übergeordnete Antriebsmechanismen für AMO, Wetterlagenverhalten und Deutschlandtemperaturen nicht untersucht. Die folgenden Grafiken veranschaulichen weitere interessante Zusammenhänge zwischen AMO und Wetterlagen:

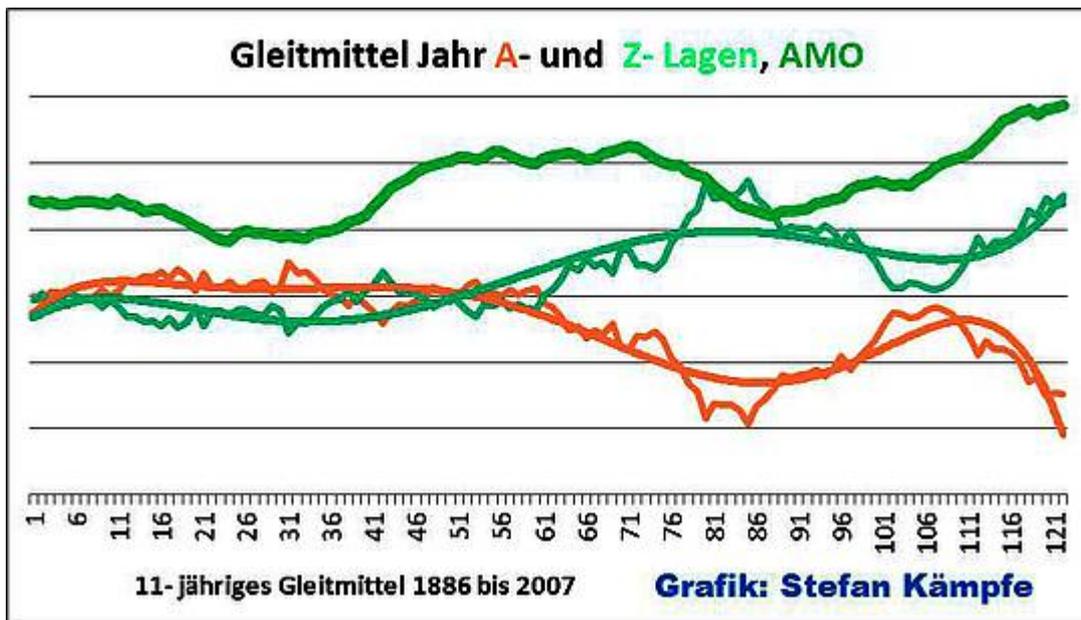


Abb. 4: Zyklonale Lagen (Mintgrün) nahmen deutlich zu und schwingen- wenn auch zeitverzögert- deutlich im Takt der AMO; bei Antizyklonalen Lagen (Orangerosa) ist es umgekehrt; auch ist der (hier negative) Zusammenhang zur AMO weniger deutlich.

