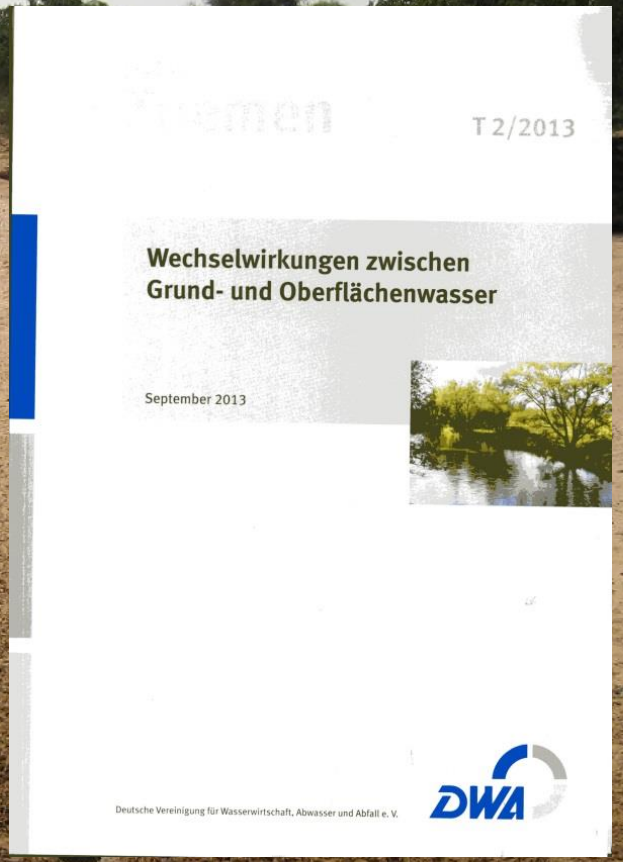
Niedersächsischer Landesbetrieb für Wasserwirtschaft, Küsten- und Naturschutz
NLWKN

3. Workshop Gewässerkunde
am 18. September 2018
In Lüneburg

LEUPHANA
UNIVERSITÄT LÜNEBURG

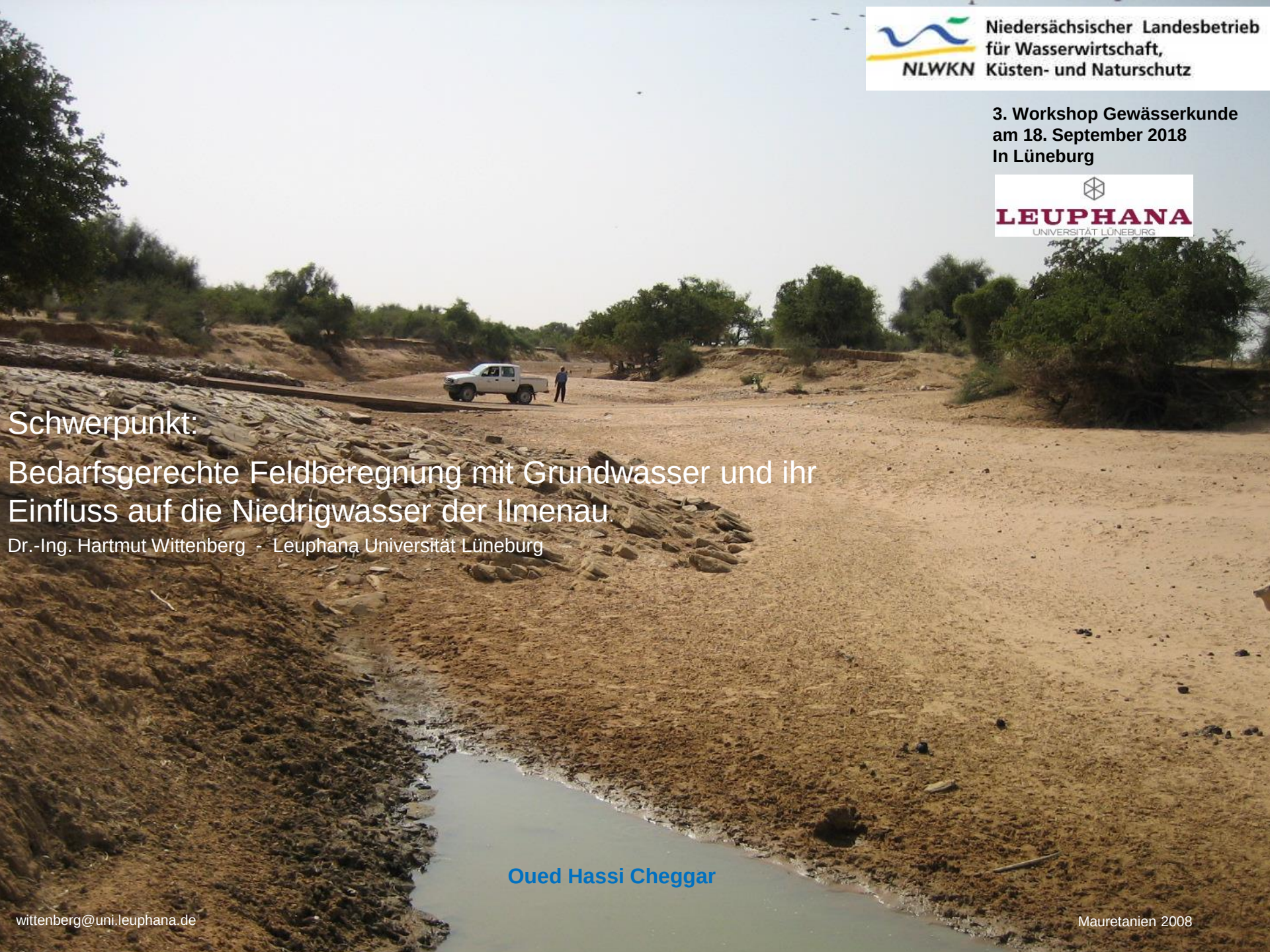
Interaktion zwischen Oberflächengewässern und Grundwasser

Prof. Dr.-Ing. Hartmut Wittenberg - Leuphana Universität Lüneburg



wittenberg@uni.leuphana.de

Mauretanien 2008



Niedersächsischer Landesbetrieb für Wasserwirtschaft, Küsten- und Naturschutz
NLWKN

3. Workshop Gewässerkunde
am 18. September 2018
In Lüneburg

LEUPHANA
UNIVERSITÄT LÜNEBURG

Schwerpunkt:

Bedarfsgerechte Feldberegnung mit Grundwasser und ihr Einfluss auf die Niedrigwasser der Ilmenau.

Dr.-Ing. Hartmut Wittenberg - Leuphana Universität Lüneburg

Oued Hassi Cheggar

wittenberg@uni.leuphana.de

Mauretanien 2008

Niedersächsischer Landesbetrieb für Wasserwirtschaft, Küsten- und Naturschutz
NLWKN

3. Workshop Gewässerkunde
Am 18. September 2018
In Lüneburg

LEUPHANA
UNIVERSITÄT LÜNEBURG

Bedarfsgerechte Feldberegnung mit Grundwasser und ihr Einfluss auf die Niedrigwasser der Ilmenau.

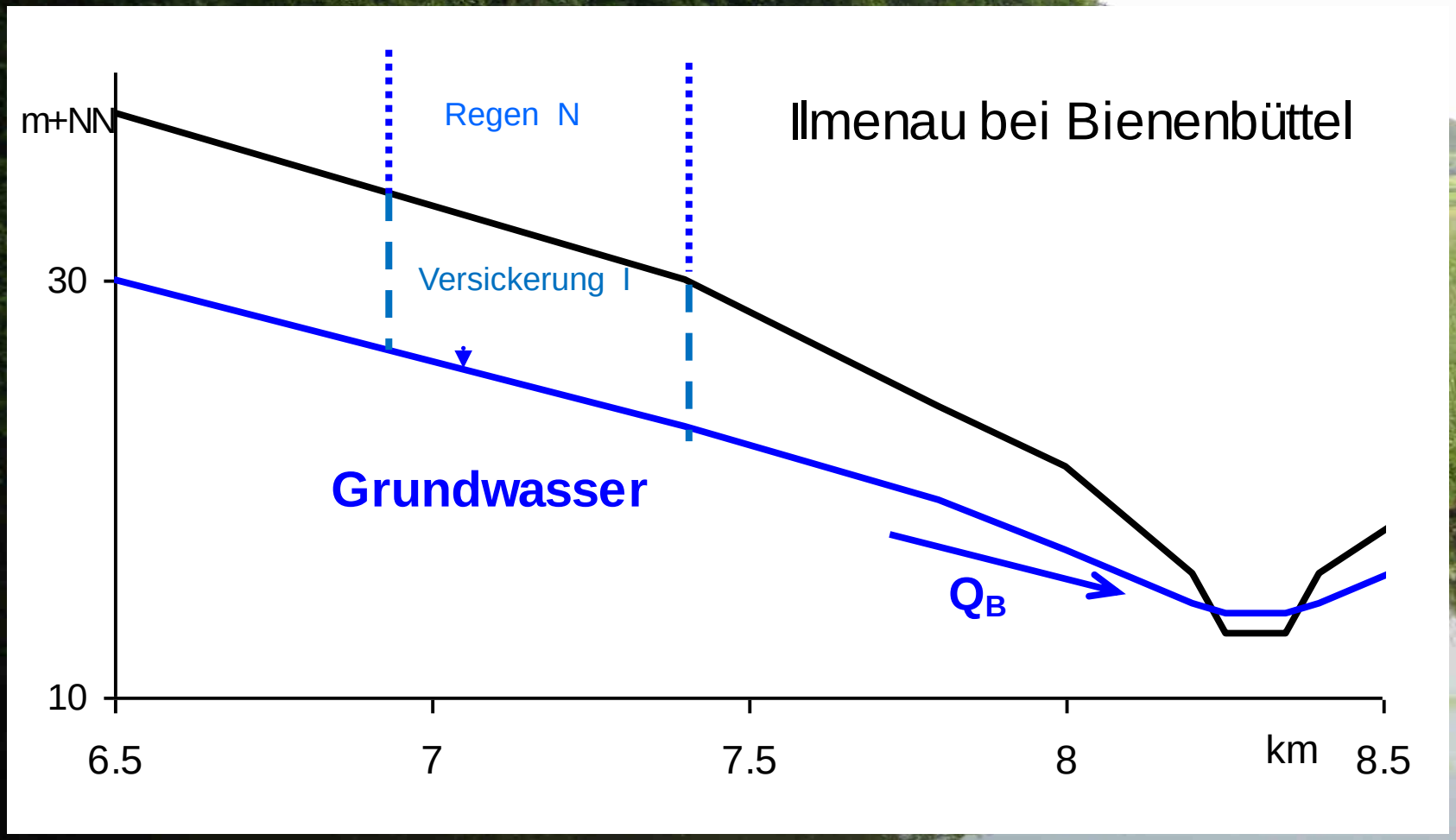
Dr.-Ing. Hartmut Wittenberg - Leuphana Universität Lüneburg

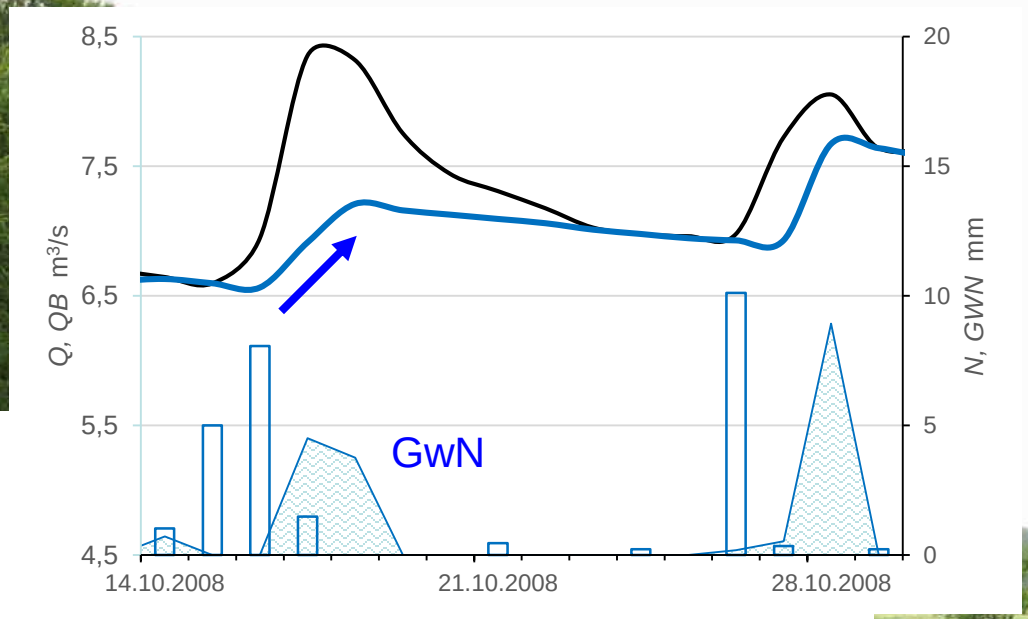
- Eine Nachrechnung der Zusammenhänge -

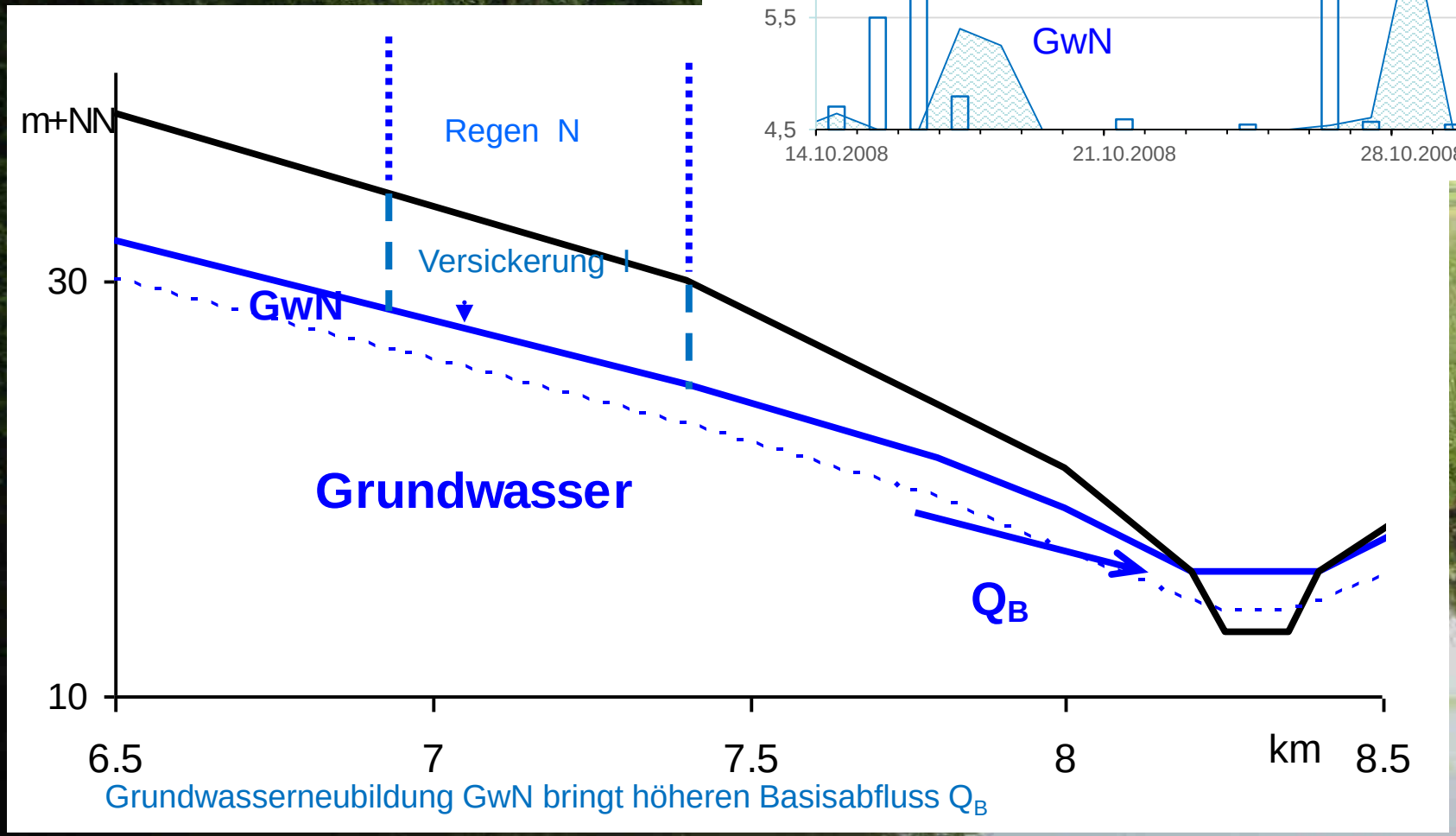
Die Ilmenau bei Bienenbüttel

wittenberg@uni.leuphana.de

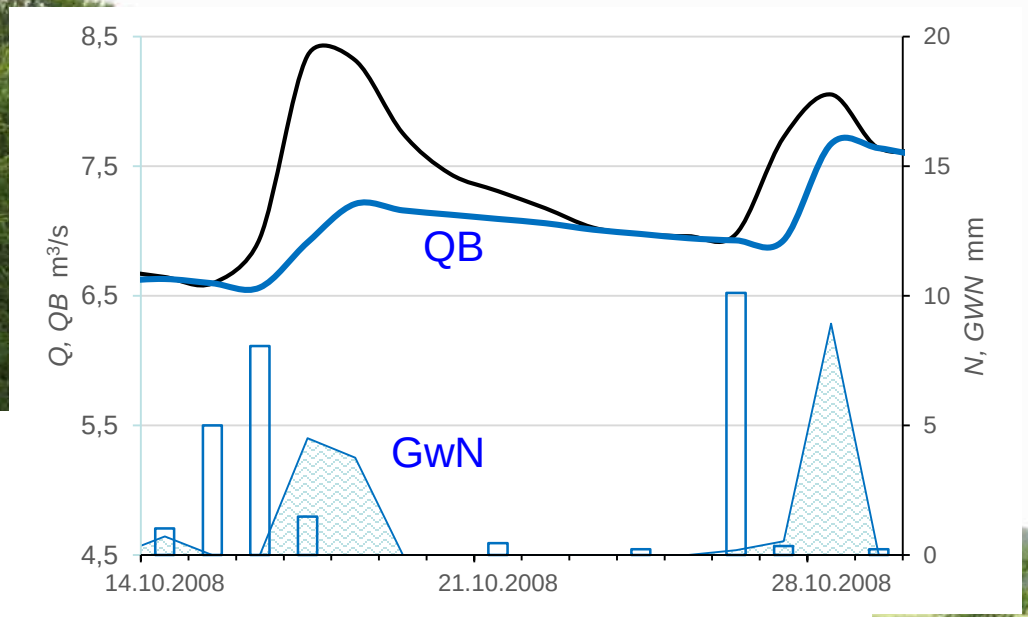
Woher kommt das Wasser in den Flüssen?

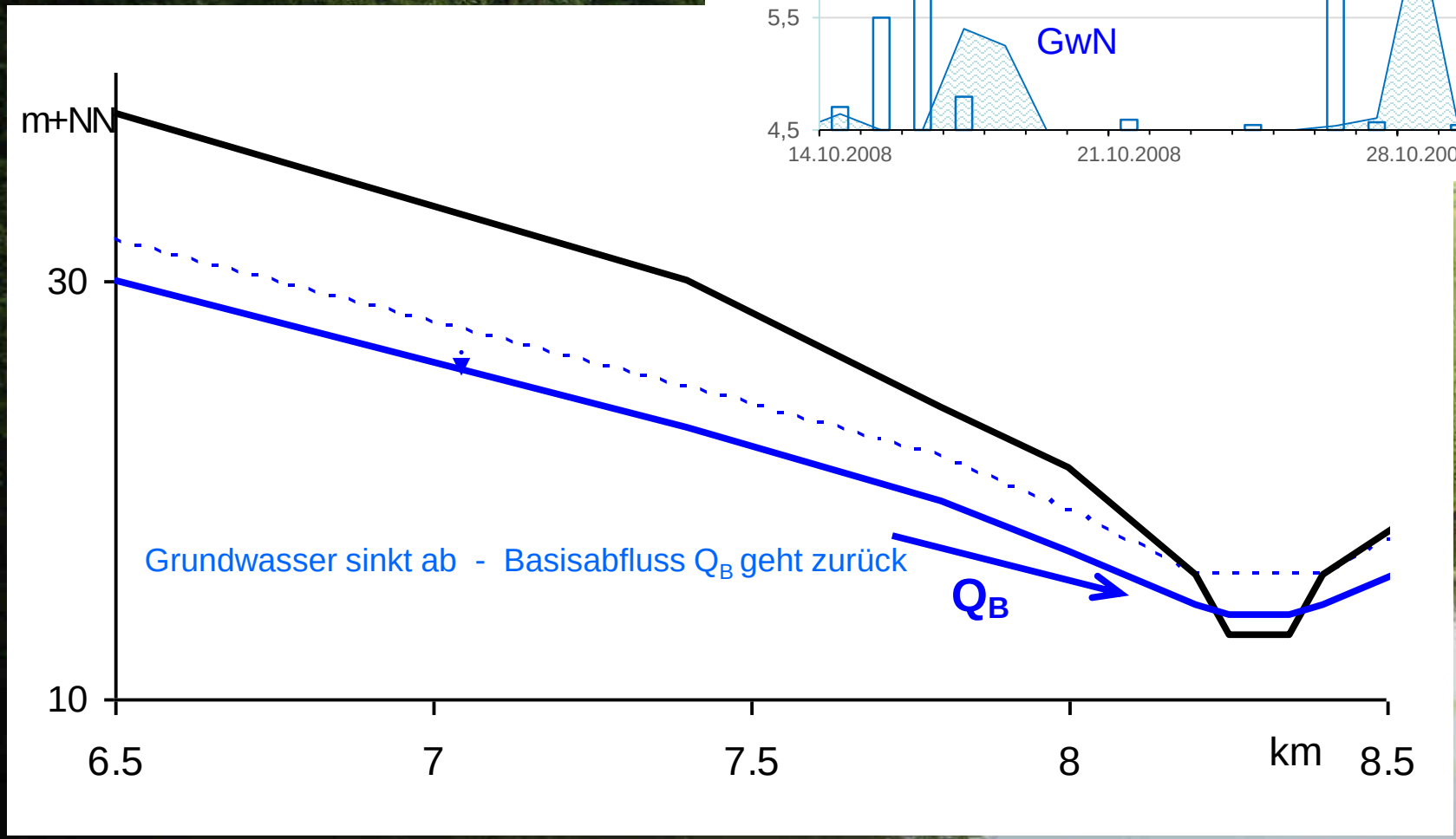


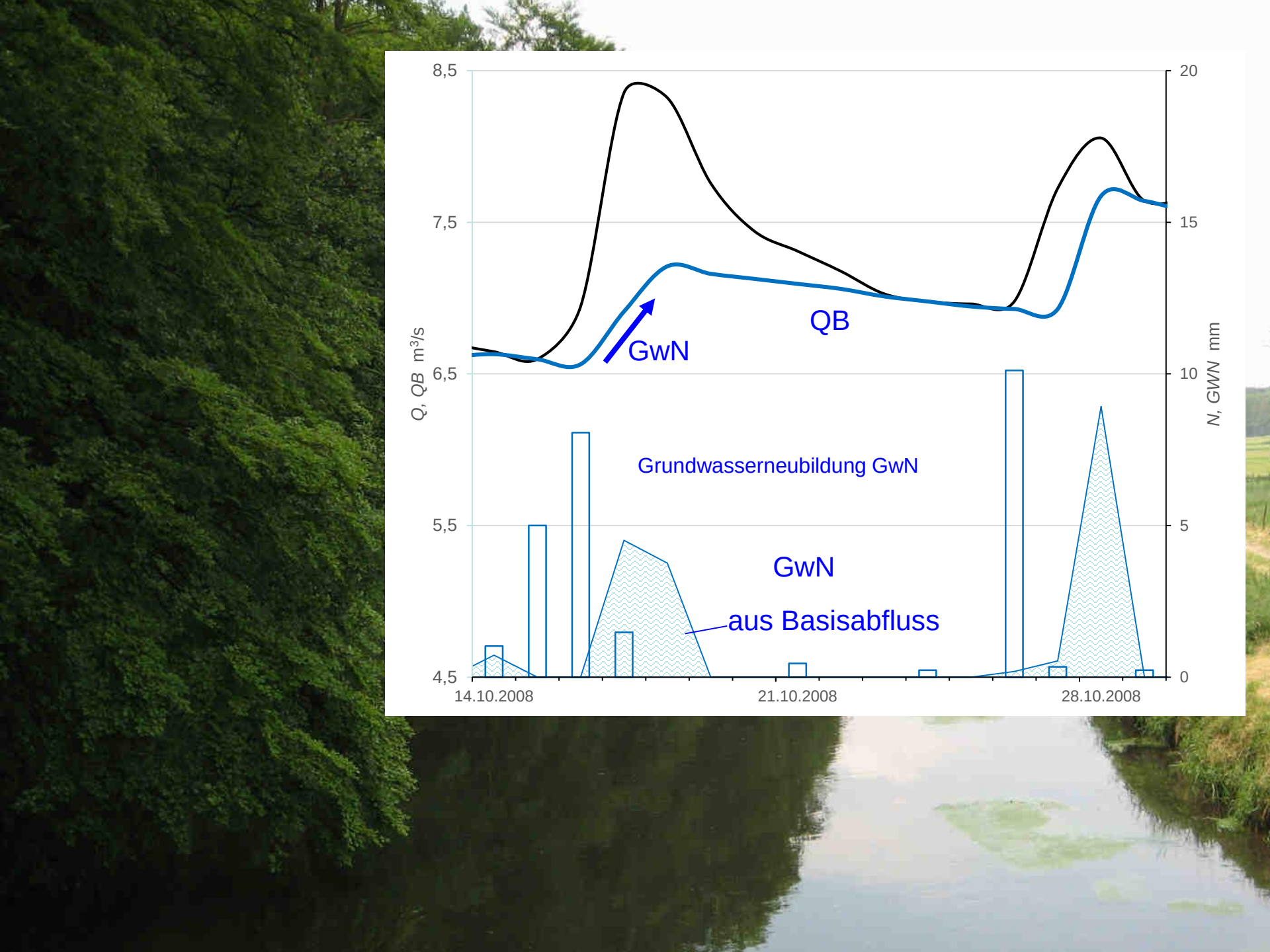




Grundwasserneubildung GwN bringt höheren Basisabfluss Q_B


8,5
7,5
6,5
5,5
4,5
Q, QB m³/s
20
15
10
5
0
N, GWN mm
QB
GwN
14.10.2008
21.10.2008
28.10.2008


m+NN
30
10
6.5
7
7.5
8
8.5
km
Grundwasser sinkt ab - Basisabfluss Q_B geht zurück
Q_B


8,5
7,5
6,5
5,5
4,5
20
15
10
5
0
Q, QB m³/s
N, GWN mm
QB
GwN
Grundwasserneubildung GwN
GwN
aus Basisabfluss
14.10.2008
21.10.2008
28.10.2008

Lysimeter Hohenzethen
Landkreis Uelzen

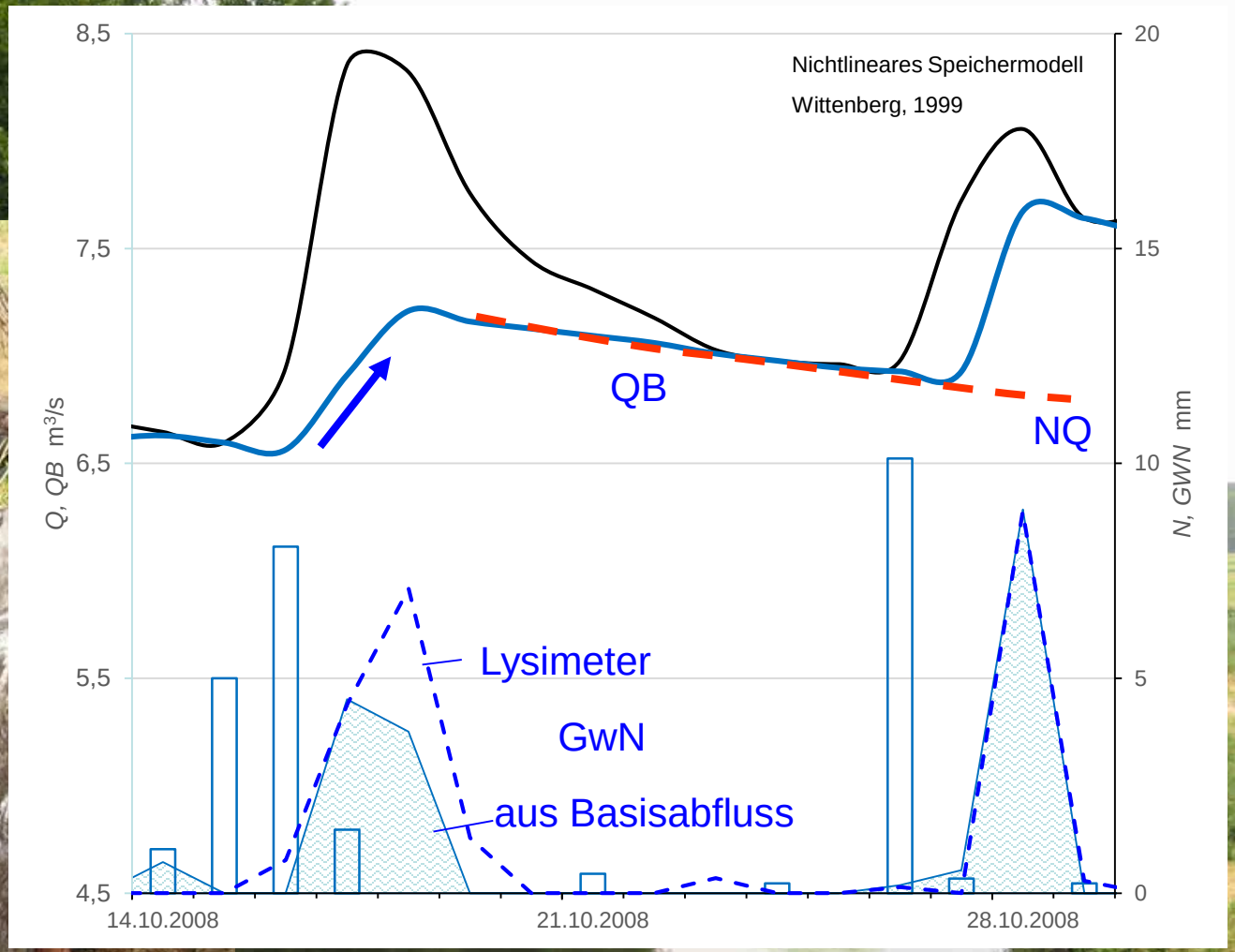
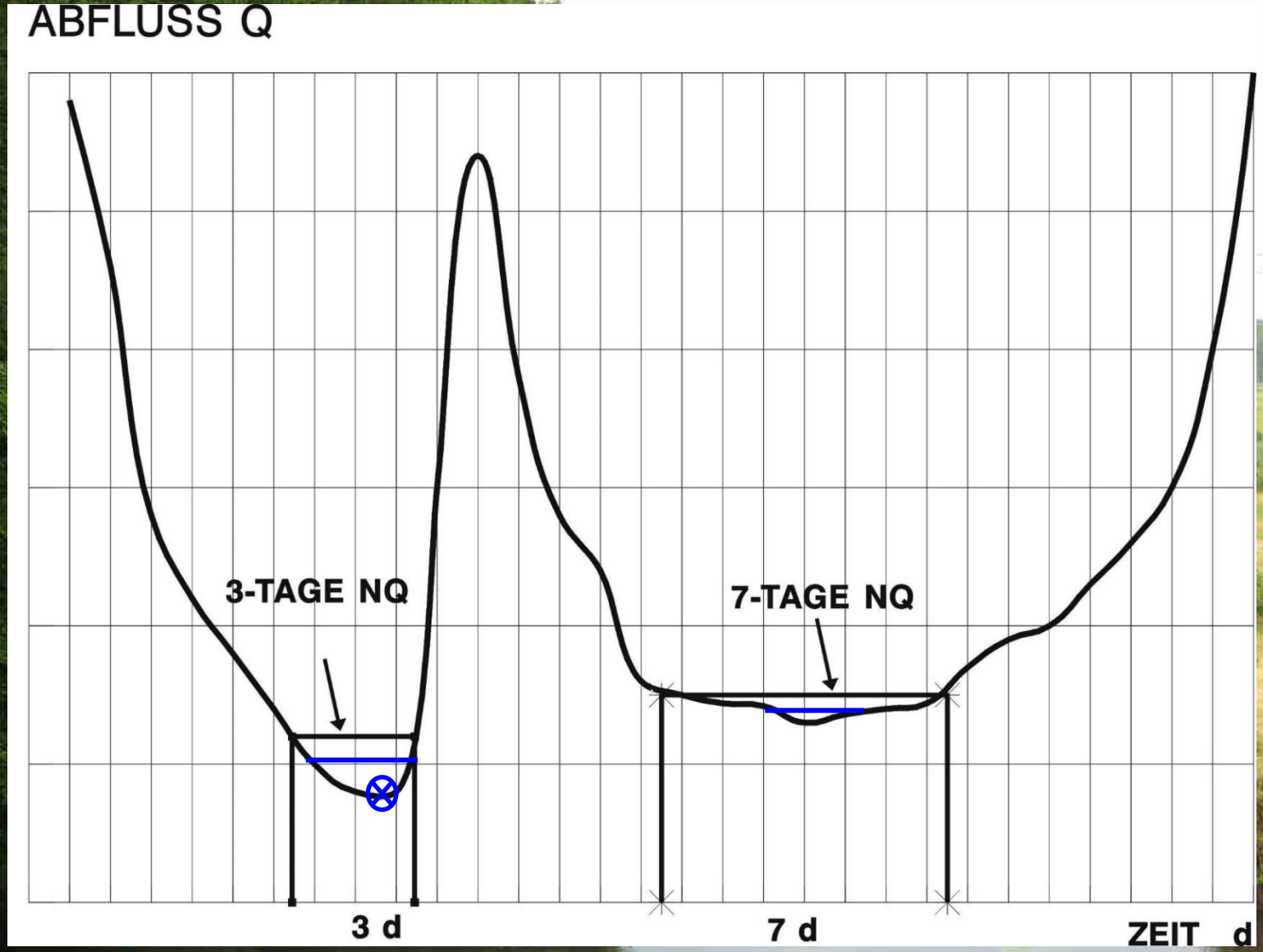
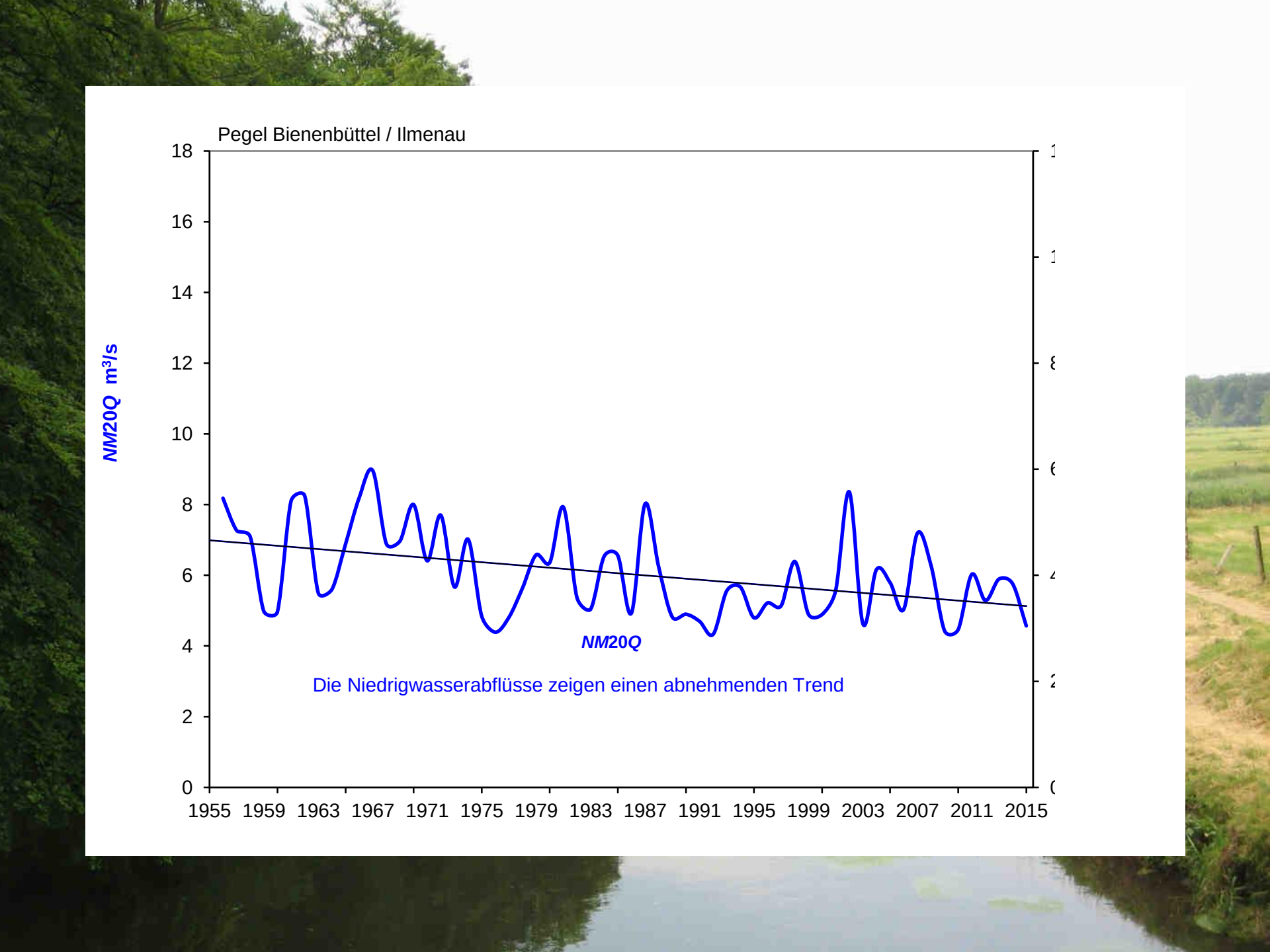
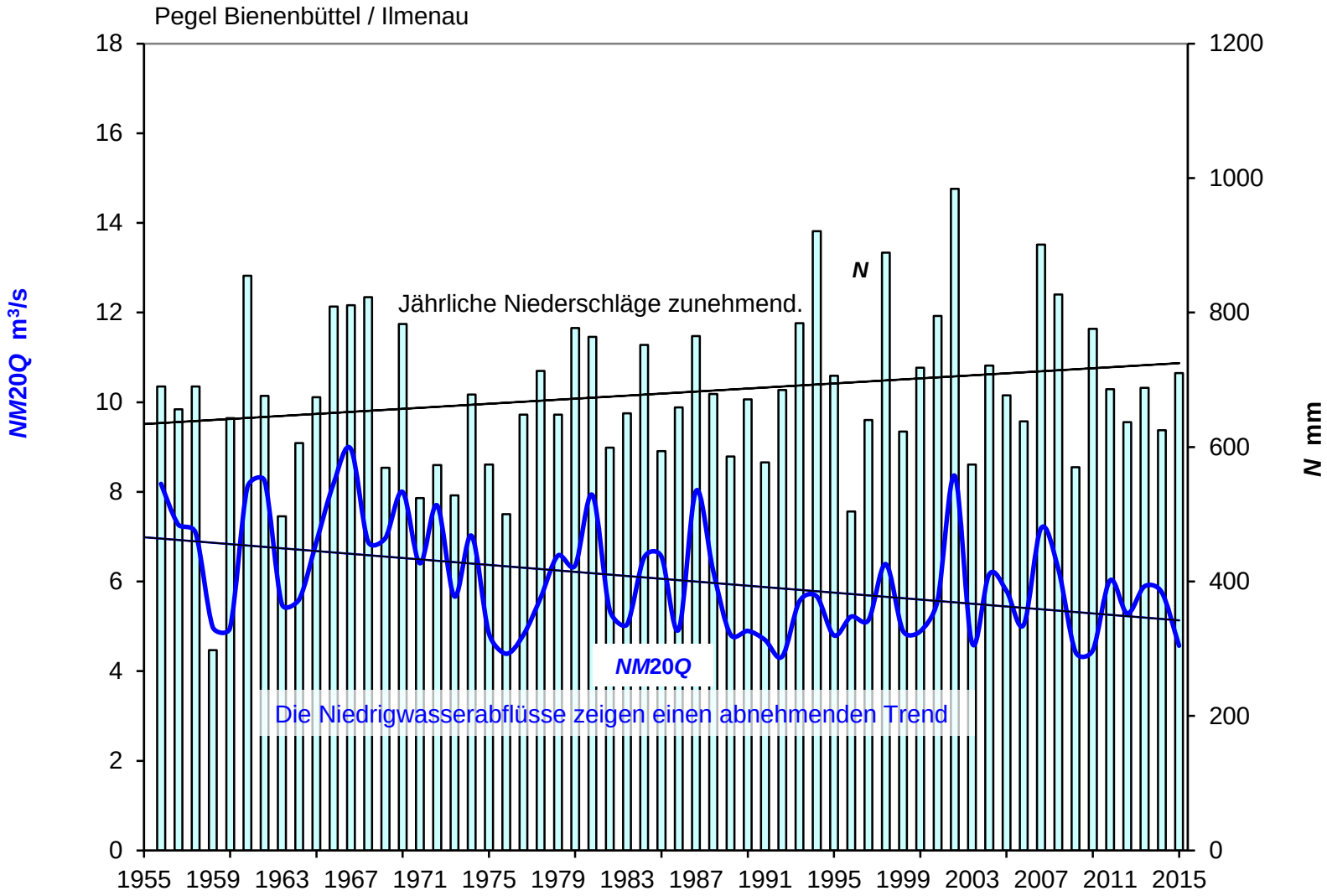