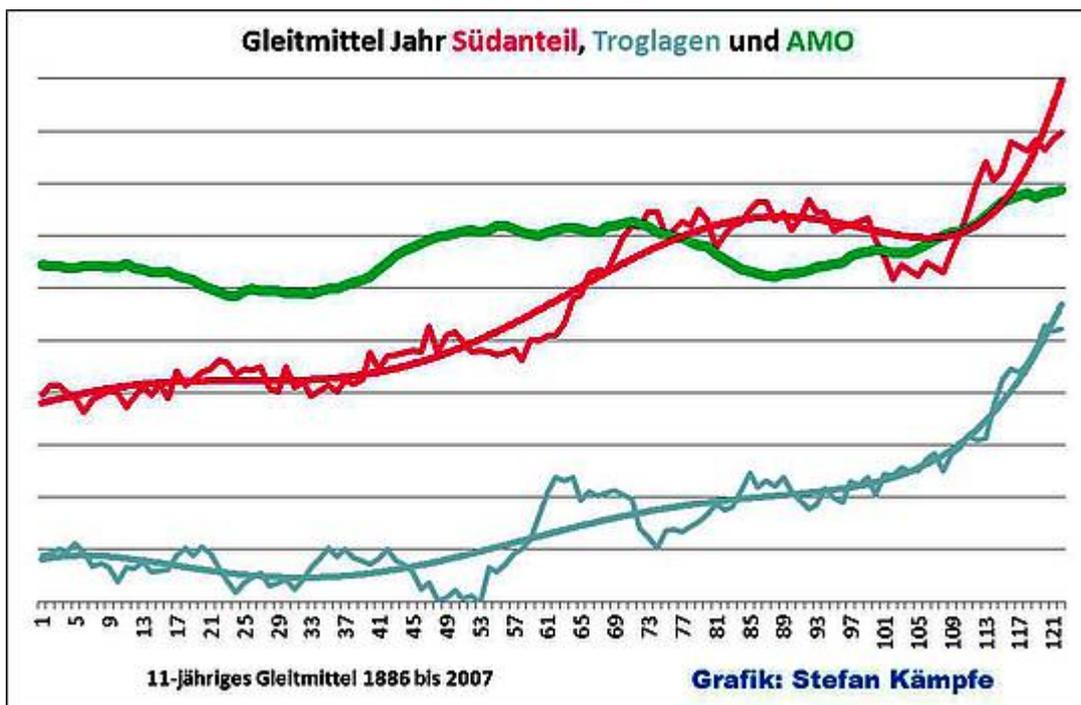


Abb 5: Hier zeigt sich die deutliche Zunahme der Lagen mit südlicher Strömungskomponente (Südanteil) sowie der zwei Troglagen (von denen TRM kühlend, aber TRW erwärmend wirkt), beide mehr oder weniger zeitverzögert etwas von der AMO beeinflusst. TRW ist im Cluster Südanteil enthalten.

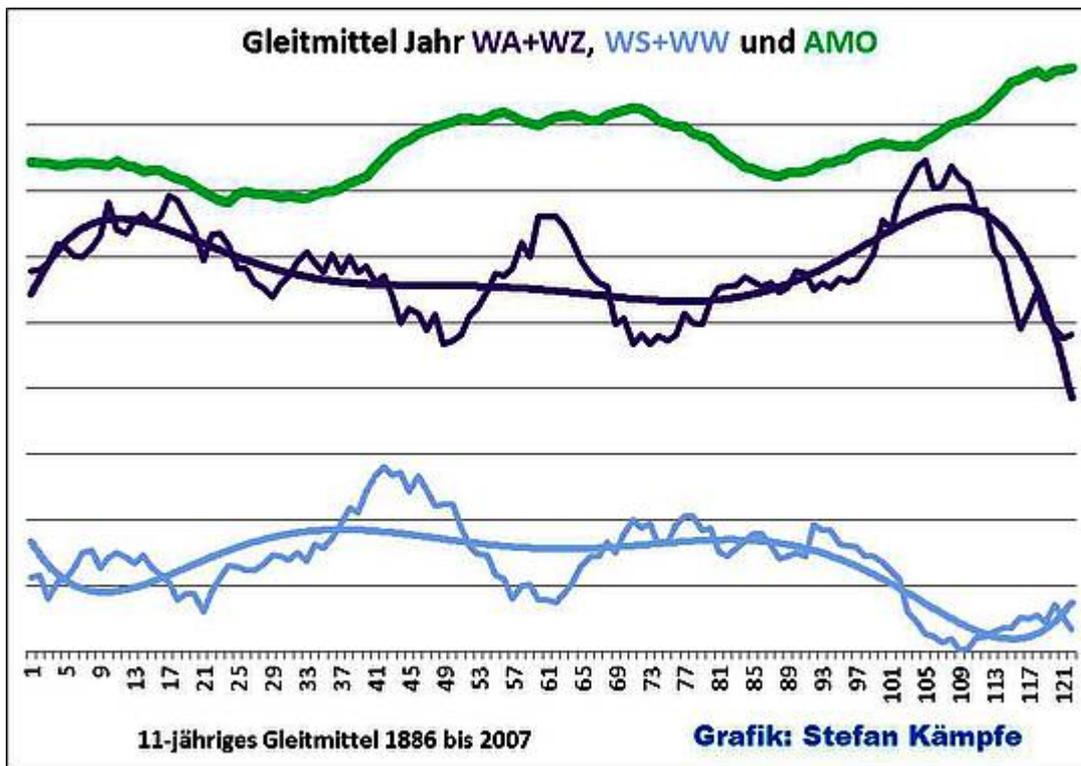


Abb. 6: Man erkennt sehr schön, dass „normale“ Westlagen (WA und WZ, Dunkelviolett) erstens viel häufiger als die „gestörten“ Westlagen (Hell Blauviolett) auftreten, beide konträr schwingen und von der AMO in umgekehrter Weise beeinflusst werden. Das rhythmische Verhalten der Westlagen wird noch zu diskutieren sein.