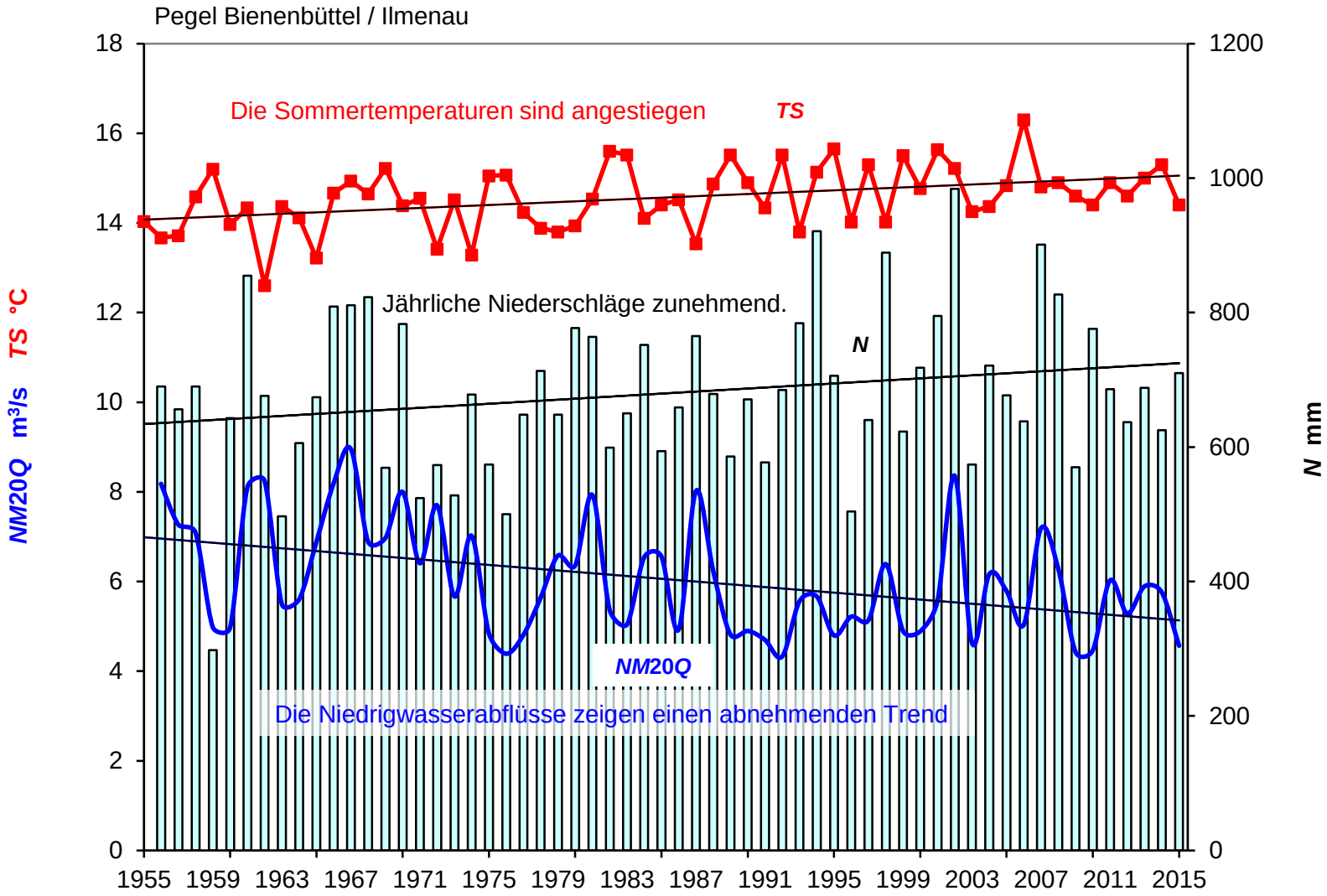
Foto: www.lysimeter.com

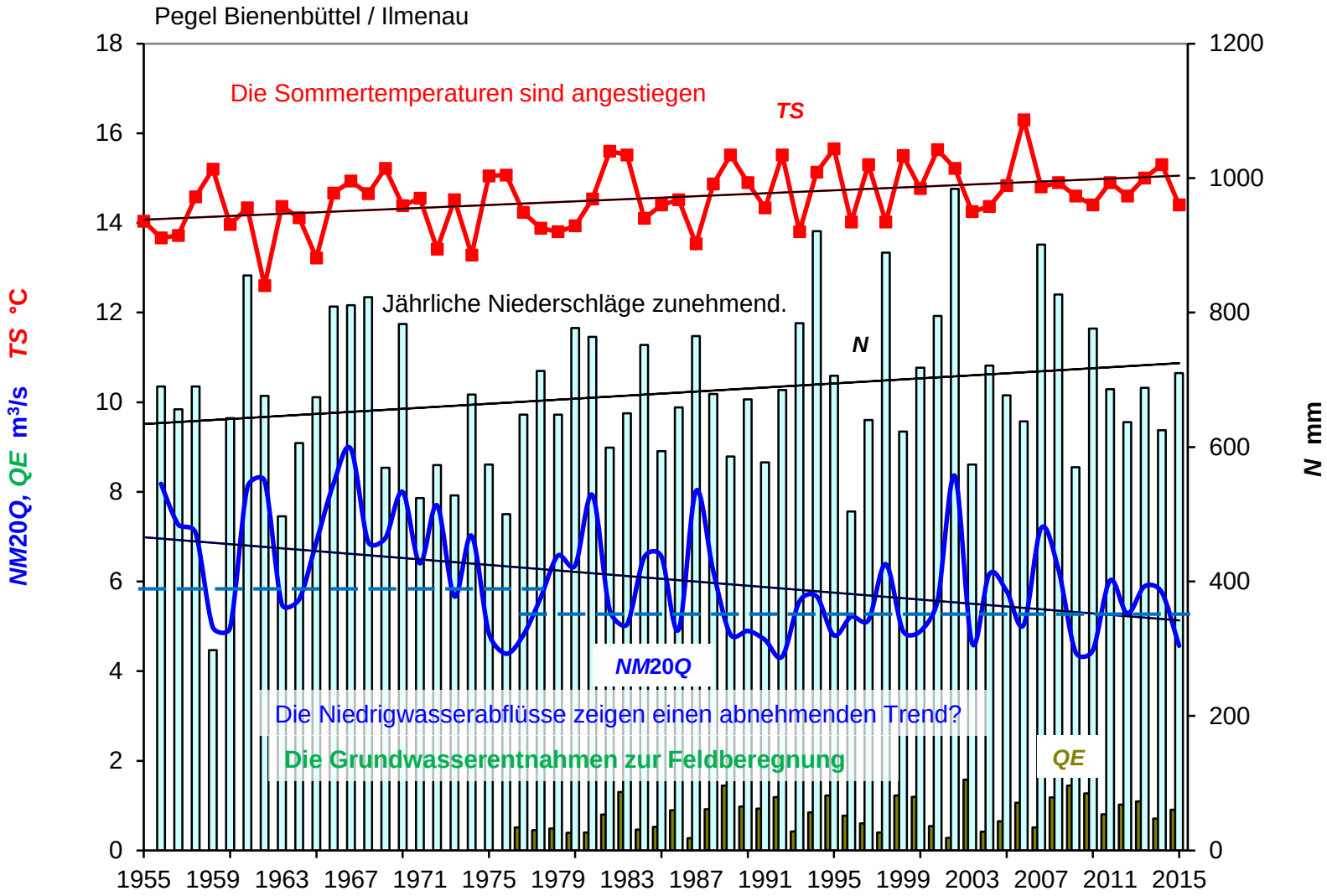
Niedrigwasser

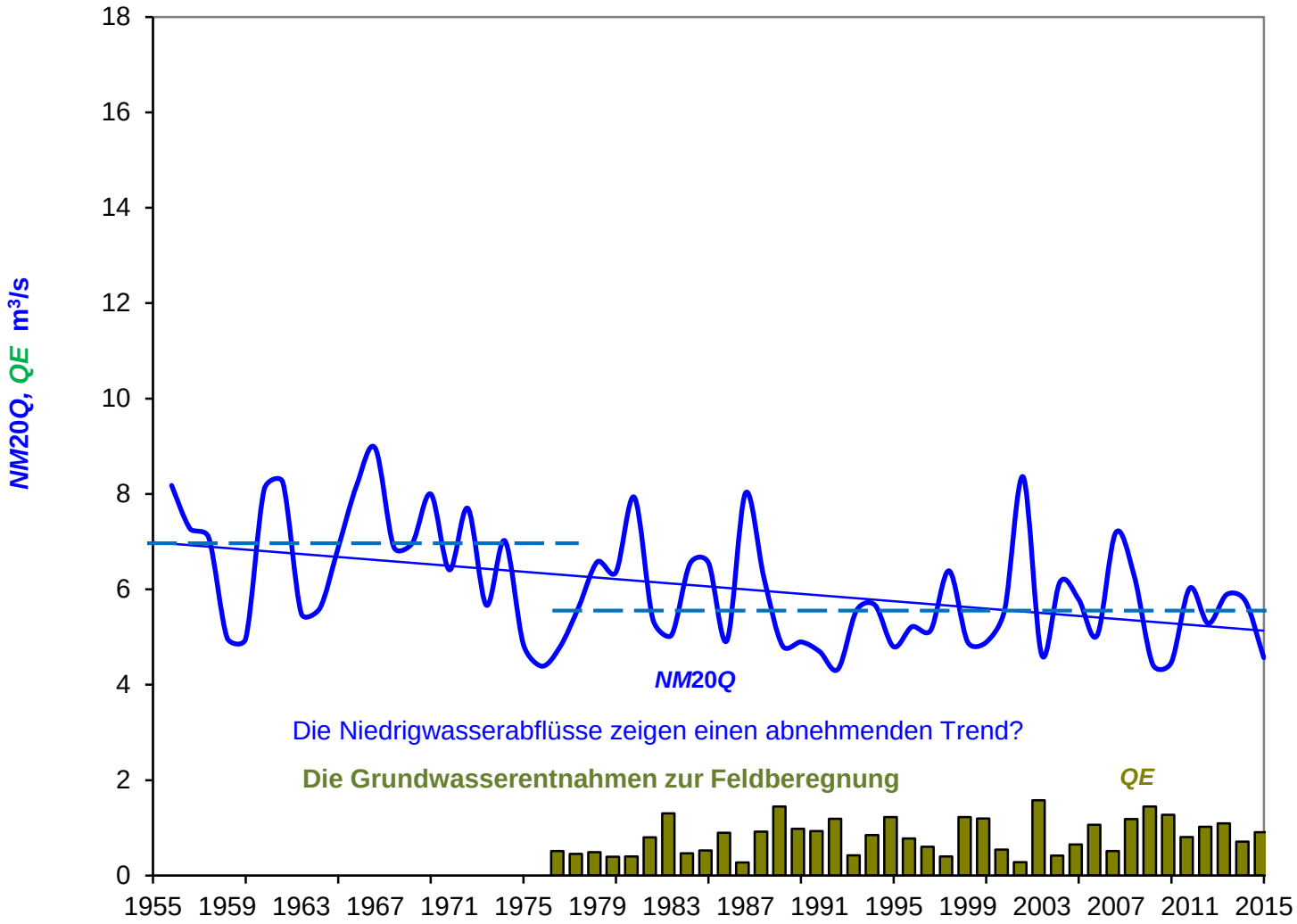


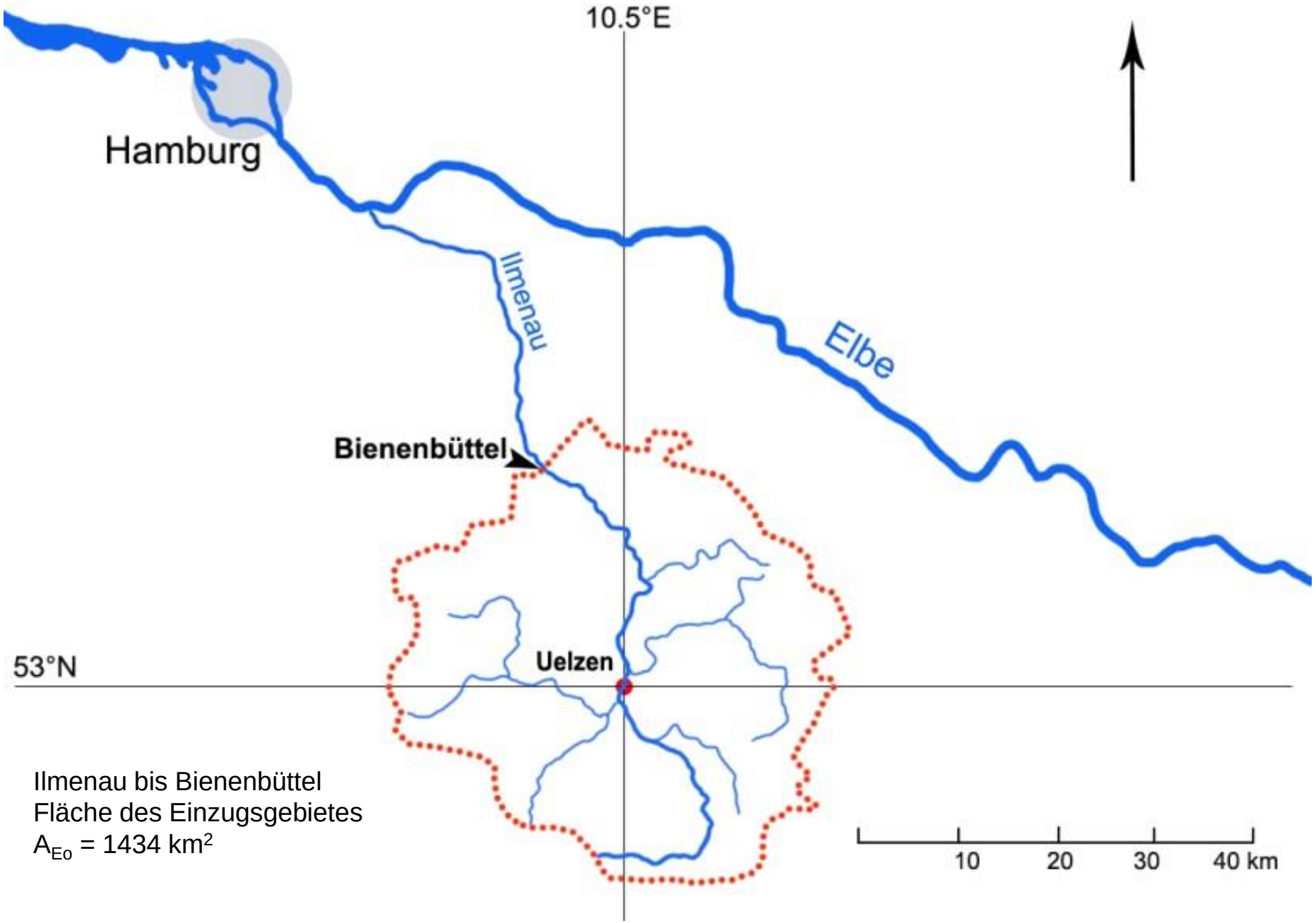

Pegel Bienenbüttel / Ilmenau
NM20Q m³/s
18
16
14
12
10
8
6
4
2
0
1955
1959
1963
1967
1971
1975
1979
1983
1987
1991
1995
1999
2003
2007
2011
2015
NM20Q
Die Niedrigwasserabflüsse zeigen einen abnehmenden Trend


Pegel Bienenbüttel / Ilmenau
NM20Q m³/s
N mm
Jährliche Niederschläge zunehmend.
N
NM20Q
Die Niedrigwasserabflüsse zeigen einen abnehmenden Trend
0
2
4
6
8
10
12
14
16
18
0
200
400
600
800
1000
1200
1955
1959
1963
1967
1971
1975
1979
1983
1987
1991
1995
1999
2003
2007
2011
2015


Pegel Bienenbüttel / Ilmenau
Die Sommertemperaturen sind angestiegen
TS
Jährliche Niederschläge zunehmend.
N
NM20Q
Die Niedrigwasserabflüsse zeigen einen abnehmenden Trend
NM20Q m³/s TS °C
N mm
18
16
14
12
10
8
6
4
2
0
1200
1000
800
600
400
200
0
1955 1959 1963 1967 1971 1975 1979 1983 1987 1991 1995 1999 2003 2007 2011 2015

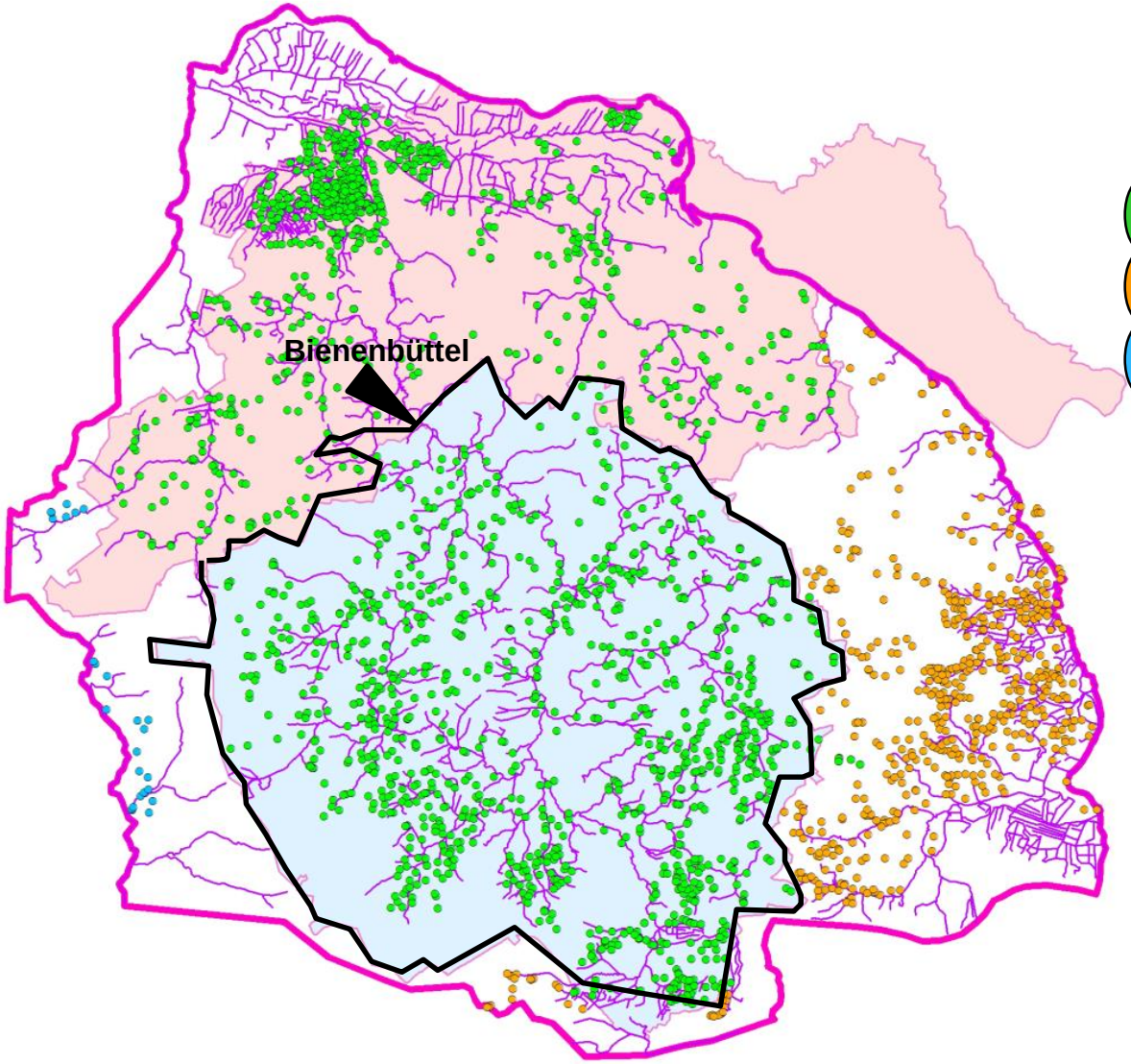

Pegel Bienenbüttel / Ilmenau
Die Sommertemperaturen sind angestiegen
TS
Jährliche Niederschläge zunehmend.
N
NM20Q
Die Niedrigwasserabflüsse zeigen einen abnehmenden Trend?
Die Grundwasserentnahmen zur Feldberegnung
QE
NM20Q, QE m³/s TS °C
N mm
18
16
14
12
10
8
6
4
2
0
1200
1000
800
600
400
200
0
1955 1959 1963 1967 1971 1975 1979 1983 1987 1991 1995 1999 2003 2007 2011 2015


NM20Q, QE m³/s
18
16
14
12
10
8
6
4
2
0
1955
1959
1963
1967
1971
1975
1979
1983
1987
1991
1995
1999
2003
2007
2011
2015
NM20Q
Die Niedrigwasserabflüsse zeigen einen abnehmenden Trend?
Die Grundwasserentnahmen zur Feldberegnung
QE



Ilmenau bis Bienenbüttel
Fläche des Einzugsgebietes
A_{Eo} = 1434 km^2

Beregnungsbrunnen



1840 Brunnen LG / UE

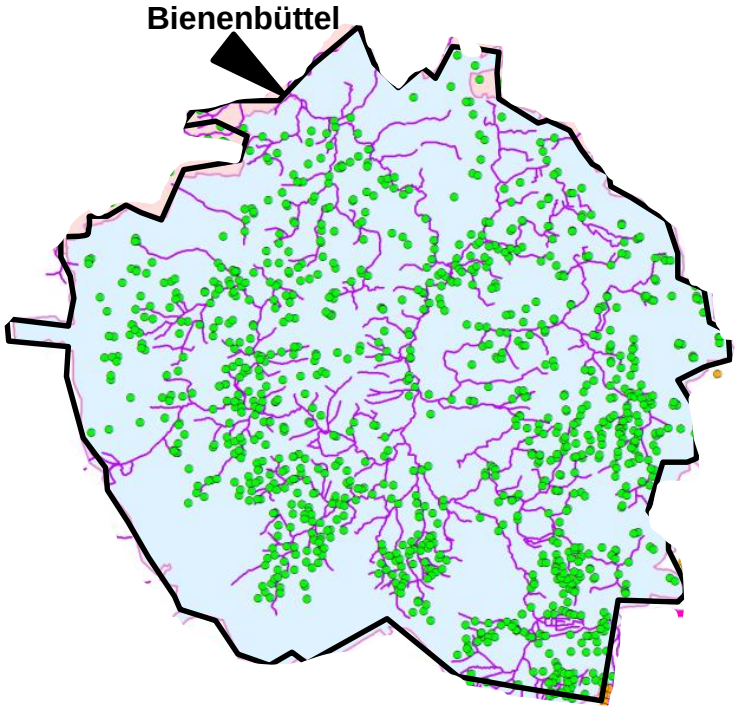
548 Brunnen DAN

25 Brunnen HK

insgesamt ca. 2400 Brunnen
im Modellgebiet

Quelle: DFL/DFU Gutachten, Entwurf

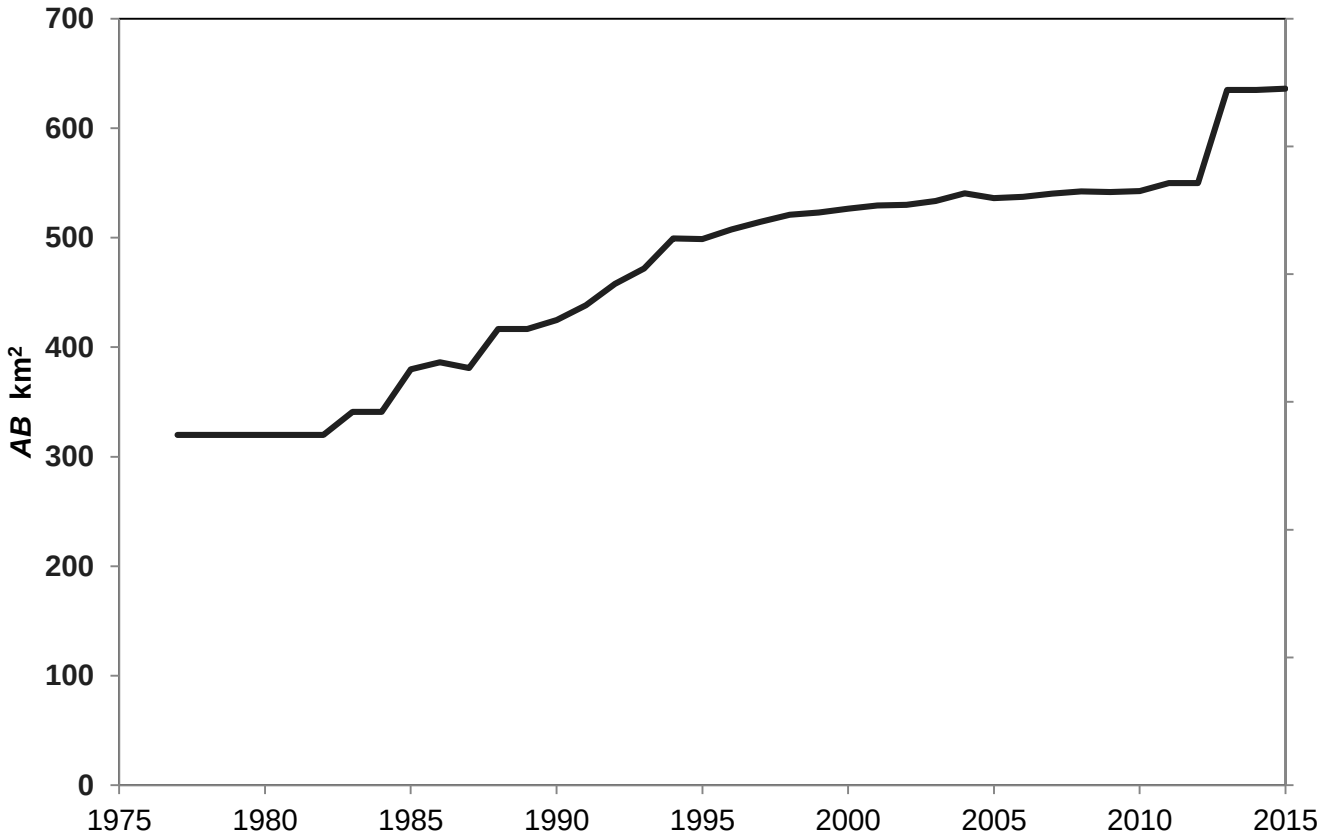
Beregnungsbrunnen



ca. 900 Brunnen
im Kreis Uelzen

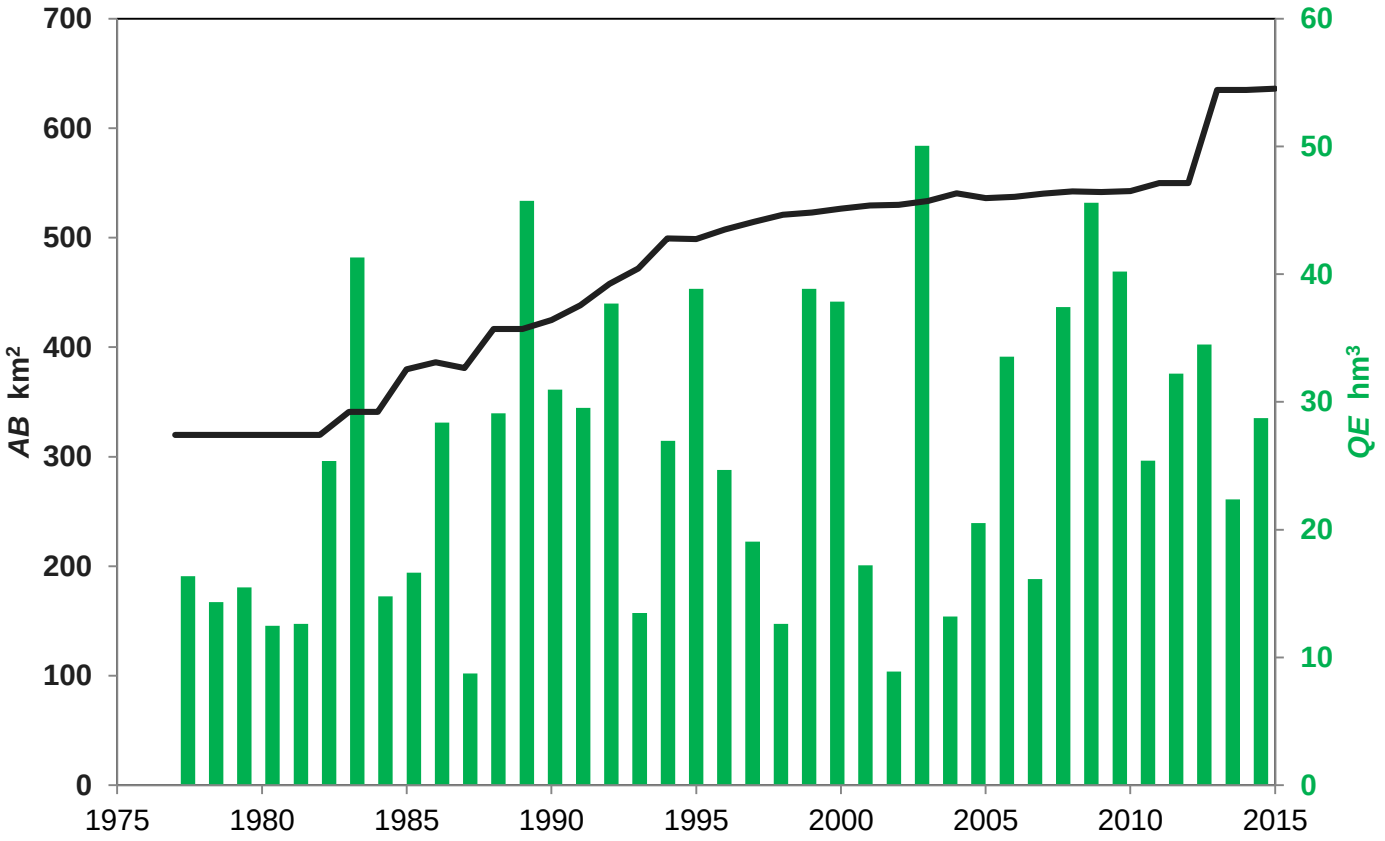
Quelle: DFL/DFU Gutachten, Entwurf

Zur Bewässerung zugelassene Flächen *AB* = 620 km^2



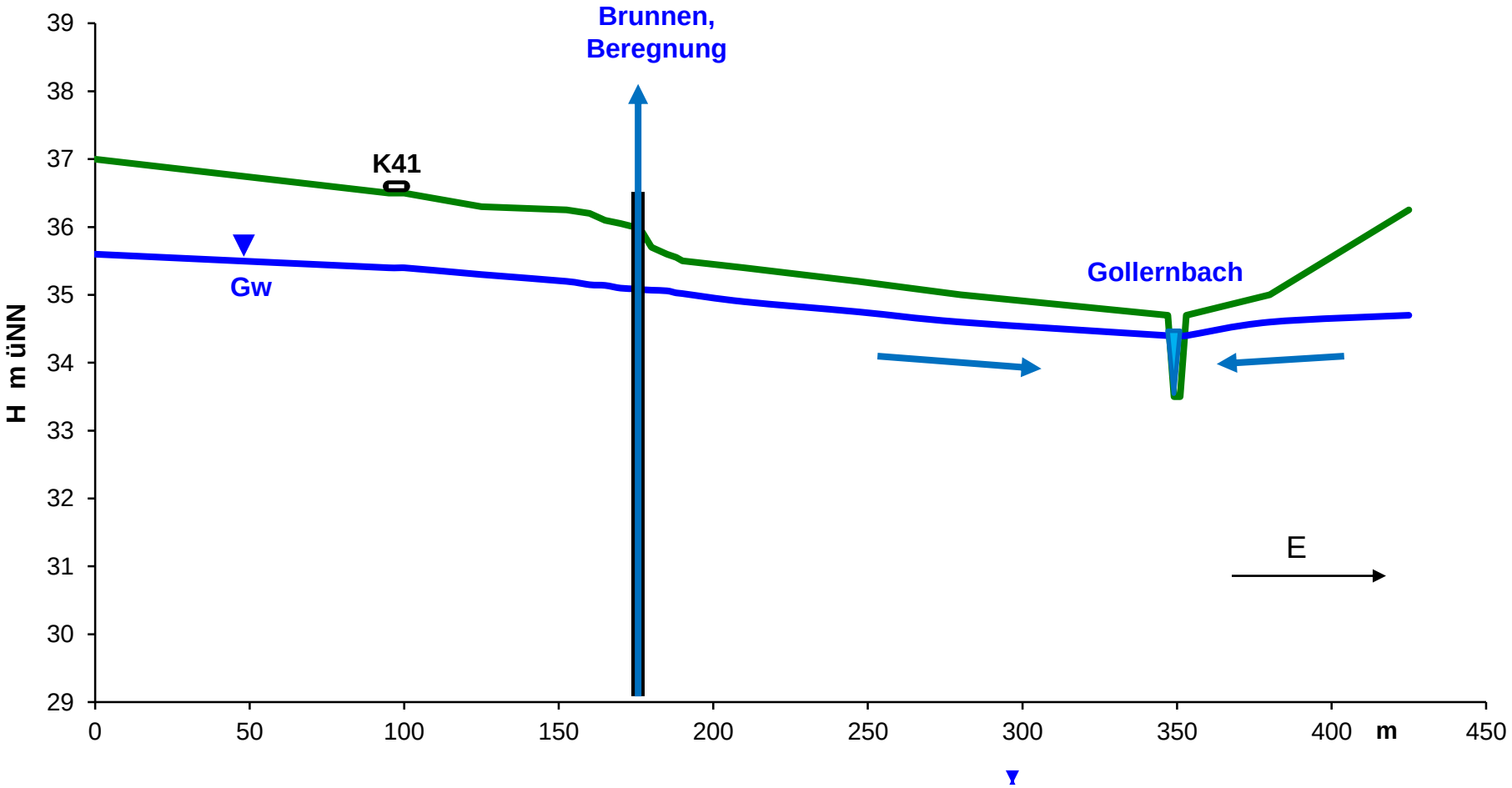
Fläche des Einzugsgebietes
A_{Eo} = 1434 km^2

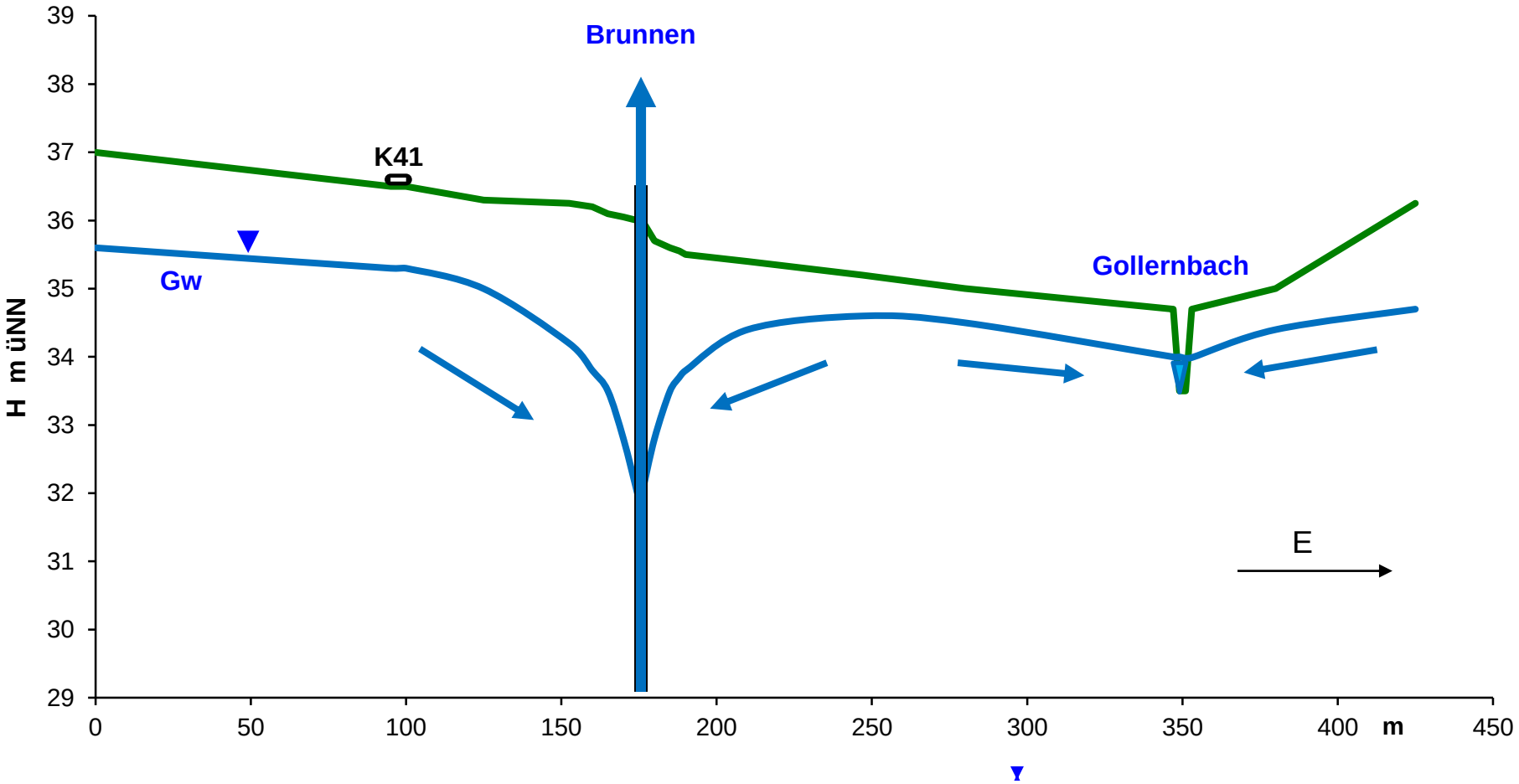
Zur Bewässerung zugelassene Flächen *AB* = 620 km^2 und
Grundwasserentnahmen zur Feldberegnung



Zugelassene mittlere jährliche
Beregnungshöhe 70 mm oder 60 mm

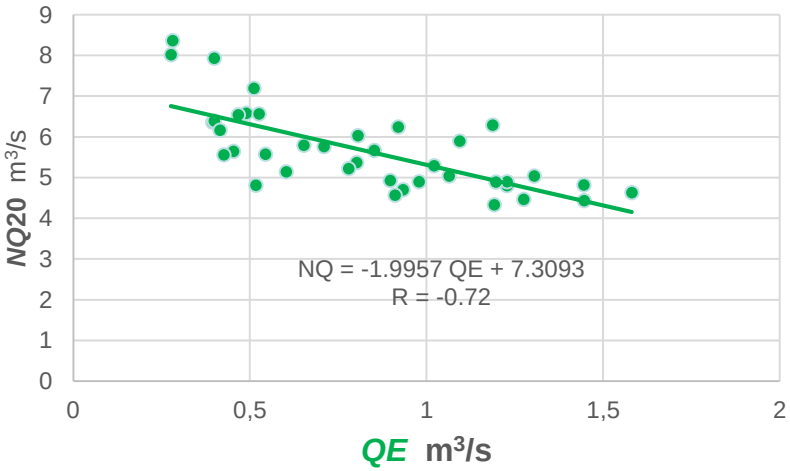
→ 0.070 * 620 * 10^6 = 43.4 * 106 m^3 = 43.4 hm^3


Brunnen,
Beregnung
K41
Gw
Gollernbach
E
H m üNN
39
38
37
36
35
34
33
32
31
30
29
0
50
100
150
200
250
300
350
400
m
450


Brunnen
K41
Gw
Gollernbach
E
H m üNN
39
38
37
36
35
34
33
32
31
30
29
0
50
100
150
200
250
300
350
400
m
450

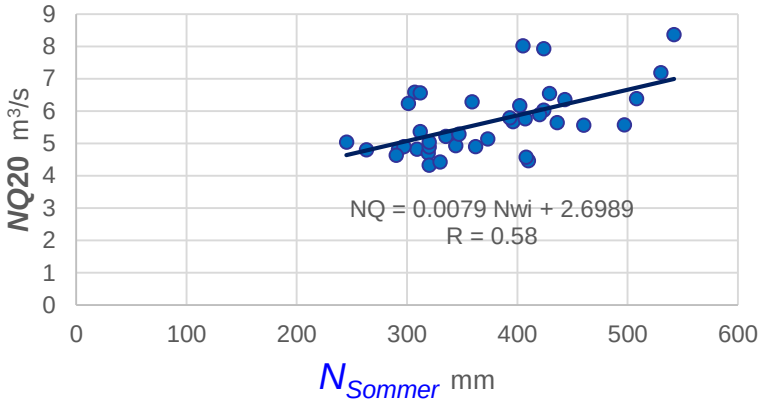
Der Niedrigwasserabfluss hängt von verschiedenen Einflussgrößen ab.

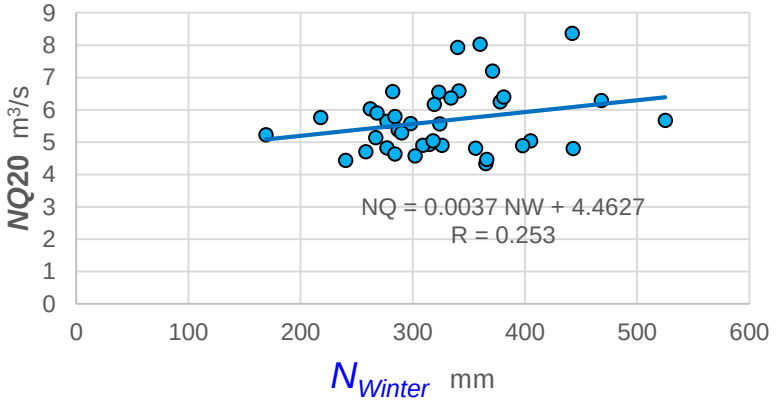
- vom Sommerniederschlag *
- vom Winterniederschlag
- von der Lufttemperatur im Sommer
- von …
- von der Grundwasserentnahme

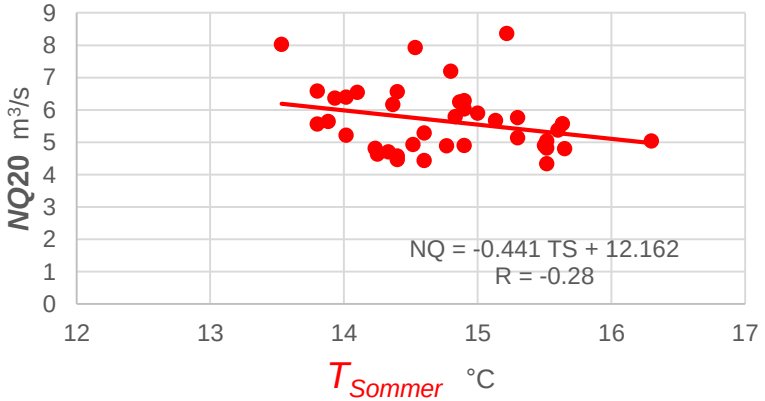


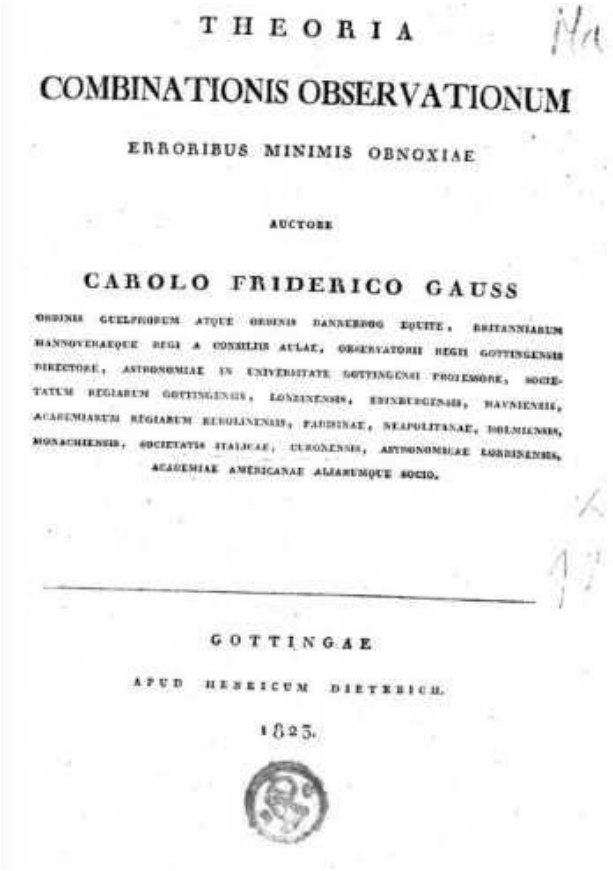
Wie kann man alle Einflüsse gleichzeitig berücksichtigen?

* Winterhalbjahr: November - April
Sommerhalbjahr: Mai - Oktober









THEORIA

COMBINATIONIS OBSERVATIONUM

ERRORIBUS MINIMIS OBNOXIAE

AUCTORE

CAROLO FRIDERICO GAUSS

ORDINIS GUELPHORUM ATQUE ORDINIS DANNEBROG EQUITE, BRITANNIARUM HANNOVERAEQUE REGI A CONSILIIS AULAE, OBSERVATORII REGII GOTTINGENSIS DIRECTORE, ASTRONOMIAE IN UNIVERSITATE GOTTINGENSI PROFESSORE, SOCIETATUM REGIARUM GOTTINGENSIS, LONDINENSIS, EDINBURGENSIS, HAVNIENSIS, ACADEMIARUM REGIARUM BEROLINENSIS, PARISINAE, NEAPOLITANAE, HOLMIENSIS, MONACHIENSIS, SOCIETATIS ITALICAE, CURONENSIS, ASTRONOMICAE LONDINENSIS, ACADEMIAE AMERICANAE ALIARUMQUE SOCIO.

GOTTINGAE

APUD HENRICUM DIETERICH.

1823.

Gauß, C.F.: *Theoria Combinationis Observationum Erroribus Minimis Obnoxiae*. H. Dieterich, Göttingen, 1823, 1–58

Theorie der den kleinsten Fehlern unterworfenen Kombination der Beobachtungen.