Bei solchen, auf das Gesamtjahr bezogenen Betrachtungen verschwinden allerdings jahreszeitliche Besonderheiten, welche nicht außer Acht gelassen werden dürfen. Die folgenden Tabellen fassen daher alle Großwetterlagen (GWL) und Großwettertypen sowie weitere Cluster zusammen, welche sich in den einzelnen Meteorologischen Jahreszeiten durch die jeweils stärkste Zu- oder -Abnahme der Häufigkeit, die stärkste positive/ negative Beeinflussung des Deutschlandmittels ($^{\circ}\text{C}$ Jahreszeiten) auszeichneten und deren Häufigkeit am stärksten positiv/negativ von der AMO und der NAO (jeweilige Jahreszeit, letztere nur im Winter) beeinflusst wurde:

Jahreszeit	Höchst- und Tiefstwert pro Jahreszeit	Wert	GWL, GWT oder Cluster
Winter (D, J, F) GWL	Zunahme (Tage / Jahr, Lineare Regression)	6,8	WZ
	Abnahme (Tage / Jahr, Lineare Regression)	-11	HM
	Beeinflussung des Deutschland-Temperaturmittels (Korrelation)	0,897	WZ
	Beeinflussung des Deutschland-Temperaturmittels (Korrelation)	-0,403	HFA
	Beeinflussung der Häufigkeit der Lage durch AMO (Korrelation)	0,209	NWZ
	Beeinflussung der Häufigkeit der Lage durch AMO (Korrelation)	-0,257	HM
	Beeinflussung der Häufigkeit der Lage durch NAO (Korrelation)	0,407	WA
	Beeinflussung der Häufigkeit der Lage durch NAO (Korrelation)	-0,338	HNZ
Winter GWT oder weitere Cluster	Zunahme (Tage / Jahr, Lineare Regression)	15,9	Zyklonale Lagen
	Abnahme (Tage / Jahr, Lineare Regression)	-16,8	Antizyklonale Lagen
	Beeinflussung des Deutschland-Temperaturmittels (Korrelation)	0,672	Westtal
	Beeinflussung des Deutschland-Temperaturmittels (Korrelation)	-0,615	GWT E
	Beeinflussung der Häufigkeit der Lage durch AMO (Korrelation)	0,345	GWT N
	Beeinflussung der Häufigkeit der Lage durch AMO (Korrelation)	-0,247	Antizyklonale Lagen
	Beeinflussung der Häufigkeit der Lage durch NAO (Korrelation)	0,46	Westlagen im engeren Sinne
	Beeinflussung der Häufigkeit der Lage durch NAO (Korrelation)	-0,459	Meridionale Lagen

Jahreszeit	Höchst- und Tiefstwert pro Jahreszeit	Wert	GWL, GWT oder Cluster
Frühling (M, A, M) GWL	Zunahme (Tage / Jahr, Lineare Regression)	7,4	TRW
	Abnahme (Tage / Jahr, Lineare Regression)	-6	HM
	Beeinflussung des Deutschland-Temperaturmittels (Korrelation)	0,363	BM
	Beeinflussung des Deutschland-Temperaturmittels (Korrelation)	-0,298	TM
	Beeinflussung der Häufigkeit der Lage durch AMO (Korrelation)	0,318	SWZ
	Beeinflussung der Häufigkeit der Lage durch AMO (Korrelation)	-0,301	NEZ
Frühling GWT oder weitere Cluster	Zunahme (Tage / Jahr, Lineare Regression)	13,8	Südsee I
	Abnahme (Tage / Jahr, Lineare Regression)	-10,1	GWT E
	Beeinflussung des Deutschland-Temperaturmittels (Korrelation)	0,552	GWT HM
	Beeinflussung des Deutschland-Temperaturmittels (Korrelation)	-0,315	Sb-artige Lagen
	Beeinflussung der Häufigkeit der Lage durch AMO (Korrelation)	0,321	GWT SW
	Beeinflussung der Häufigkeit der Lage durch AMO (Korrelation)	-0,298	GWT E

Jahreszeit	Höchst- und Tiefstwert pro Jahreszeit	Wert	GWL, GWT oder Cluster
Sommer (J, J, A) GWL	Zunahme (Tage / Jahr, Lineare Regression)	11,8	BM
	Abnahme (Tage / Jahr, Lineare Regression)	-10,2	NWA
	Beeinflussung des Deutschland-Temperaturmittels (Korrelation)	0,346	BM
	Beeinflussung des Deutschland-Temperaturmittels (Korrelation)	-0,313	NWA
	Beeinflussung der Häufigkeit der Lage durch AMO (Korrelation)	0,412	SWZ
	Beeinflussung der Häufigkeit der Lage durch AMO (Korrelation)	-0,256	NWA
Sommer GWT oder weitere Cluster	Zunahme (Tage / Jahr, Lineare Regression)	17,6	Südanteil
	Abnahme (Tage / Jahr, Lineare Regression)	-21,9	Nordanteil
	Beeinflussung des Deutschland-Temperaturmittels (Korrelation)	0,463	Kontinentale Hochdrucklagen
	Beeinflussung des Deutschland-Temperaturmittels (Korrelation)	-0,422	Westanteil
	Beeinflussung der Häufigkeit der Lage durch AMO (Korrelation)	0,42	Südanteil
	Beeinflussung der Häufigkeit der Lage durch AMO (Korrelation)	-0,241	GWT NW