„kleinste Fehlerquadratsumme“

Statt Einfachregression

Mehrfachregression

$$NMxQ_t = NQ_0 + a \cdot NW_t + b \cdot NS_t + c \cdot NJ_{t-1} + d \cdot TW_t + e \cdot TS_t + f \cdot QE_t + Z_t$$

Mehrfachregression:

1977 – 2015, 39 Jahre → 39 Gleichungen, 7 Unbekannte (Koeffizienten a, b,…)

$$NMxQ_t = NQ_0 + a \cdot NW_t + b \cdot NS_t + c \cdot NJ_{t-1} + d \cdot TW_t + e \cdot TS_t + f \cdot QE_t + Z_t$$

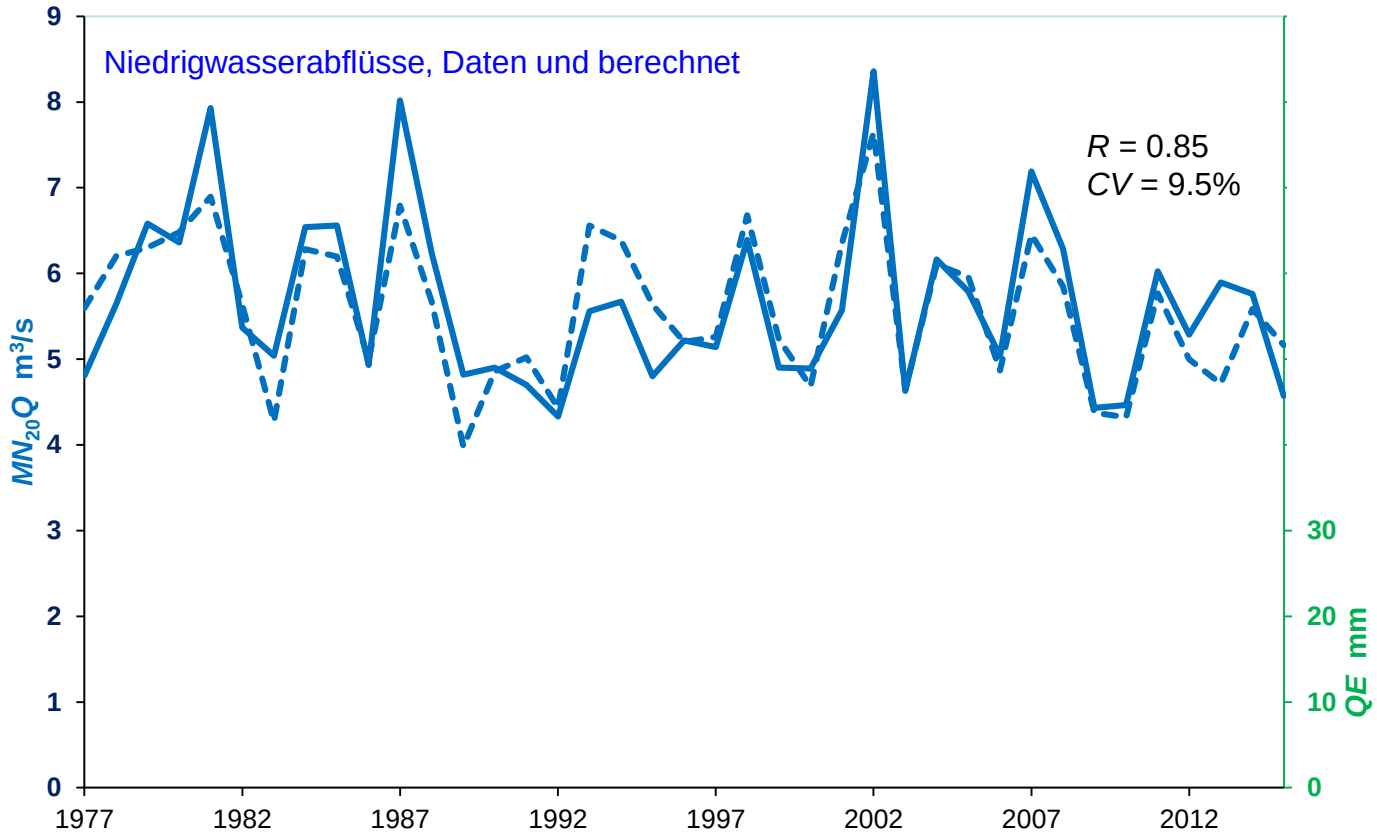
Mit:		
	$NMxQ_t$	Niedrigwasserabfluss, *x* Tage, im Jahre *t* in m^3/s
1	NQ_0	Basisbetrag des Niedrigwasserabflusses in m^3/s
2	NW_t	Winterniederschlag im Jahre *t* in mm
3	NS_t	Sommerniederschlag im Jahre *t* in mm
4	NJ_{t-1}	Vorjahresniederschlag in mm
5	TW_t	mittlere Lufttemperatur im Winter des Jahres *t* in °C
6	TS_t	mittlere Lufttemperatur im Sommer des Jahres *t* in °C
7	QE_t	Grundwasserentnahme zur Feldberegnung des Jahres *t* in mm
	Z_t	Zufallsanteil, Differenz zwischen Daten und gerechneten Werten

Winterhalbjahr: November - April

Sommerhalbjahr: Mai - Oktober

Auflösung des überbestimmten Gleichungssystems, Ergebnis:

$$NM20Q_t = 3.84 + 0.00272 \cdot NW_t + 0.00131 \cdot NS_t + 0.00331 \cdot NJ_{t-1} + 0.0189 \cdot TW_t - 0.0136 \cdot TS_t - 0.0982 \cdot QE_t + Z_t$$



$NM20Q_t = 3.84 + 0.00272 \cdot NW_t + 0.00131 \cdot NS_t + 0.00331 \cdot NJ_{t-1} + 0.0189 \cdot TW_t - 0.0136 \cdot TS_t - 0.0982 \cdot QE_t$

$NM20Q_t = 3.84 + 0.9 + 0.5 + 2.33 + 0.07 - 0.20 - 1.81 = 5.63$ mm

Mittlere Anteile der Parameter

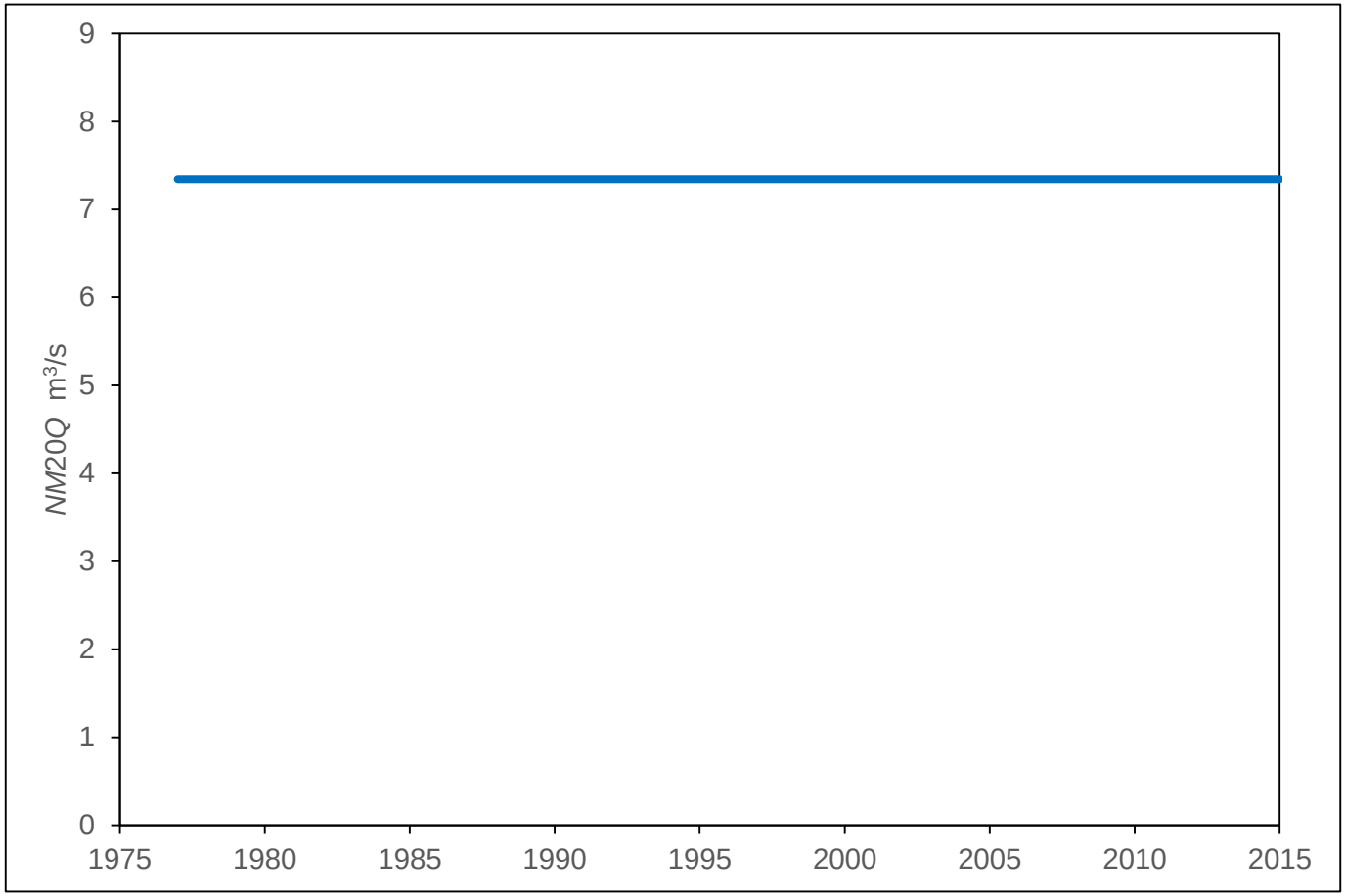
Was kann man damit machen?

Quantifizierung der verschiedenen Einflüsse.

Simulation:

Annahme: jedes Jahr das gleiche Wetter, keine Entnahmen

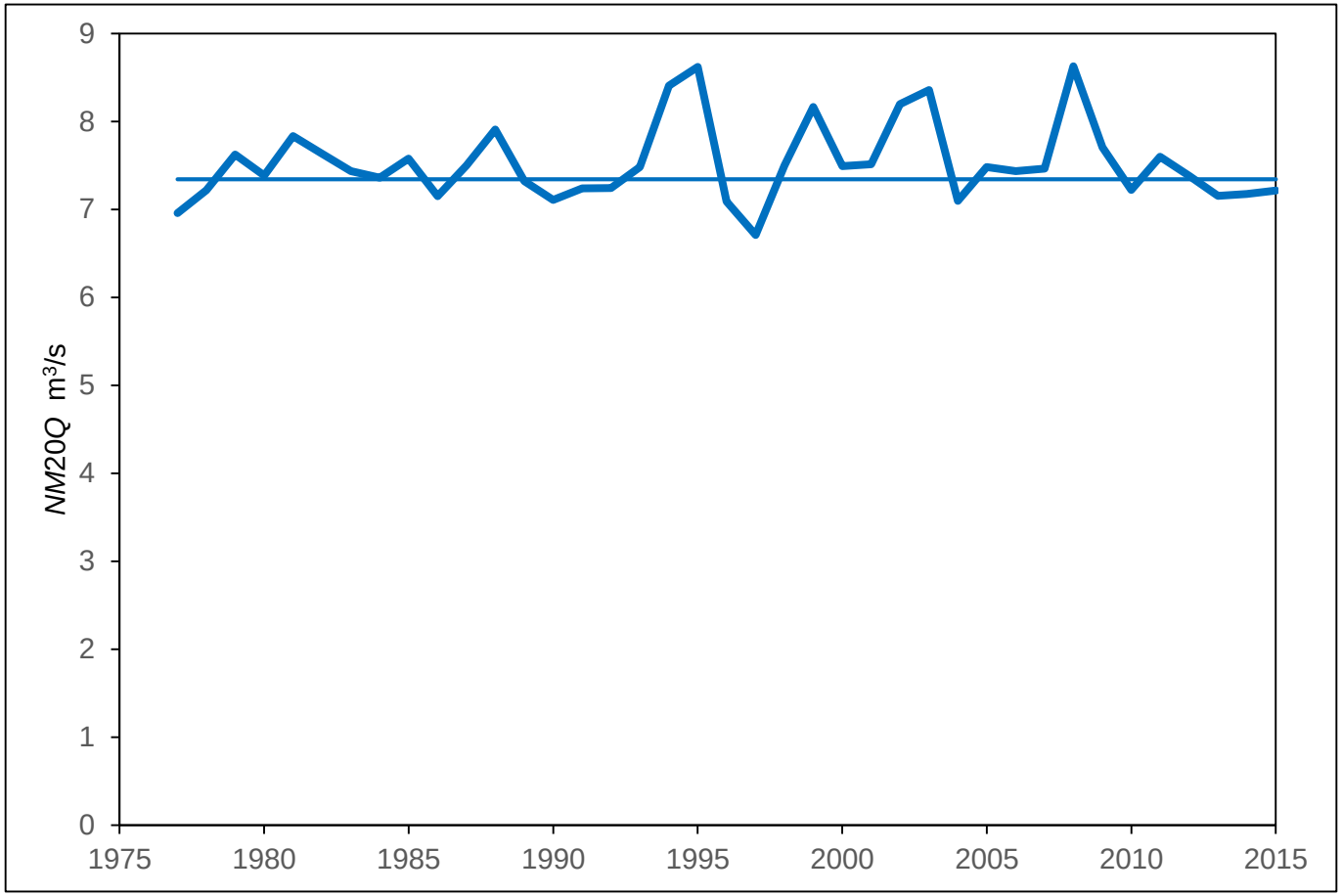
→ jedes Jahr das gleiche Niedrigwasser



NM20Q = 3.84 + 0.00272*NW + 0.00131*NS + 0.00331*NJ + 0.0189* TW – 0.136*TS -0.0983*QE

Simulation:

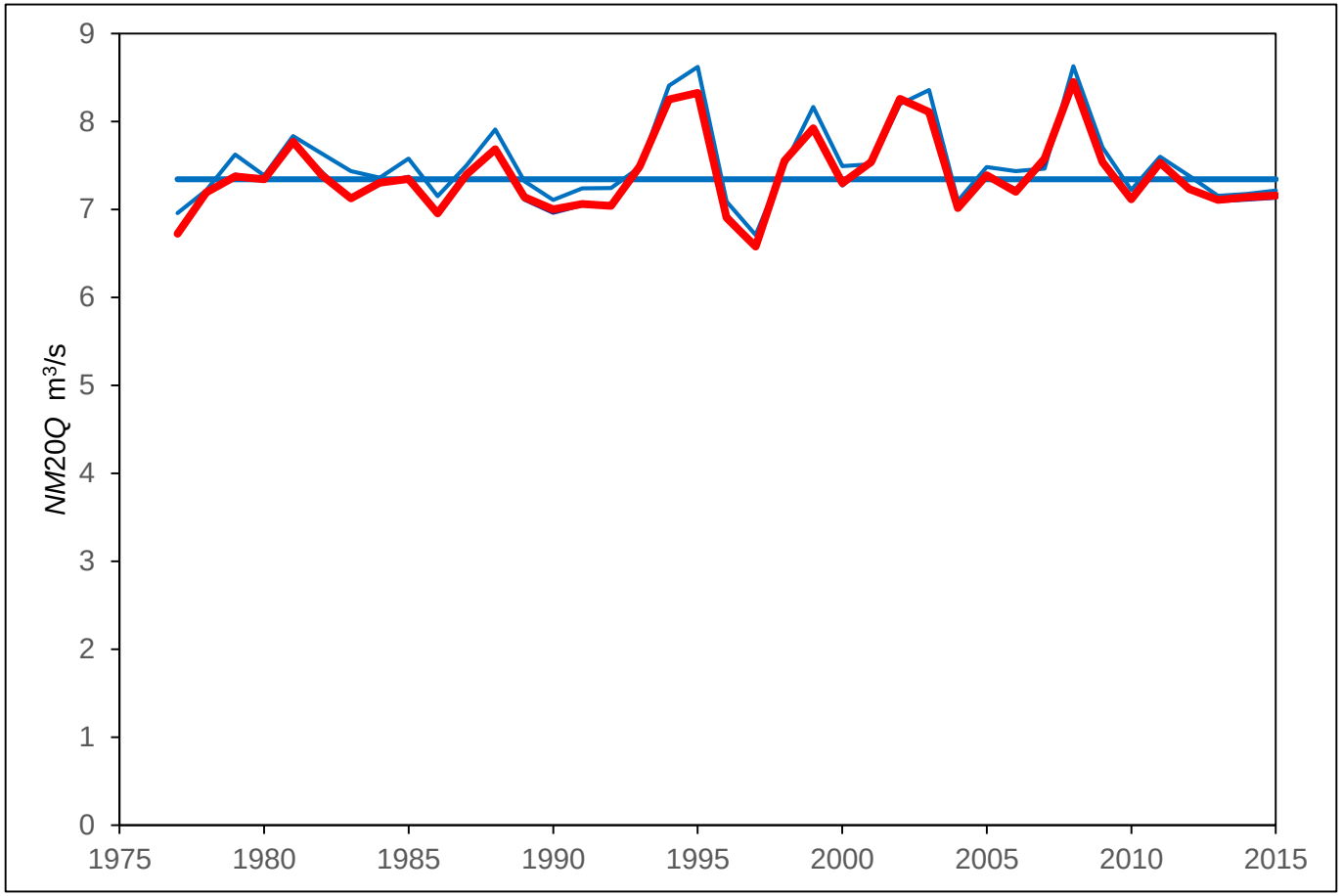
Der Einfluss des Niederschlagsverlaufs



NM20Q = 3.84 + 0.00272*NW + 0.00131*NS + 0.00331*NJ + 0.0189* TW – 0.136*TS -0.0983*QE

Simulation:

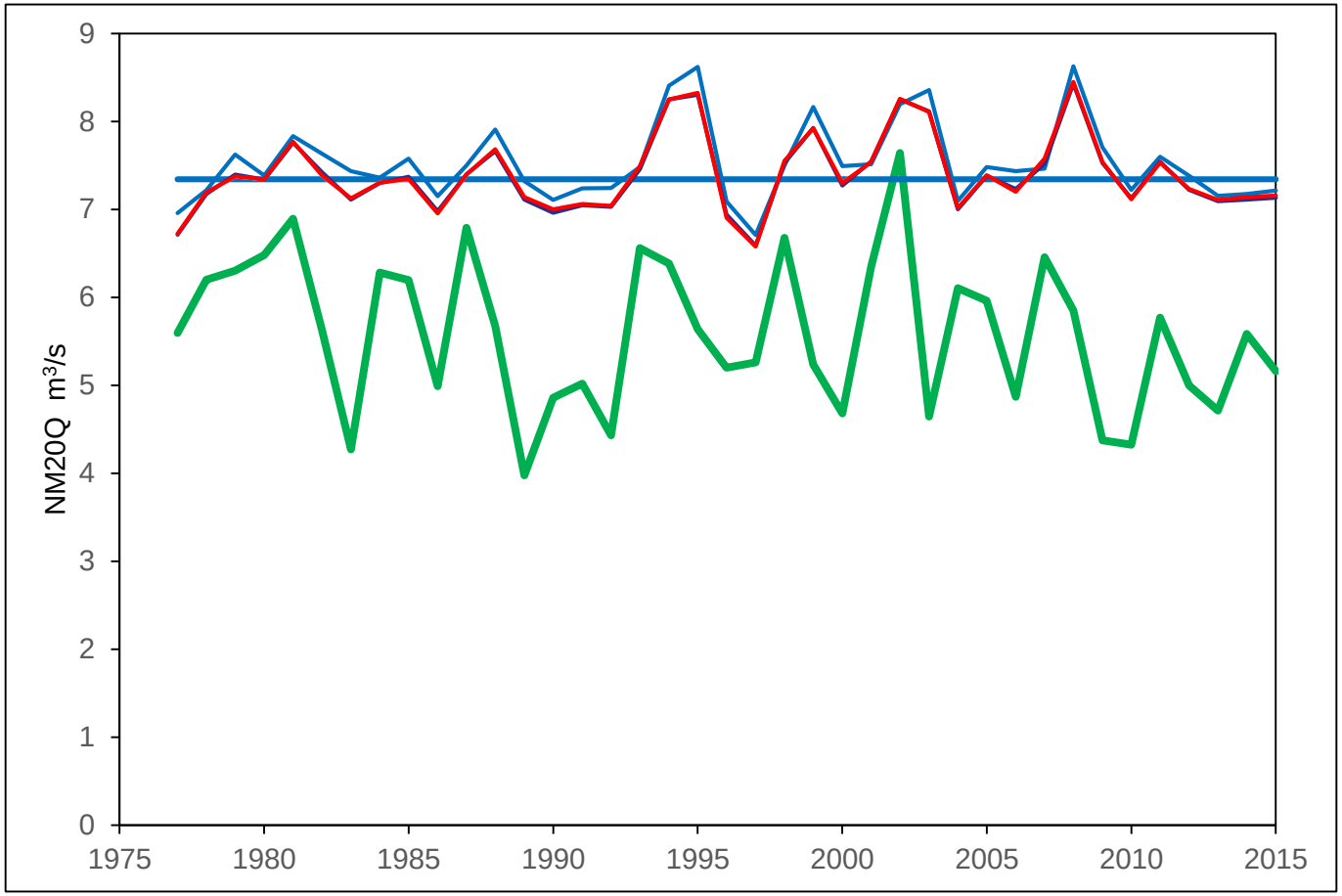
Der Einfluss des Temperaturverlaufs



NM20Q = 3.84 + 0.00272*NW + 0.00131*NS + 0.00331*NJ + 0.0189* TW – 0.136*TS -0.0983*QE

Simulation:

Der Einfluss der Grundwasserentnahmen



NM20Q = 3.84 + 0.00272*NW + 0.00131*NS + 0.00331*NJ + 0.0189* TW – 0.136*TS -0.0983*QE

Verkürzte Regressionsgleichung.