Jahreszeit	Höchst- und Tiefstwert pro Jahreszeit	Wert	GWL, GWT oder Cluster
Herbst (S, O, N) GWL	Zunahme (Tage / Jahr, Lineare Regression)	7,6	SWZ
	Abnahme (Tage / Jahr, Lineare Regression)	-9,1	HM
	Beeinflussung des Deutschland-Temperaturmittels (Korrelation)	0,418	SWZ
	Beeinflussung des Deutschland-Temperaturmittels (Korrelation)	-0,363	NZ
	Beeinflussung der Häufigkeit der Lage durch AMO (Korrelation)	0,282	SWZ
	Beeinflussung der Häufigkeit der Lage durch AMO (Korrelation)	-0,215	HM
Herbst GWT oder weitere Cluster	Zunahme (Tage / Jahr, Lineare Regression)	13,2	Südanteil
	Abnahme (Tage / Jahr, Lineare Regression)	-23,4	Antizyklonale Lagen
	Beeinflussung des Deutschland-Temperaturmittels (Korrelation)	0,45	GWT SW
	Beeinflussung des Deutschland-Temperaturmittels (Korrelation)	-0,43	GWT N
	Beeinflussung der Häufigkeit der Lage durch AMO (Korrelation)	0,295	GWT SW
	Beeinflussung der Häufigkeit der Lage durch AMO (Korrelation)	-0,193	Antizyklonale Lagen

Abb. 7 bis 10 (4 Jahreszeittabellen): Zusammenfassung der in den einzelnen Jahreszeiten auffälligsten Lagen. Nur im Winter zeigten 2 Cluster, nämlich alle Lagen mit Westlichem Strömungsanteil und der Großwettertyp Ost, einen deutlichen Einfluss auf die zugehörigen Wintermitteltemperaturen in Deutschland. In einzelnen Monaten, die aus Gründen des Umfangs hier nicht behandelt werden konnten, sind noch einige wenige ähnlich enge Zusammenhänge ermittelt worden, siehe Abb. 5

im Teil 1. Außerdem muss betont werden, dass die linearen Zu- und Abnahmen als Rechengrößen nicht überbewertet werden dürfen, denn bei Betrachtung kürzerer Zeiten zeigen sich bemerkenswerte Einzelheiten und oft auch periodische Verhaltensweisen der Häufigkeiten, auf welche im Teil 3 näher eingegangen wird.

Man kann vermuten, dass die Sonnenscheindauer, welche besonders zwischen etwa Ende März und Anfang Oktober einen deutlichen Einfluss auf die Lufttemperaturen in Deutschland hat (KÄMPFE, LEISTENSCHNEIDER, KOWATSCH, 2013; WEHRY, 2009) die durch die Großwetterlagen bedingten Temperaturunterschiede (Luftmassen!) verringert und nivelliert (in trockener Subpolarluft führt der lange und intensive Sonnenschein zur raschen Erwärmung der Kaltluft, beispielsweise im Juli 2013, als es trotz häufiger nördlicher Windkomponente recht warm war und sich nur in den kurzen, sehr kühlen Sommernächten die meist subpolare Herkunft der Luftmassen zeigte, während sich subtropische, aber wolkenreichere Luftmassen tagsüber im Sommeroft weniger erwärmen). Dem entsprechen auch die Untersuchungsergebnisse, nach denen Südwestlagen im Juli als einzigem Monat nicht erwärmend wirkten. Im Winter, wenn der Einfluss der Sonnenscheindauer gering ist, können sich hingegen die Unterschiede zwischen trocken- kalter Nordostluft und feucht- milder Atlantikluft über Deutschland halten oder sogar verschärfen, weil in der Atlantikluft die Wolken die Auskühlung bremsen, während die klare, wasserdampfarme Nordostluft weiter auskühlt. Die nächste Abbildung zeigt zur Verdeutlichung, wie schwierig die Interpretation und die Bewertung der Folgen der Häufigkeitsschwankungen der Großwetterlagen und deren Cluster ist, das Verhalten von 3 insgesamt deutlich erwärmend wirkenden Clustern im Herbst:

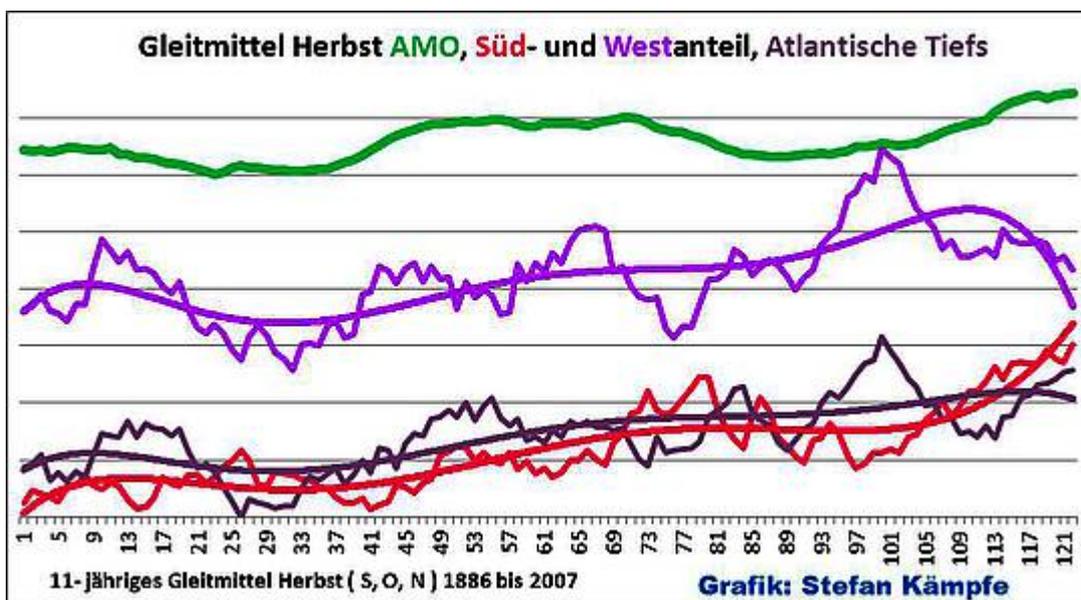


Abb. 11: Drei Cluster mit deutlicher linearer Zunahme im Herbst. Aber nur beim Cluster Südanteil hielt diese Zunahme tatsächlich bis zum Ende des Untersuchungszeitraumes an, während besonders das Cluster Westanteil etwa ab der Jahrtausendwende wieder seltener wurde.

In diesem zweiten Teil wurde verdeutlicht, dass die AMO das Häufigkeitsverhalten zahlreicher Wetterlagencluster, Großwettertypen und sogar einzelner Großwetterlagen, im Jahresmittel zumindest andeutungsweise mit beeinflusst. Dabei ist außerdem nicht ausgeschlossen, dass übergeordnete Antriebe wie etwa die Variabilität der Sonnenaktivität oder der großräumigen (planetarischen) Zirkulation, als übergeordnete Treiber fungieren. Die Zusammenhänge sind nur schwach bis mäßig (Korrelationskoeffizienten zwischen +0,46 und -0,31); aufgrund des großen Stichprobenumfangs dürfen diese jedoch nicht unterschätzt werden. Dabei zeichnet sich ab, dass für Deutschland erwärmend wirkende Lagen, besonders Südwestlagen, in positiven AMO- Phasen häufiger auftreten und insgesamt mit den leicht steigenden Wassertemperaturen stark zunahmten; bei den meisten kühlenden Lagen herrschten umgekehrte Verhältnisse. In den einzelnen Jahreszeiten zeigte sich, dass mit Ausnahme des Winters südliche und südwestliche Lagen deutlich häufiger wurden. Außerdem war im Winter als einziger Jahreszeit und in einzelnen Sommermonaten ein deutlicher Einfluss der Häufigkeiten bestimmter Cluster auf die Lufttemperaturen zu verzeichnen (Cluster Westanteil- stark erwärmend, GWT E- stark kühlend; Kontinentale Hochdrucklagen- vor allem im Juli stark wärmend). Besonders in den Übergangsjahreszeiten werden die meisten Zusammenhänge undeutlicher; und oft nivelliert in der strahlungsreicheren Jahreszeit die Sonnenscheindauer viele luftmassenbedingte Unterschiede.

Verfasst und zusammengestellt von Stefan Kämpfe, Weimar, 2012/2013.

Eine ausführliche Zusammenstellung der verwendeten Literatur und Informationsquellen finden Sie am Ende des 3. Teiles