Information von Sommerniederschlag und –temperatur, *NS* und *TS,* ist weitgehend in *QE* enthalten (Korrelation). Einfluss von *TW* ist klein.

$$NMxQ_t = NQ_0 + a \cdot NW_t + b \cdot NS_t + c \cdot NJ_{t-1} + d \cdot TW_t + e \cdot TS_t + f \cdot QE_t \qquad 1a$$

R = 0.85
CV = 9.5%

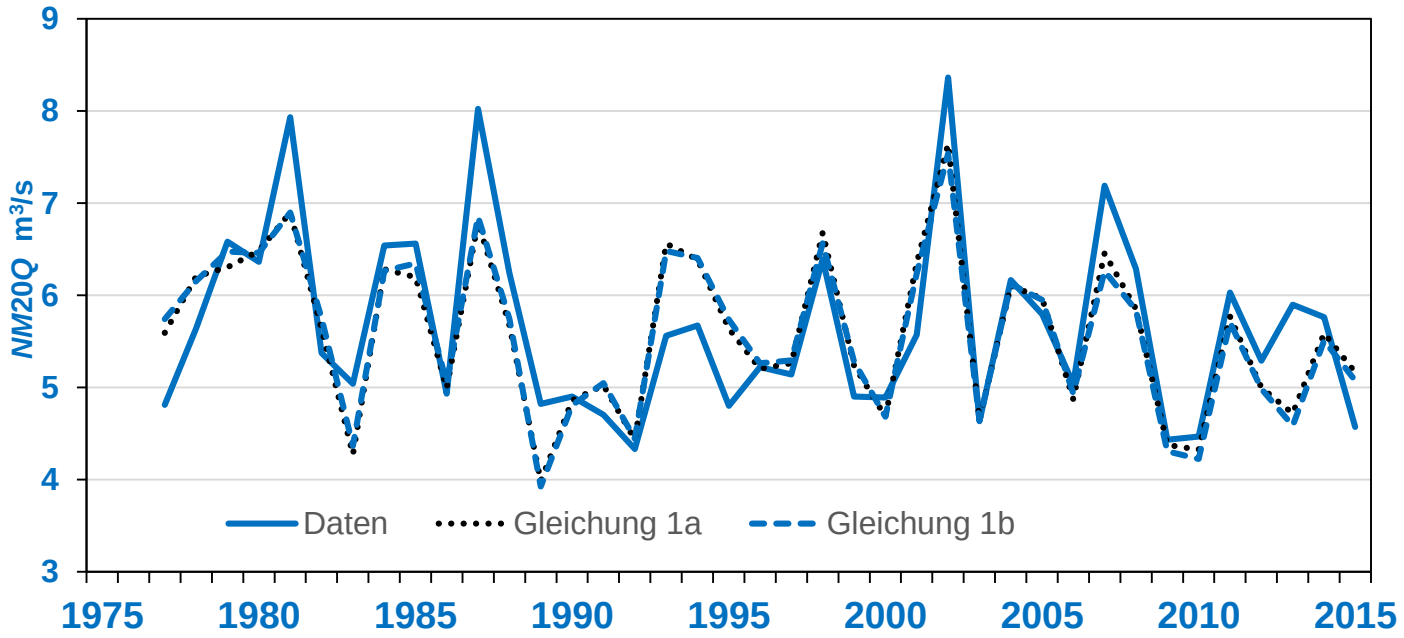
→

$$NMxQ_t = NQ_0 + a \cdot NW_t + c \cdot NJ_{t-1} + f \cdot QE_t \qquad 1b$$

Regression 4 Unbekannte, 39 Jahre, Ergebnis:

$$NM20Q_t = 4.24 + 0.00296 \cdot NW_t + 0.00333 \cdot NJ_{t-1} - 0.1055 \cdot QE_t \qquad 1b$$

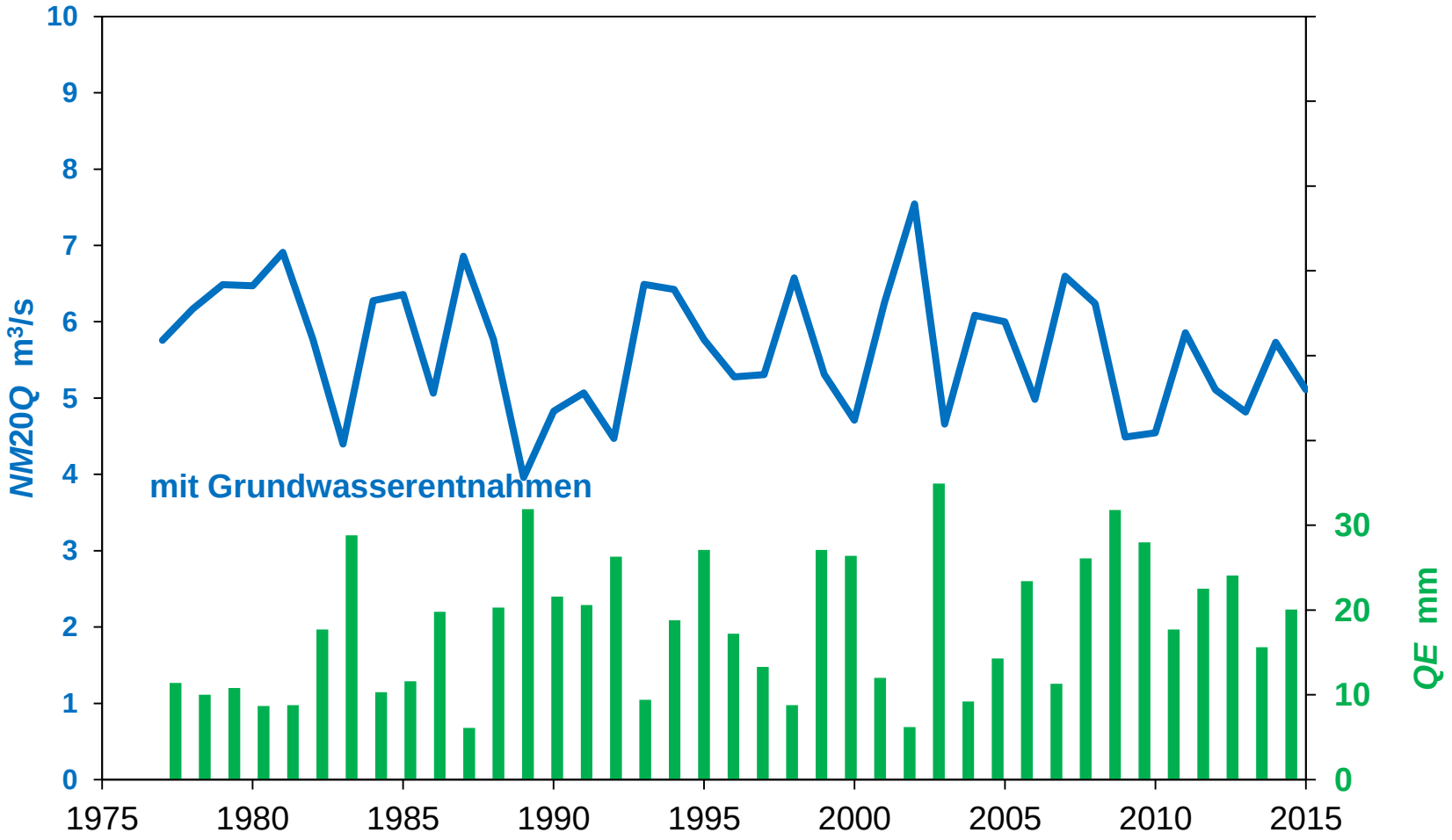
R = 0.84
CV = 9.6%



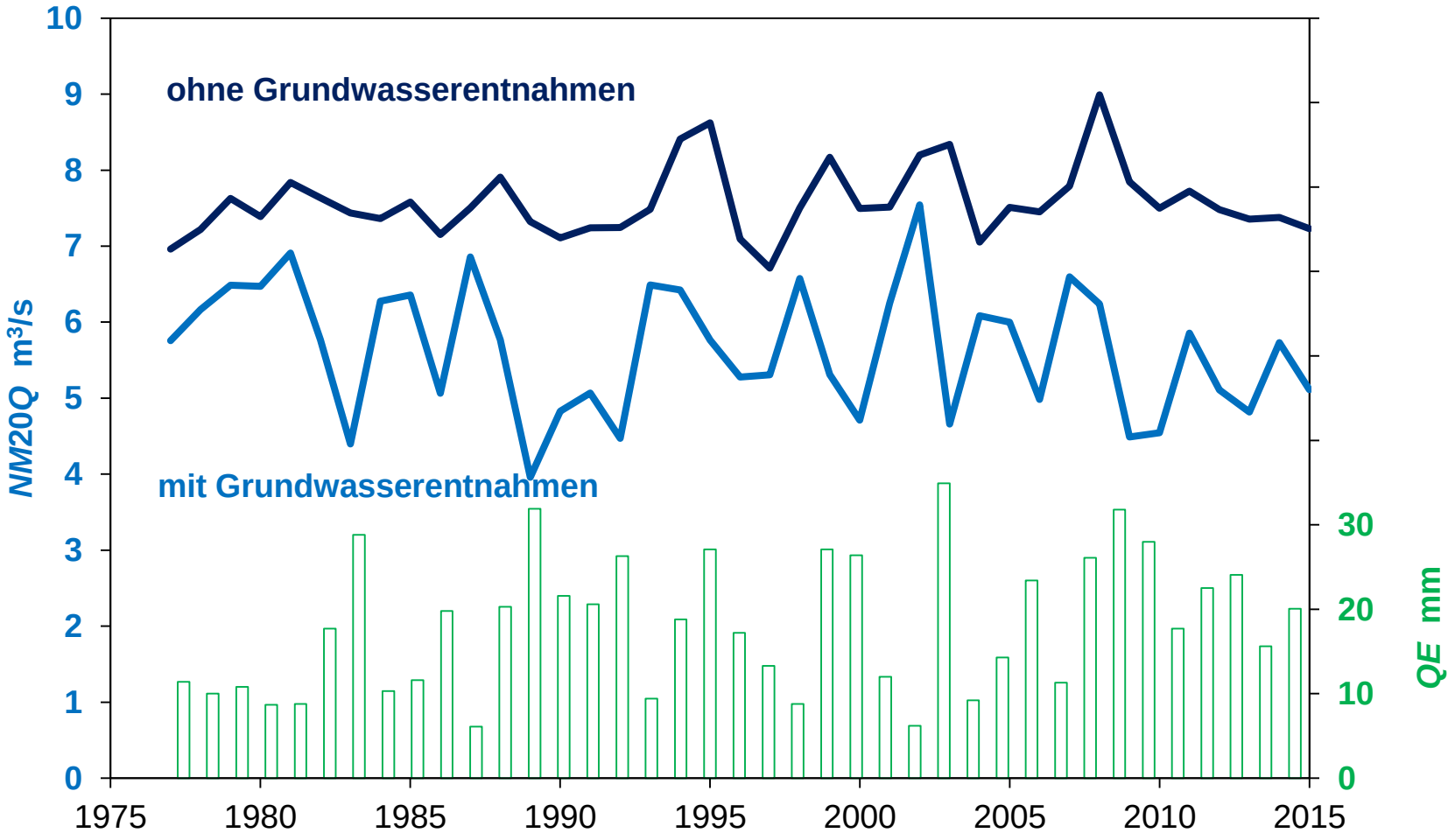
Anwendung

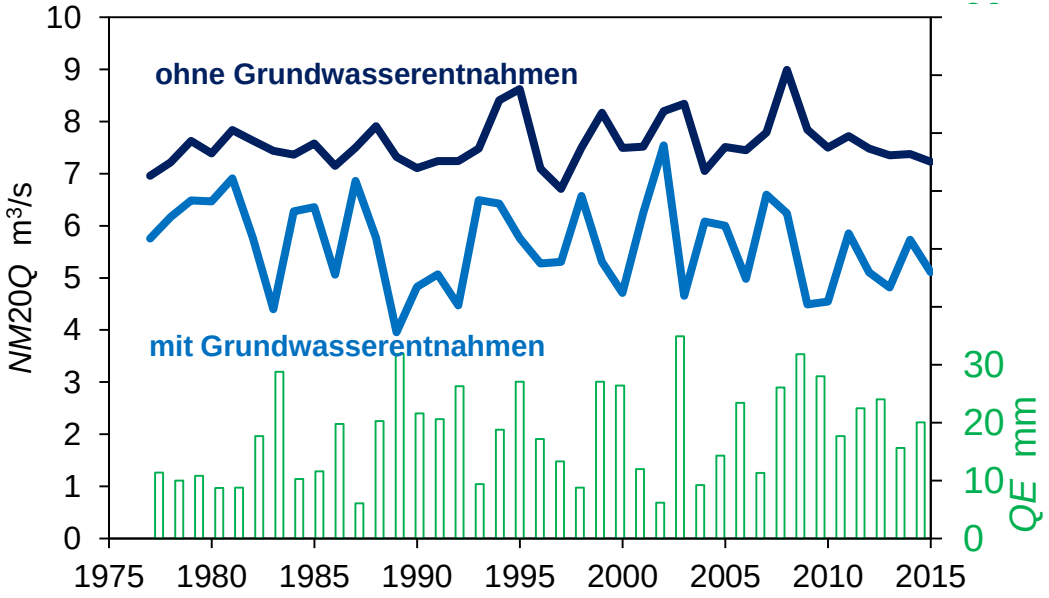
$$NM\,20Q_t = 4{,}24 + 0{,}00296\,NW_t + 0{,}0033\,NJ_{t-1} - 0{,}1055\,QE_t \qquad (1b)$$

ohne Grundwasserentnahmen



$$NM20Q_t = 4{,}24 + 0{,}00296\,NW_t + 0{,}0033\,NJ_{t-1} - 0{,}1055\,QE_t \qquad (1b)$$

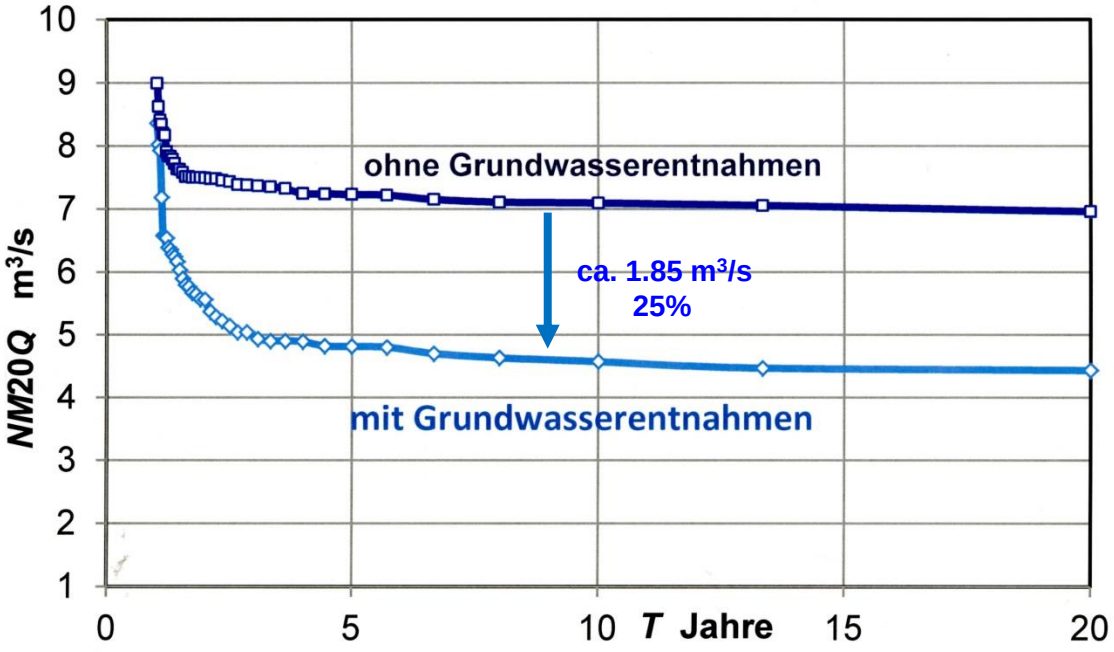




Wahrscheinlichkeitsanalyse

Der Niedrigwasserabfluss ist durch die Grundwasserentnahmen um ca. 25% verringert.

$$T = (n+1)/(n+1-m)$$

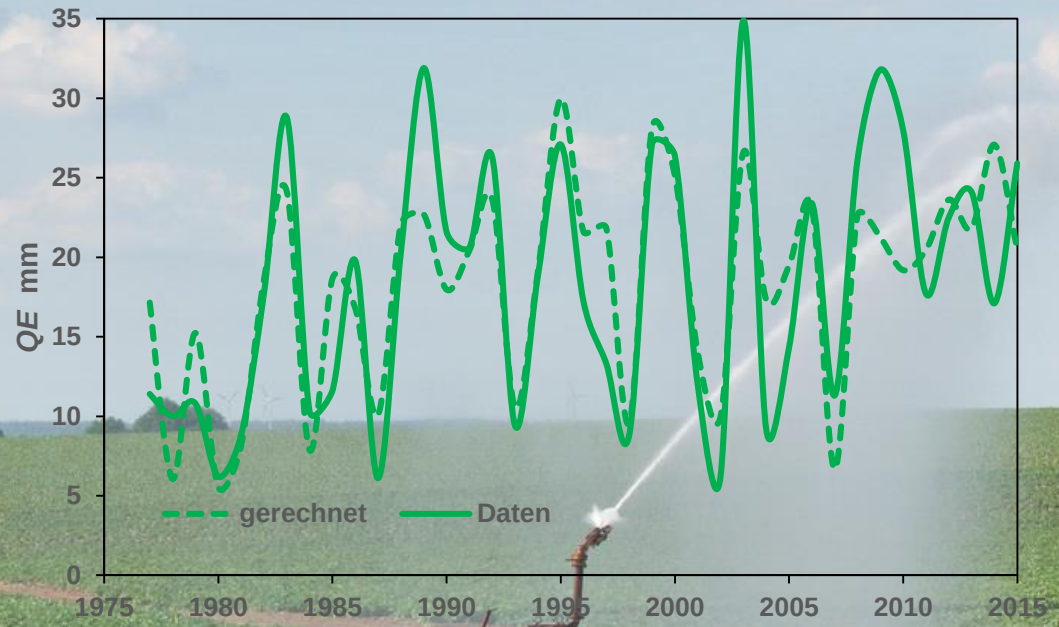


Und die Beregnung ?

Grundwasserentnahmen

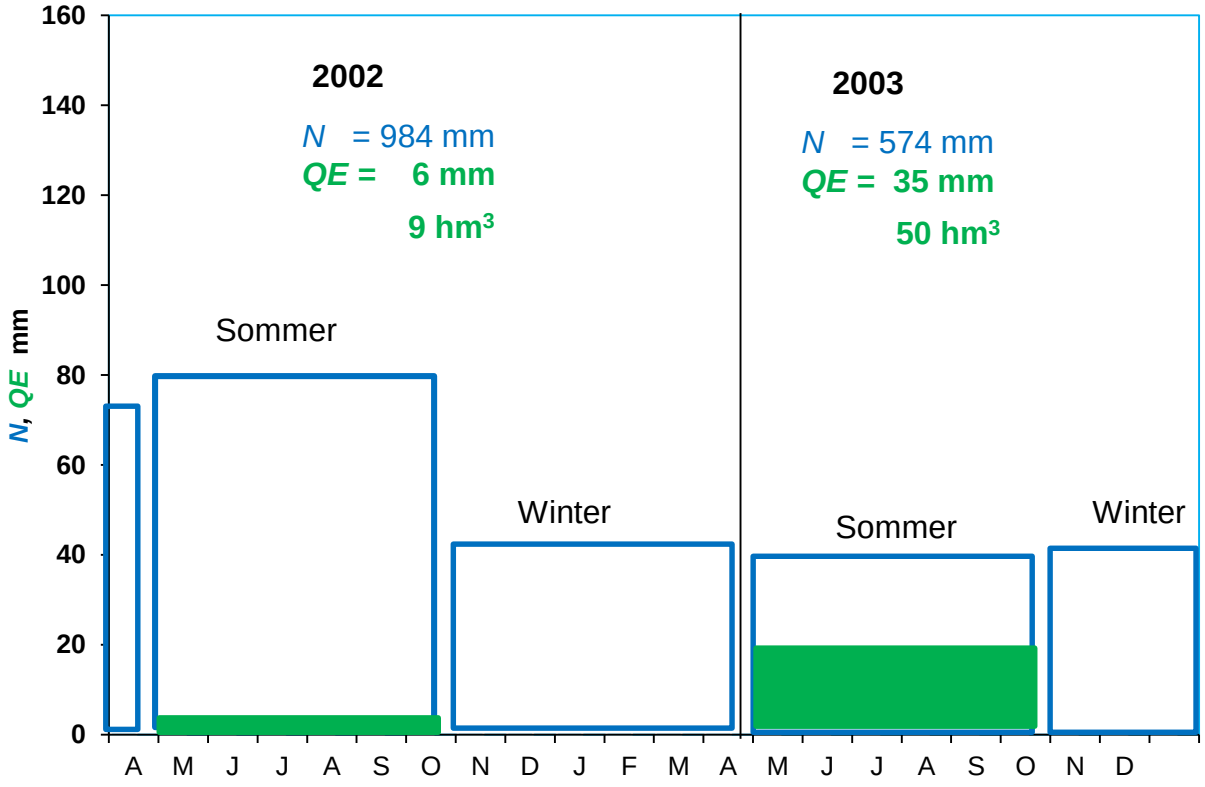
abhängig von Sommerniederschlag, Sommertemperatur, Fläche

$QE_t = -4.5 - 0.0728 \cdot NS_t + 2.06 \cdot TS_t + 0.000426 \cdot AB_t$ mm $\qquad R = 0.80$

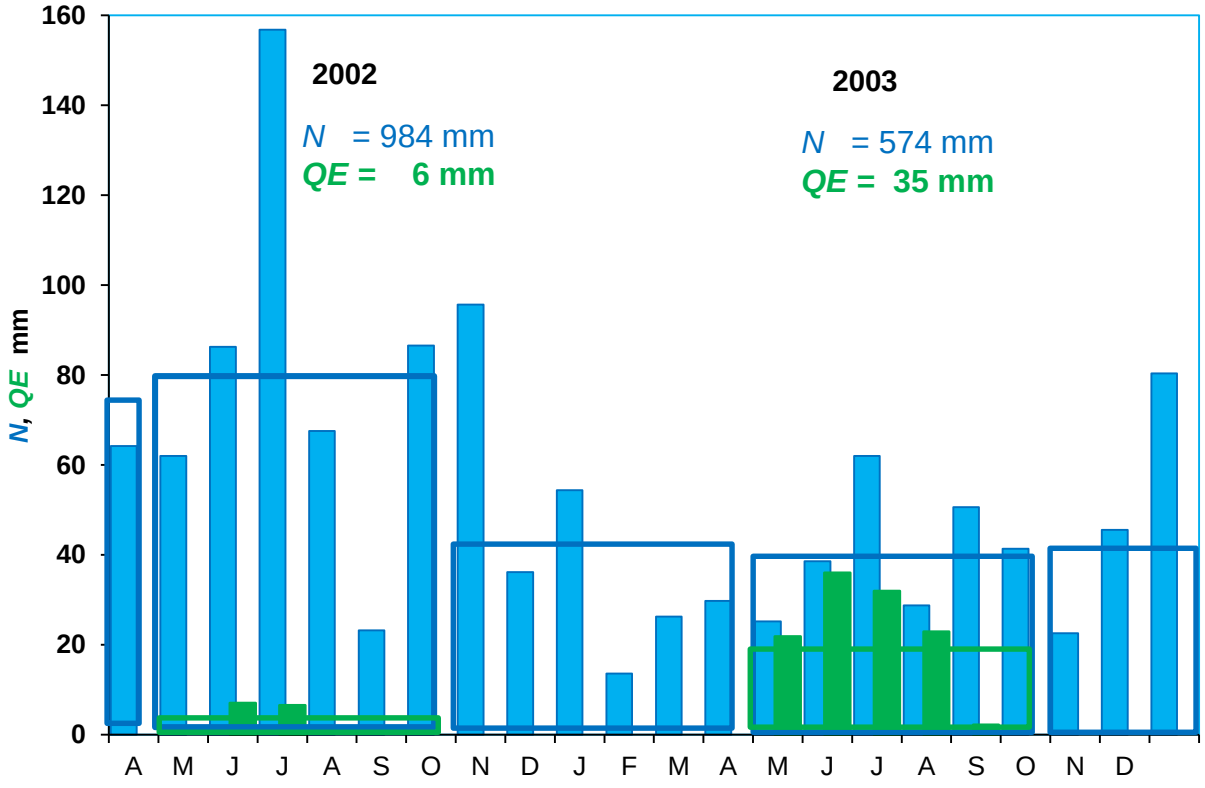


Unschärfe durch Halbjahrs- oder Saisonalwerte

Winterhalbjahr: November – April
Sommerhalbjahr: Mai - Oktober



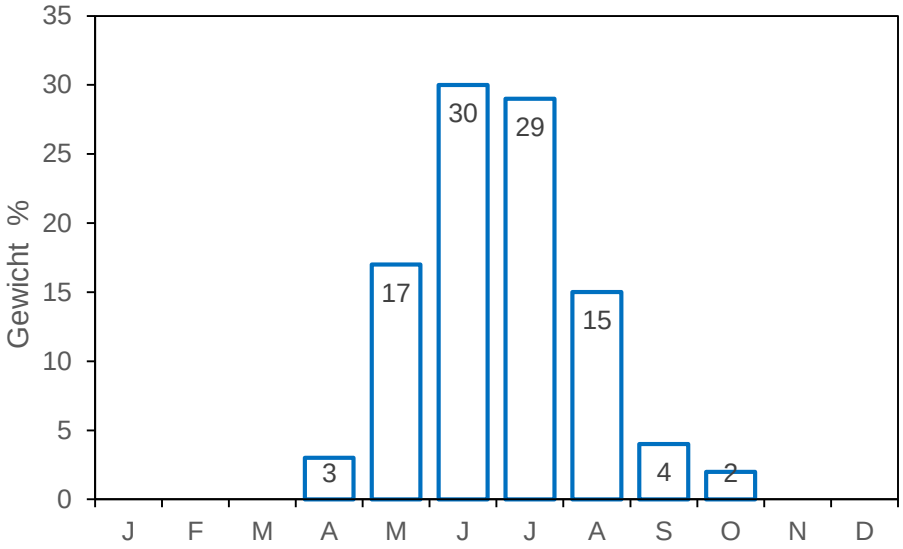
Monatswerte der Entnahme aus kleinen Versuchsgebieten, Quelle: U. Ostermann



Grundwasserentnahmen

abhängig von Sommerniederschlag, Sommertemperatur, Fläche

Der Niederschlag in den Sommermonaten hat unterschiedliches Gewicht:

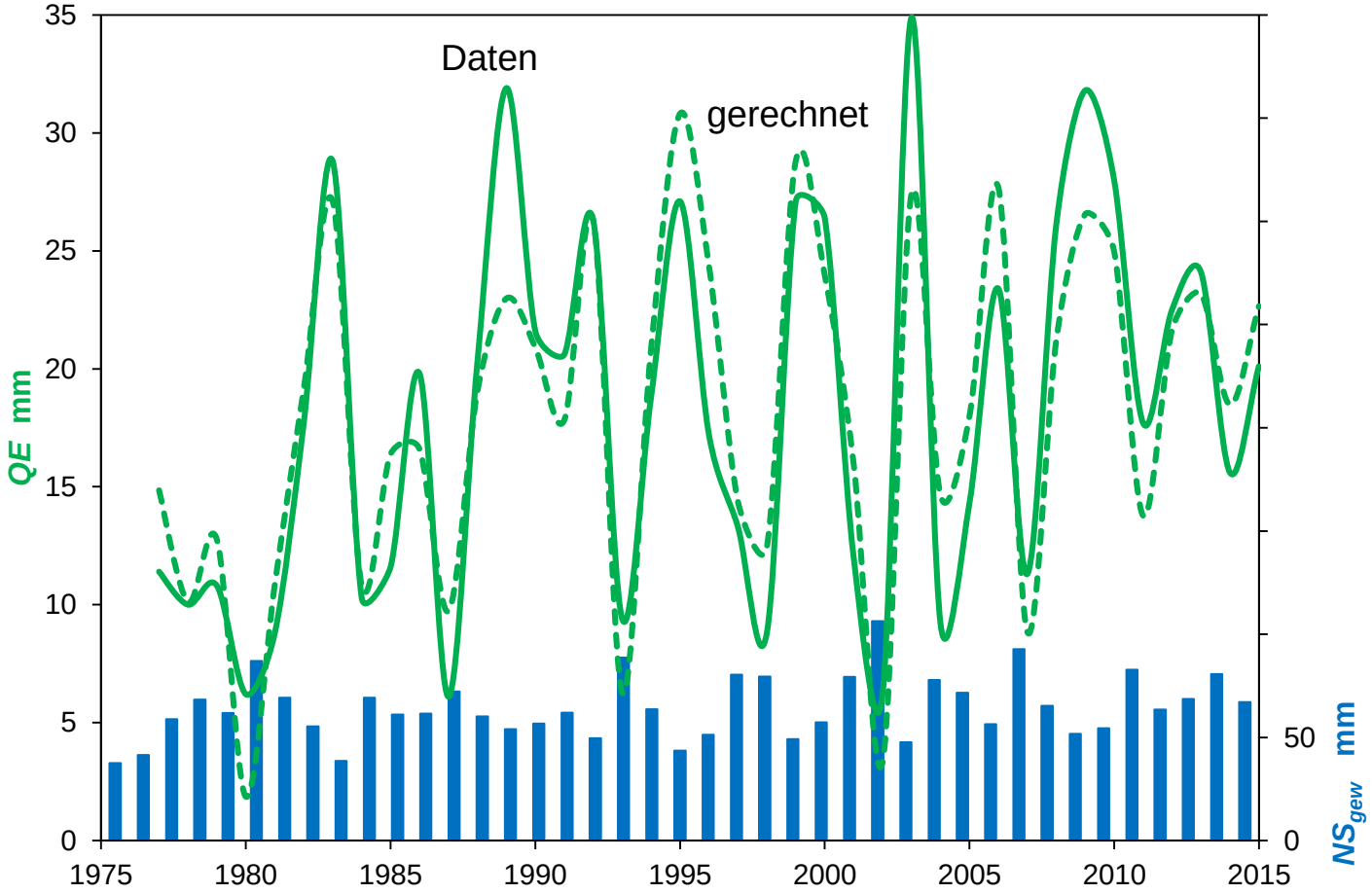


Gewichteter Sommerniederschlag NS_{gew}:
Die Summe der mit den empirischen Gewichten multiplizierten Monatswerte April – Oktober

$$NS_{gew} = 0.03 \cdot N_{Apr} + 0.17 \cdot N_{Mai} + 0.30 \cdot N_{Jun} + 0.29 \cdot N_{Jul} + 0.15 \cdot N_{Aug} + 0.04 \cdot N_{Sep} + 0.02 \cdot N_{Okt} \quad \text{mm}$$

$$\mathbf{QE_t = 1.46 - 0.4403 \cdot NS_{gewt} + 1.98 \cdot TS_t + 0.000385 \cdot AB_t \quad mm \qquad R = 0.89}$$

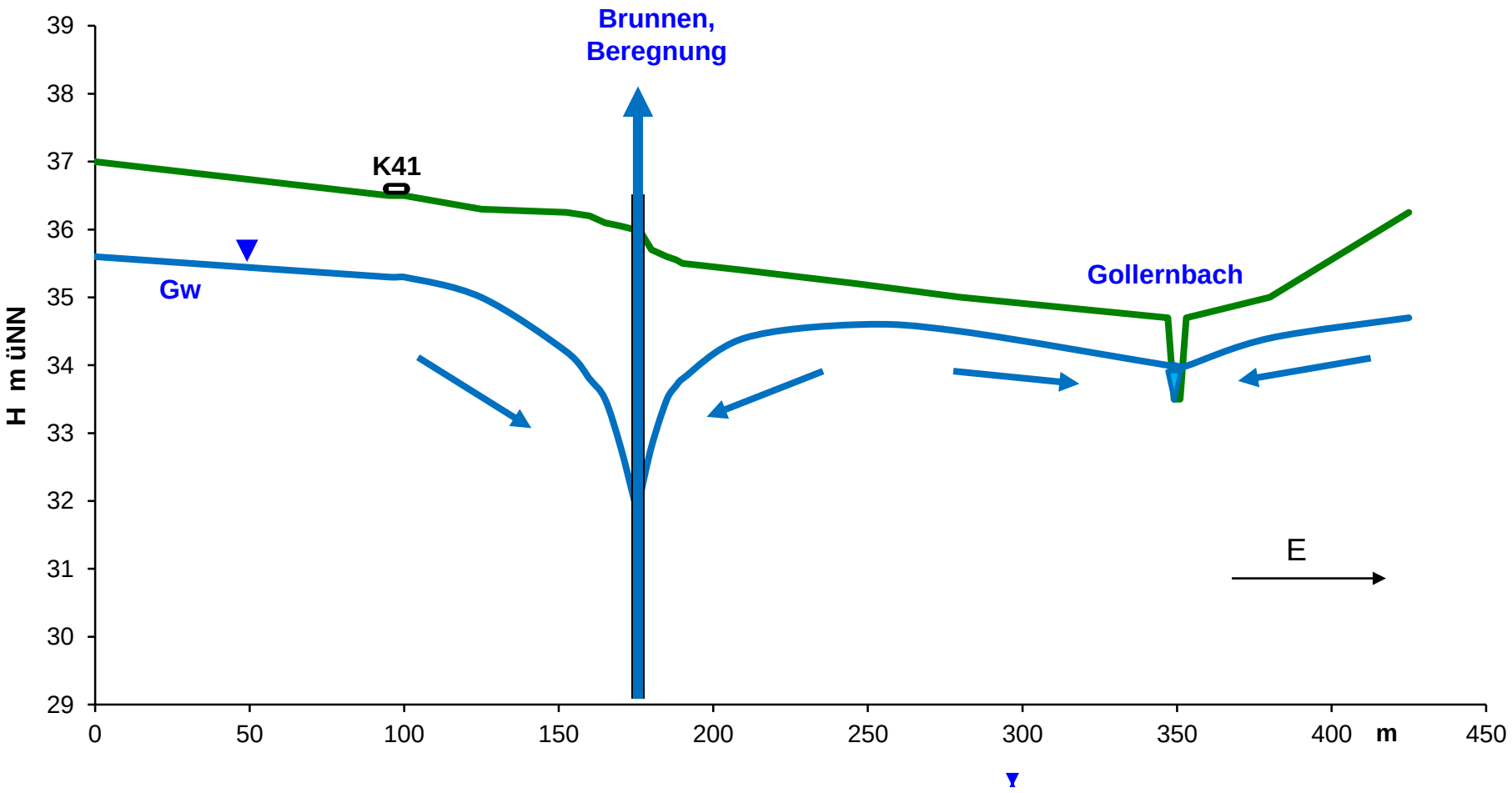
Ergebnis: Grundwasserentnahmen zur Beregnung sind an Sommerniederschlägen und –temperaturen orientiert.

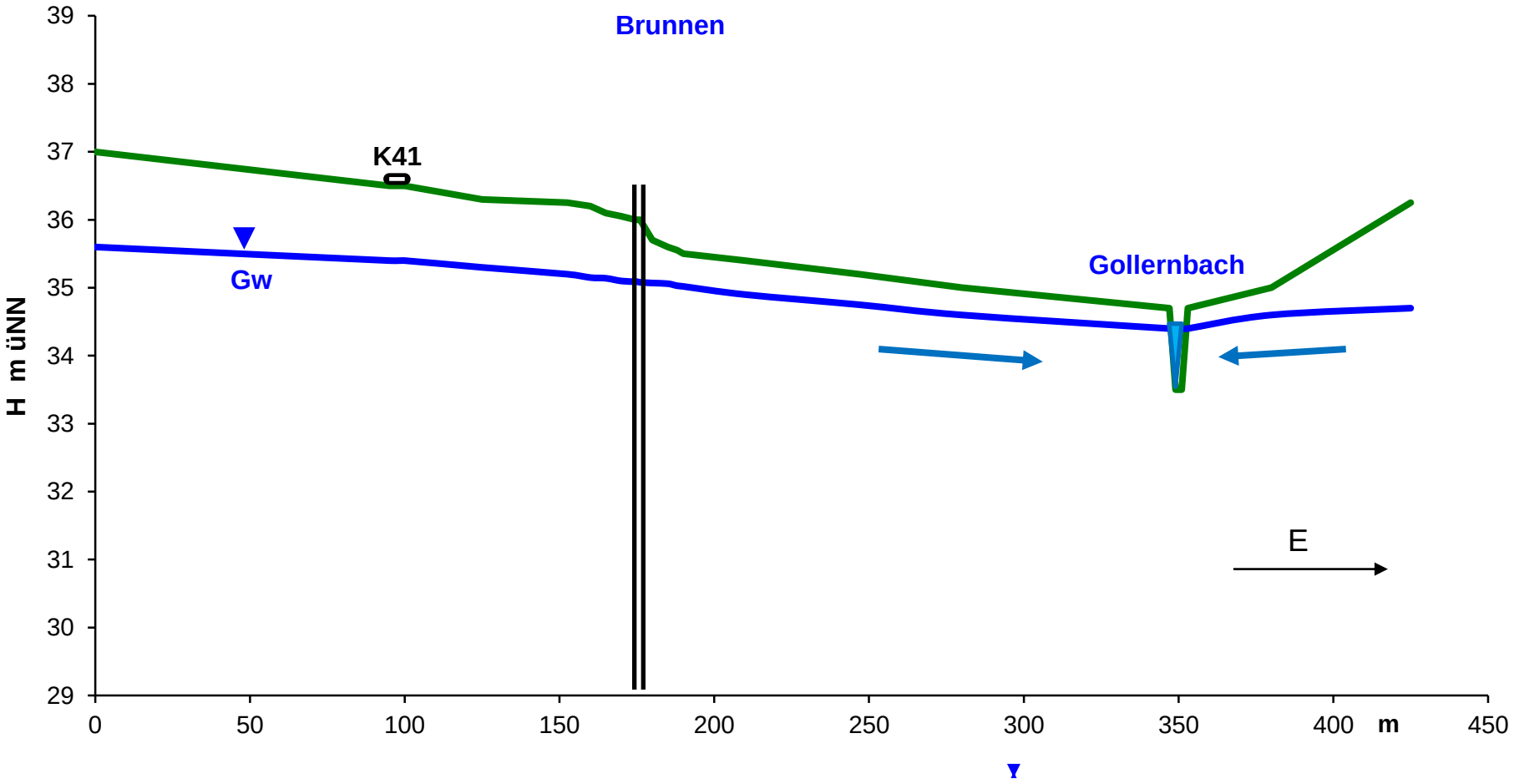


$$QE_t = 1.46 - 0.4403 \cdot NS_{gewt} + 1.98 \cdot TS_t + 0.000385 \cdot AB_t \quad \text{mm} \qquad R = 0.89$$

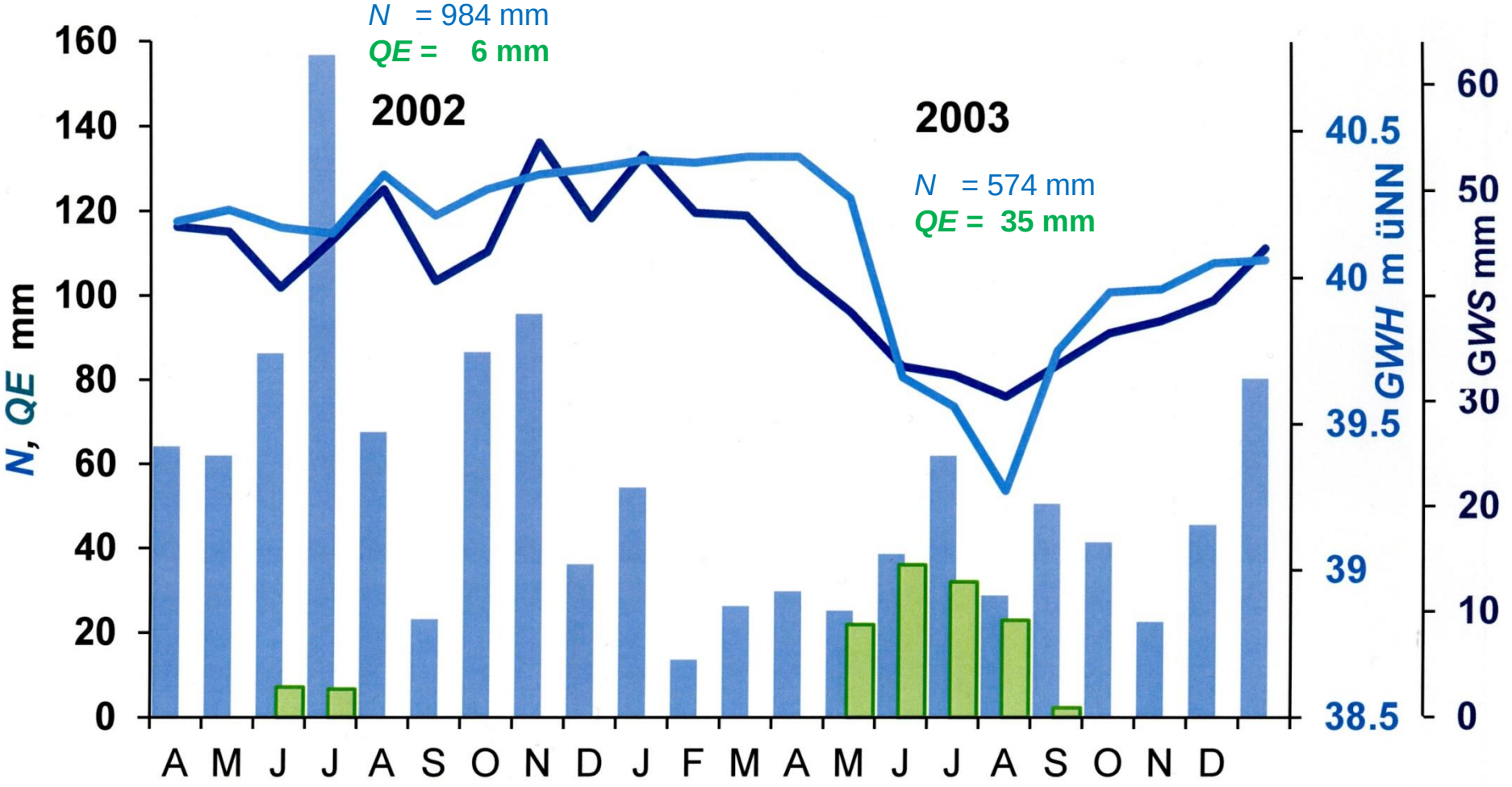
Prof. Dr.-Ing. Hartmut Wittenberg
wittenberg@uni.leuphana.de

Erholt (füllt) sich der Grundwasserspeicher wieder?



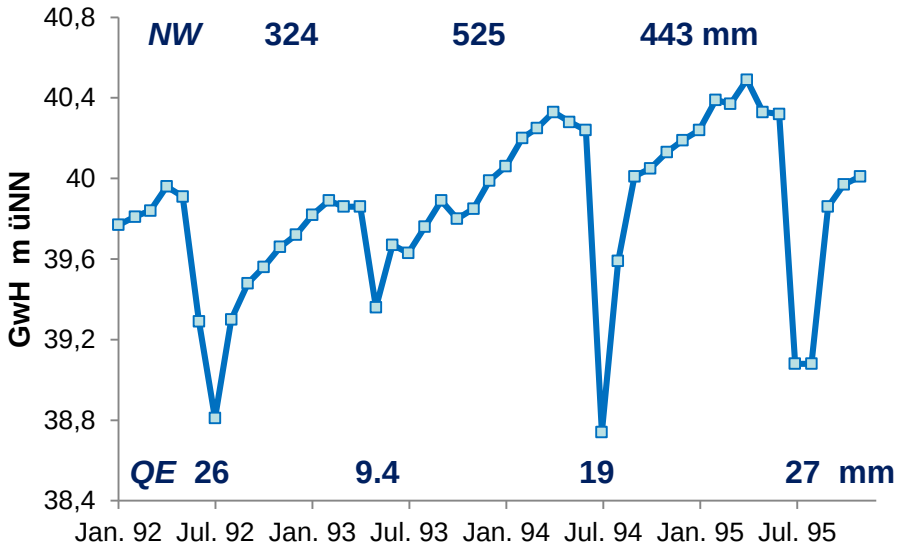

Brunnen
K41
Gw
Gollernbach
E
H m üNN
39
38
37
36
35
34
33
32
31
30
29
0
50
100
150
200
250
300
350
400
m
450

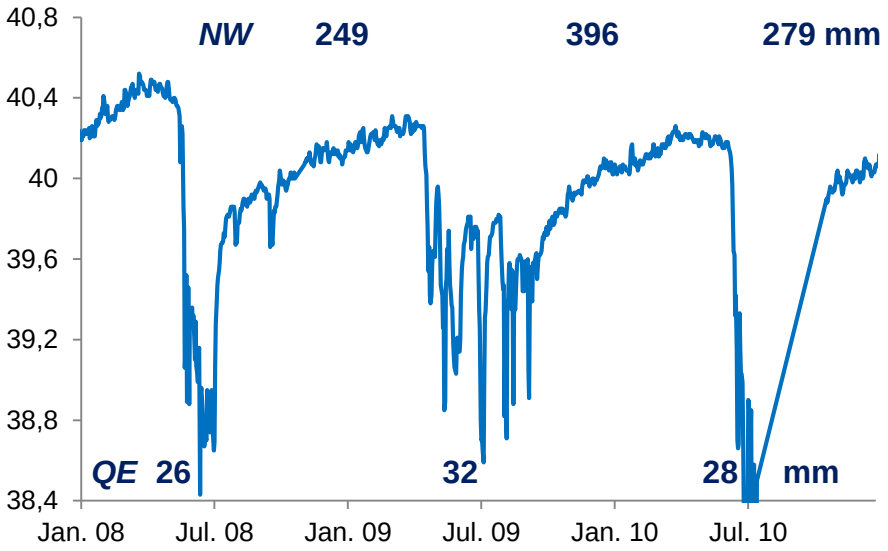
Wiederanstieg von Grundwasserspiegel
und gespeichertem Volumen



Jahreszeitliche Absenkung und Wiederanstieg

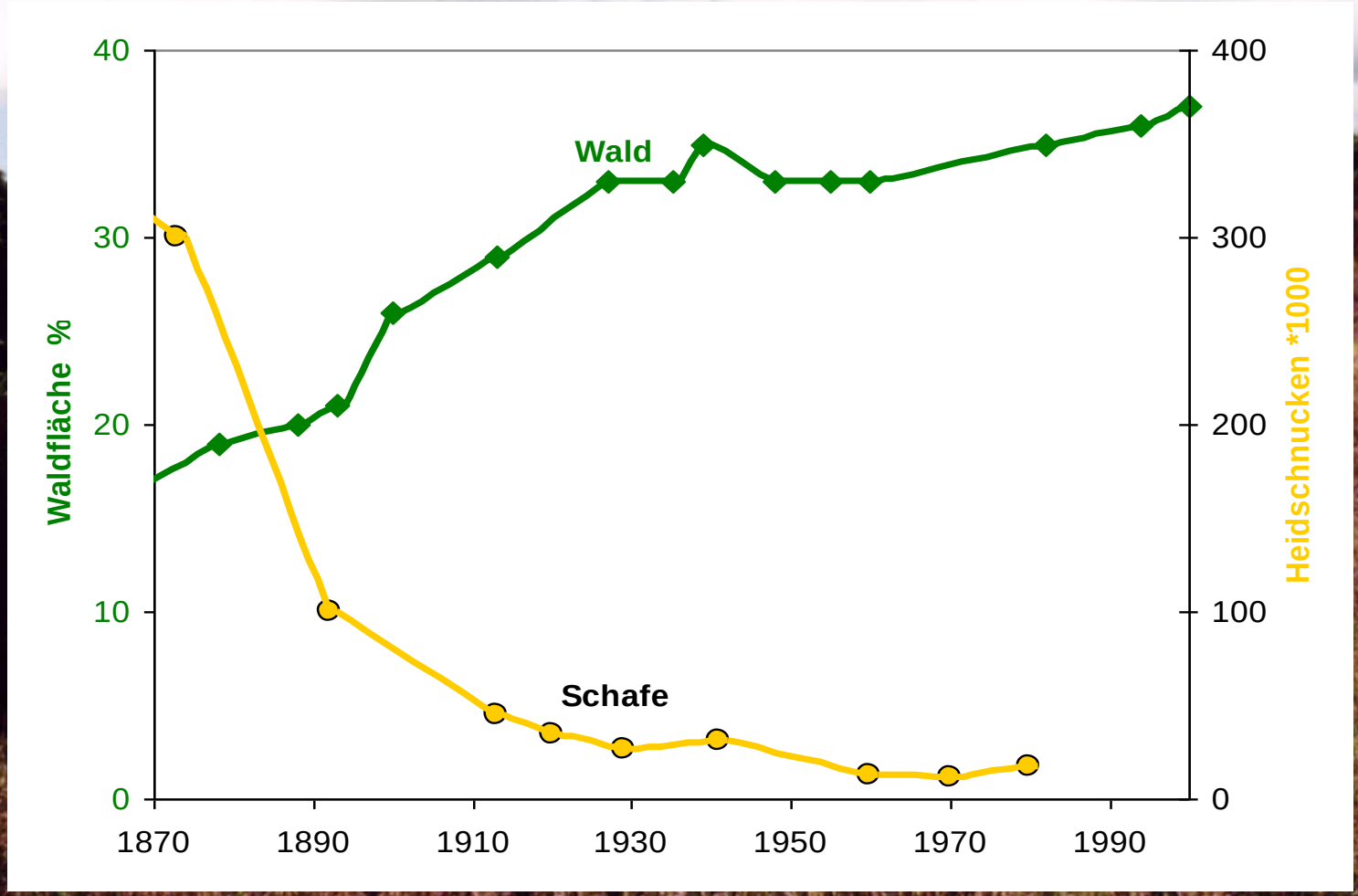
Röbbel, Geländehöhe 45,86 m üNN





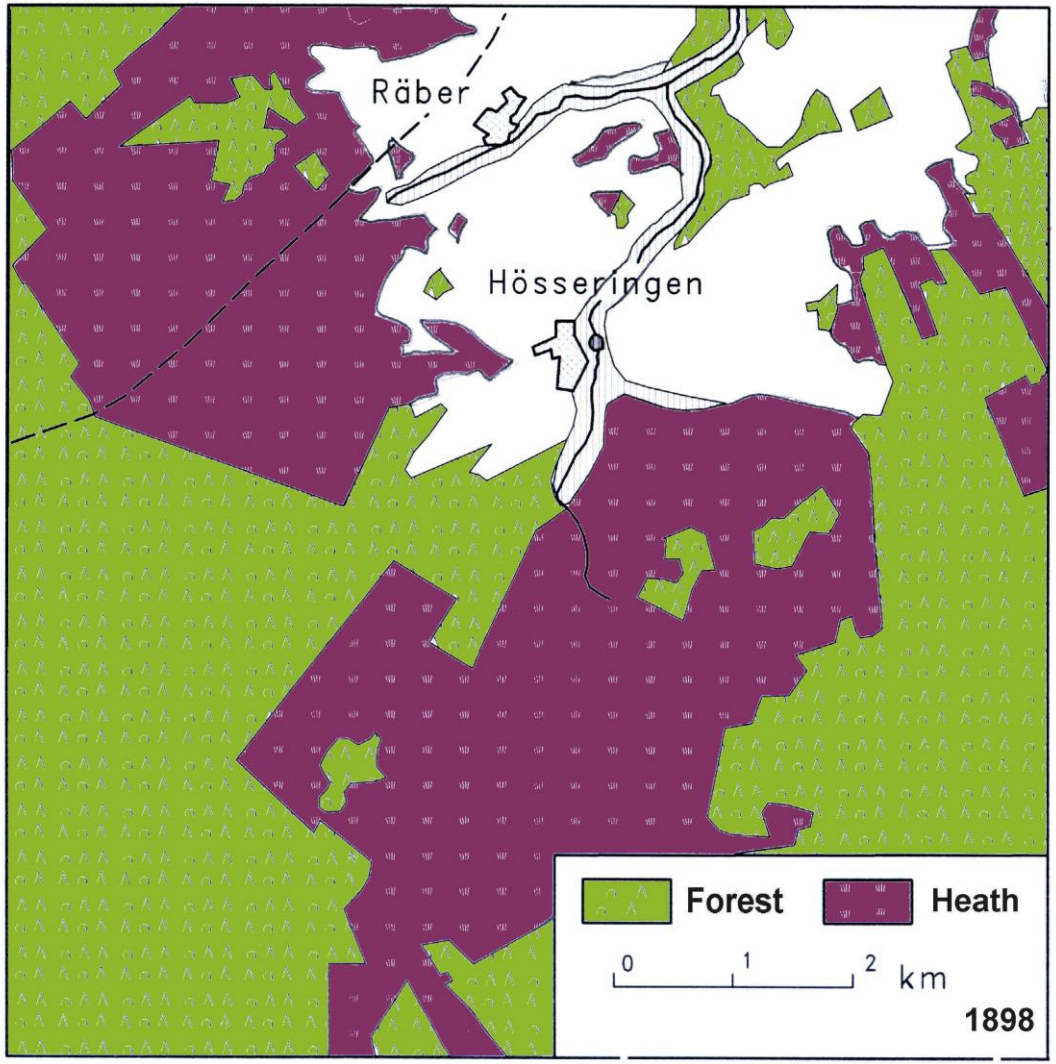
Andere Einflüsse?

Veränderung des Wasserhaushaltes durch Aufforstung

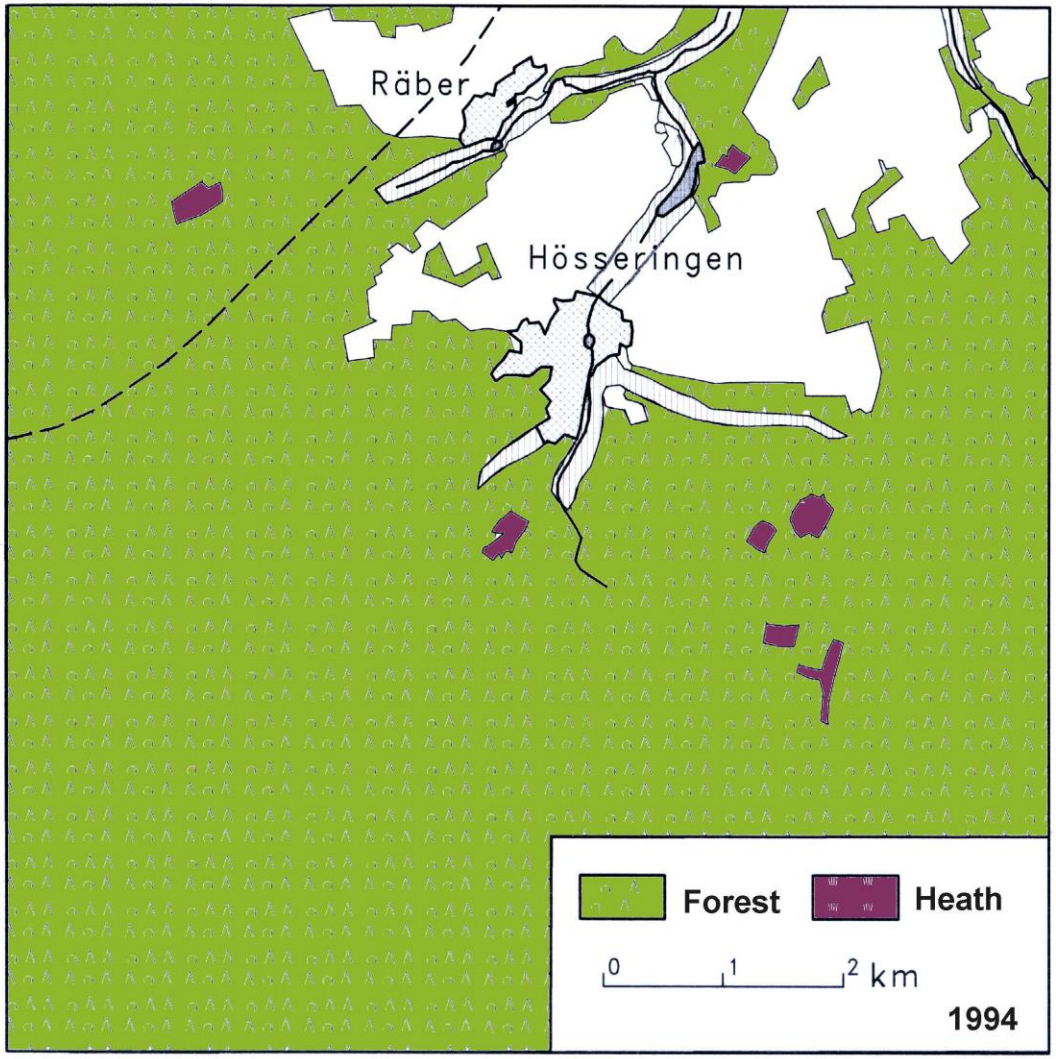


Waldflächen und Schafe im Regierungsbezirk Lüneburg

H. Wittenberg: Aufforstung und Landnutzung - die Veränderung des Wasserhaushaltes in der Lüneburger Heide, 2002

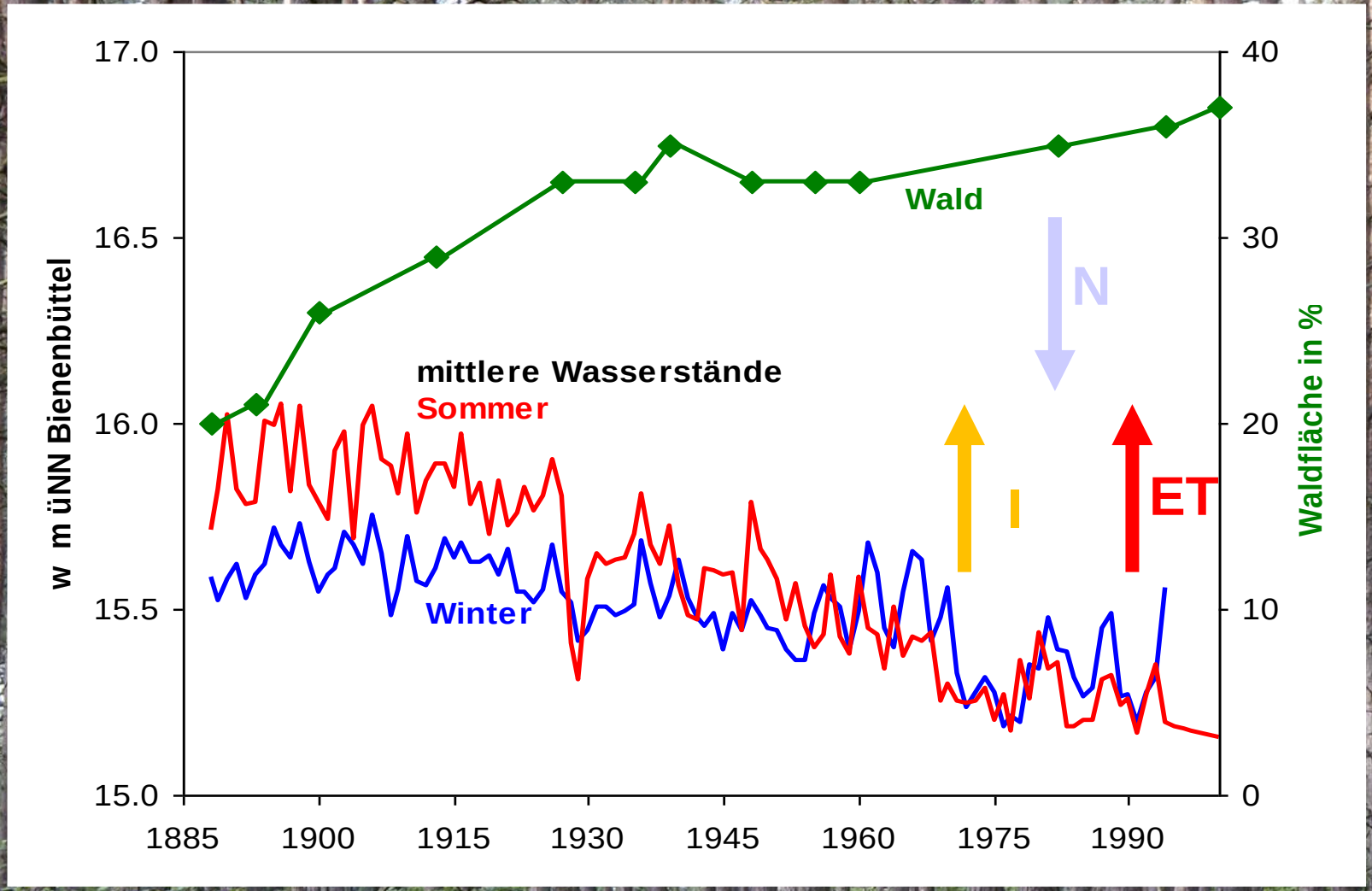


Hösseringen bei Suderburg
Wald und Heide 1898
TK 25 3128

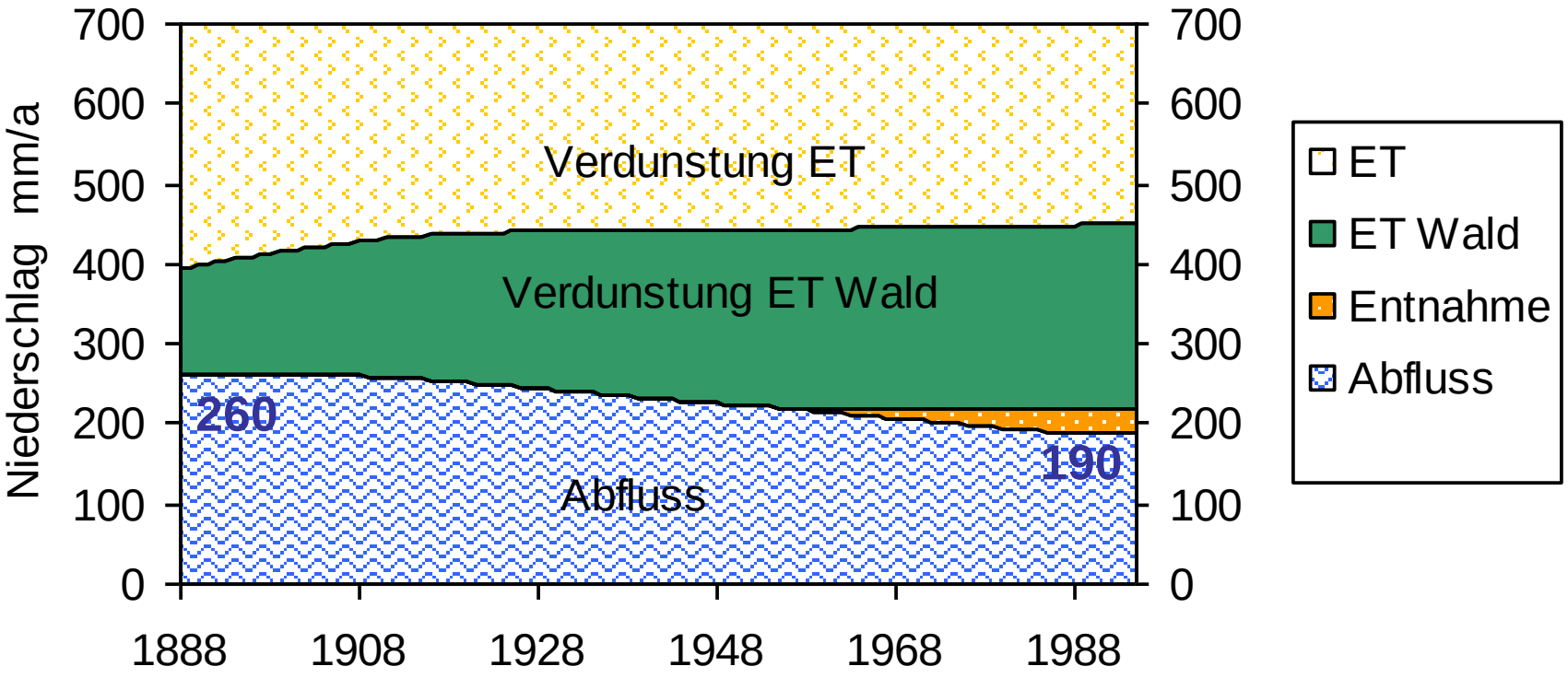


Hösseringen bei Suderburg
Wald und Heide 1994
TK 25 3128

H. Wittenberg: Aufforstung und Landnutzung - die Veränderung des Wasserhaushaltes in der Lüneburger Heide, 2002



Waldflächen und mittlere Wasserstände, Pegel Bienenbüttel / Ilmenau



Mittlere jährliche Wasserbilanz Ilmenau am Pegel Bienenbüttel, bezogen auf die Gesamtfläche des Einzugsgebietes (A_E = 1434 km^2) Wittenberg, 1998

Dank an

Claudia Boick und Carolin Kuschel, Landkreis Uelzen, Umweltamt, Grundwasserentnahmen und Hinweise

Daniel Gauglitz, NLWKN Lüneburg, Durchflusszeitreihe am Pegel Bienenbüttel

Ulrich Ostermann, Kreisverband der Wasser- und Bodenverbände Uelzen, Monatswerte, Auskünfte

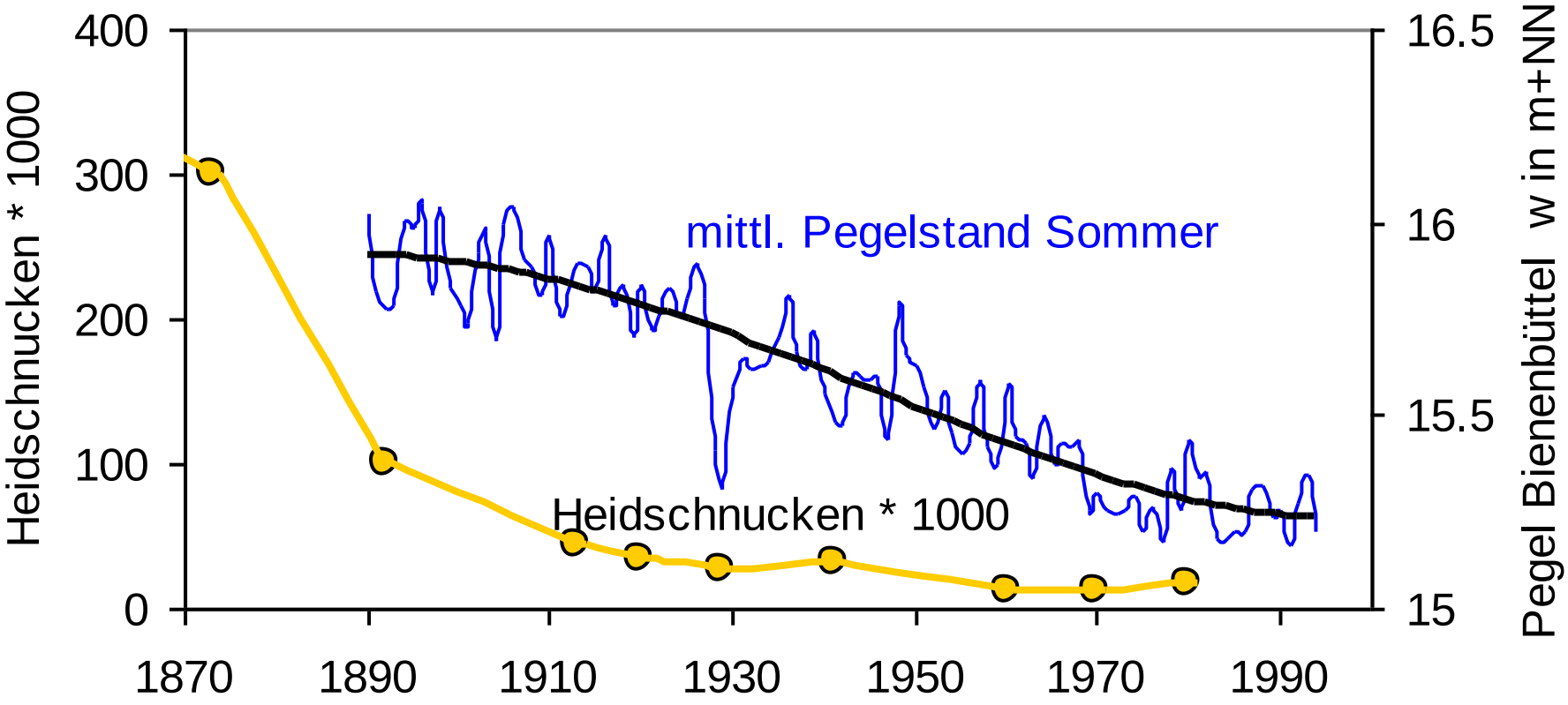
Landwirt Hartwig Steep, Oetzendorf, Brunnenfördermengen

Die Ilmenau bei Bienenbüttel

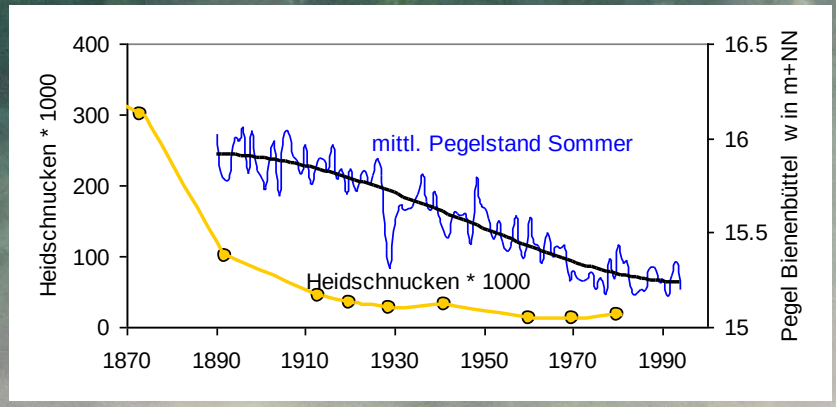
wittenberg@uni.leuphana.de

Noch einmal zur Korrelation:

Mit den Schafen ging das Wasser.



Schafpopulation und mittlere Wasserstände am Pegel Bienenbüttel / Ilmenau



Mehr Schafe, mehr Wasser ?

Danke für Ihre Aufmerksamkeit!

Prof. Dr.-Ing. Hartmut Wittenberg • Lüneburg